

УДК 621.38.658

С. Р. Коженевский

Метод измерения напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации на магнитных носителях

Рассмотрена методика измерения магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации на магнитных носителях с помощью измерительных приборов на основе эффекта Холла. На основании результатов измерений построены картины распределения значений напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации и внутри герметичной камеры жесткого диска. Проанализировано затухание магнитного поля, вносимое корпусом НЖМД. Показано, что за пределами рабочей камеры устройства уничтожения информации магнитное поле затухает очень быстро и практически не обнаруживается.

Ключевые слова: магнитное поле, измерение, эффект Холла, уничтожение информации, жесткий диск, гауссметр.

Метод измерения напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации, разработанный автором, позволяет получить точную количественную оценку величины напряженности магнитного поля, создаваемого устройством уничтожения информации, а также представить на основании этих данных картину пространственного распределения магнитного поля в рабочей камере устройства.

Эффект Холла

Эффект, открытый в 1879 г. американским физиком Эдвином Холлом, заключается в возникновении поперечной разности потенциалов в проводнике или полупроводнике, по которым проходит электрический ток, при помещении их в магнитное поле, перпендикулярное к направлению тока. Другими словами, если через полупроводник в одном направлении пропускать постоянный ток I , а в другом направлении воздействовать магнитным полем B , то в третьем направлении можно измерить напряжение U , меняющееся пропорционально силе магнитного поля.

На рис. 1 приведена техническая реализация эффекта Холла. В магнитном поле с магнитной индукцией \vec{B} находится полупроводниковая пластина, напри-

© С. Р. Коженевский

мер, из арсенида иридия или антимонида индия, через которую протекает электрический ток I . Действие эффекта Холла заключается в том, что на боковых сторонах пластины перпендикулярно направлению тока возникает разность потенциалов — напряжение Холла или ЭДС Холла U_H . Максимальное значение U_H принимает при совпадении вектора B с нормалью (перпендикулярно) к пластине.

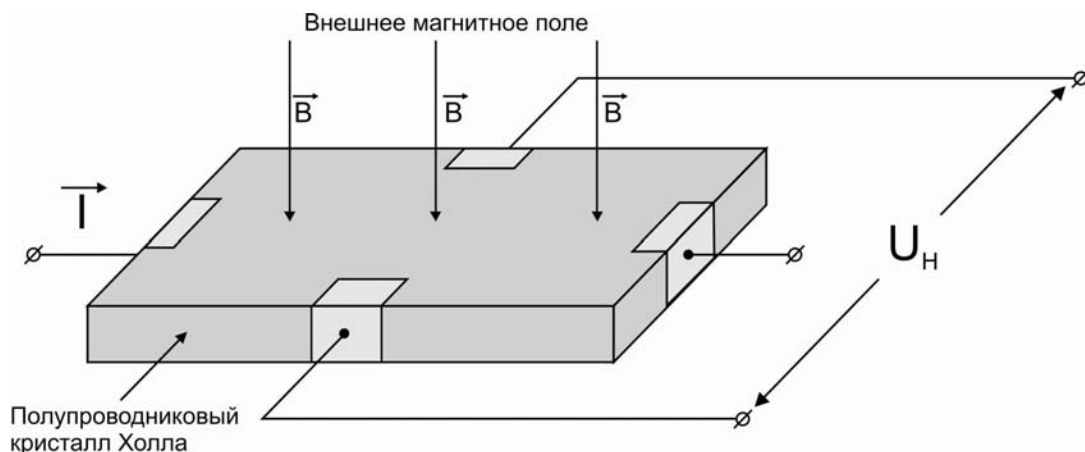


Рис. 1. Техническая реализация эффекта Холла в датчике Холла

Магнитоэлектрические преобразователи, использующие для измерения магнитного поля эффект Холла, называются датчиками Холла. Датчики Холла выпускаются несколькими компаниями в мире. Одной из самых известных является компания Honeywell (США). В России производится датчик ДХК-0,5А, который наиболее доступен. Принципиальная схема подключения этих датчиков приведена на рис. 2.

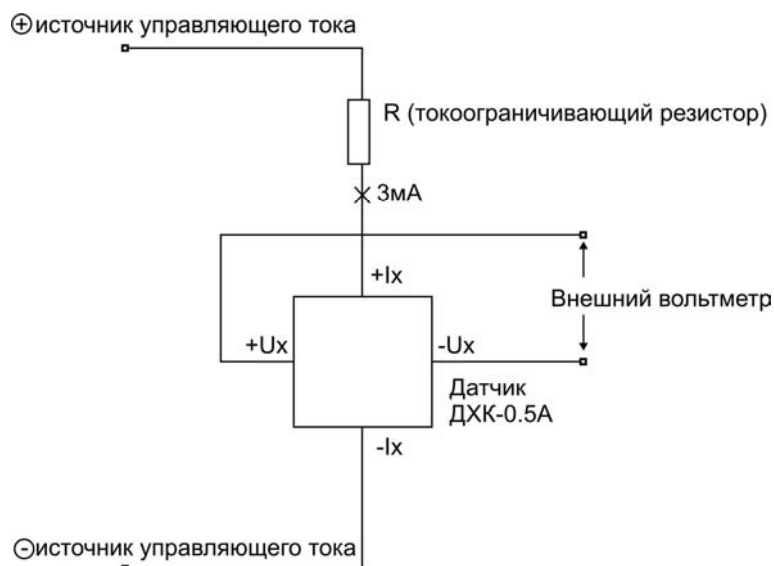


Рис. 2. Принципиальная схема подключения датчика ДХК-0,5А (Россия)

Основными техническими характеристиками датчика ДХК-0,5А являются:

- нормальный управляющий ток — 3 мА;
- напряжение Холла при магнитной индукции 0,25 Т (тесла) и нормальном управляющем токе — 70 мВ (чувствительность $K = 280$ мВ/Т);
- остаточное напряжение при нормальном управляющем токе — не более 7 мВ;
- входное сопротивление — 1,8 ... 3 кОм (сопротивление между выводами I_x);
- выходное сопротивление — не более 3 кОм (сопротивление между выводами U_x);
- масса — не более 2,5 г.

Датчики Холла являются знаочувствительными как по отношению к направлению магнитной индукции, так и по отношению к полярности управляющего тока. В зависимости от ориентации датчика, закрепленного на измерительном щупе, различают продольные (аксиальные) и поперечные (трансверсальные) щупы для измерения соответственно продольной и поперечной составляющих магнитного поля.

При проведении измерений продольной составляющей магнитного поля линии должны быть направлены параллельно щупу и иметь направление в его сторону, как показано на рис. 3.

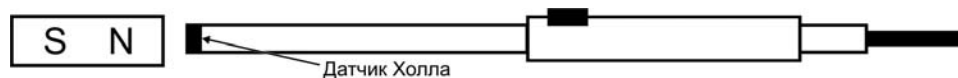


Рис. 3. Ориентация магнитного поля для аксиального измерительного щупа

При проведении измерений поперечной составляющей магнитного поля линии должны быть направлены перпендикулярно плоскости щупа, как показано на рис. 4.

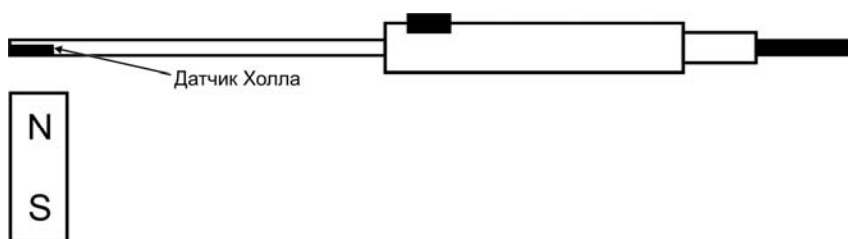


Рис. 4. Ориентация магнитного поля для трансверсального измерительного щупа

Средства измерений

Для измерения напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации «Лавина» (производится и выпускается фирмой ООО «ЕПОС») используются средства измерений, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Средства измерений напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации

Наименование средства	Технические характеристики
Прибор для измерения магнитного поля (гауссметр). Производитель Magnetic Instrumentation. Модель MI 907.	<p>Диапазон измерений напряженности магнитного поля — от 0 до 2387 кА/м</p> <p>Количество диапазонов измерения — 4</p> <p>Режимы измерений DC, DC Peak, AC RMS, AC RMS MAX, AC PEAK</p> <p>Погрешность измерений (при 20 °С) — ± 1 %</p> <p>Усредняющая постоянная времени — 100 мс</p> <p>Частотный диапазон — пульсирующее поле, 15 Гц...100 кГц</p> <p>Возможность измерения продольной и постоянной составляющих магнитного поля</p>
Аксиальный измерительный щуп для измерения продольной составляющей магнитного поля	<p>Диаметр — 5 мм</p> <p>Длина — 90 мм (без учета ручки)</p> <p>Активная область датчика Холла — 0,2 × 0,2 мм</p> <p>Длина соединительного кабеля — 1,5 м</p>
Трансверсальный измерительный щуп для измерения поперечной составляющей магнитного поля	<p>Толщина — 1 мм</p> <p>Ширина — 4 мм</p> <p>Длина — 90 мм (без учета ручки)</p> <p>Активная область датчика Холла — 0,2 × 0,2 мм</p> <p>Длина соединительного кабеля — 1,5 м</p>

Внешний вид гауссметра MI 907 приведен на рис. 5.

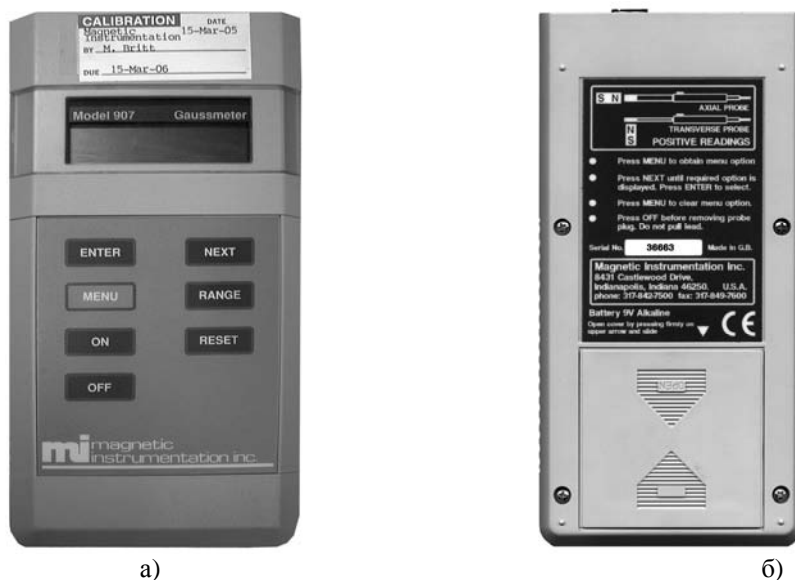


Рис. 5. Внешний вид гауссметра MI 907: а) фронтальный вид; б) вид обратной стороны прибора

Внешний вид измерительных щупов приведен на рис. 6.



Рис. 6. Измерительные щупы: а) продольная составляющая поля;
б) поперечная составляющая поля

Стенд для проведения измерений

Для измерения параметров магнитного поля внутри рабочей камеры устройства уничтожения и оценки ослабления поля внутри корпуса НЖМД был разработан испытательный стенд, структурная схема которого приведена на рис. 7.

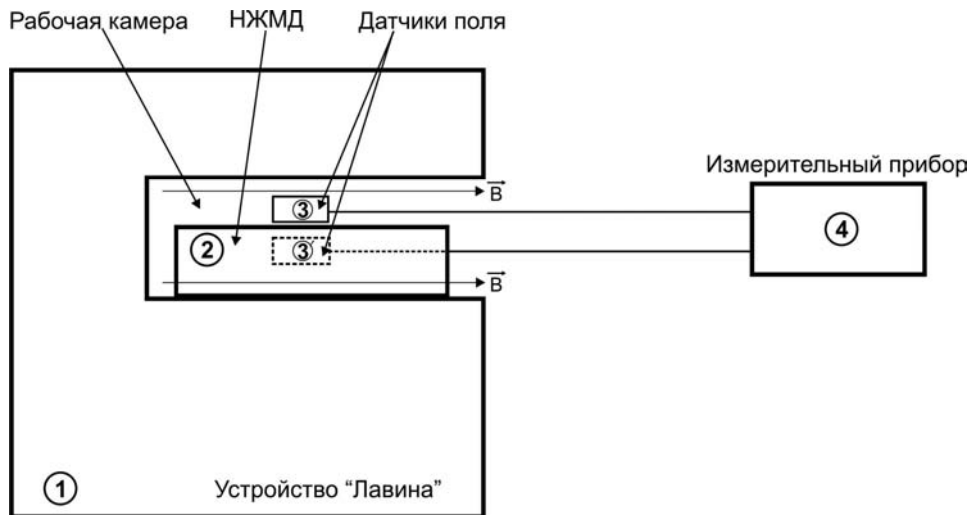


Рис. 7. Структурная схема испытательного стенда

В состав стенда входят:

- 1 — устройство уничтожения информации «Лавина»;
- 2 — исследуемый НЖМД;

3 и 3' — измерительные щупы: а) продольный (аксиальный) и б) поперечный (трансверсальный) — для измерения соответственно продольной и поперечной составляющих магнитного поля;

4 — прибор для измерения магнитного поля (гауссметр). Производитель Magnetic Instrumentation, модель MI 907.

Для измерения характеристик магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД (на поверхности носителя) и оценки ослабления магнитного поля, вносимого корпусом НЖМД, при проведении эксперимента используется специально доработанный жесткий диск емкостью 60 Гб Samsung SP60A3H (рис. 8). Доработка НЖМД заключается в следующем:

1) в торце герметичной камеры НЖМД со стороны расположения разъемов вырезается отверстие для введения внутрь его измерительных щупов гауссметра;

2) для обеспечения доступа измерительных щупов гауссметра к точкам измерений корпус НЖМД разбирают, из него извлекается блок магнитных головок, пластины дисков закрепляют на шпинделе, и корпус собирают.



Рис. 8. Специально подготовленное отверстие в герметичной камере НЖМД

Общий вид стенда для проведения измерений приведен на рис. 9.



Рис. 9. Общий вид стенда для проведения измерений

Порядок проведения измерений

Порядок проведения измерений состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Измерение продольной составляющей магнитного поля.

1.1. Проводятся измерения амплитудных значений напряженности импульсного магнитного поля внутри рабочей камеры устройства уничтожения информации «Лавина» в 27-ми точках рабочей камеры. Расположение точек измерений выбирается равномерно по всему объему рабочей камеры устройства «Лавина» таким образом, чтобы по результатам этих измерений было возможно построить картину распределения напряженности магнитного поля в камере. Измерения проводятся в 9-ти точках нижней части индуктора, в 9-ти точках его средней зоны и в 9-ти точках верхней части рабочей камеры индуктора. Схема расположения точек, в которых проводятся измерения, приведена на рис. 10.

Результаты измерений амплитудного значения напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства «Лавина» усредняются по формуле:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, \quad (1)$$

где H — усредненное значение напряженности магнитного поля; H_i — измеренное значение напряженности магнитного поля при i -м измерении; i — номер измерения; n — количество измерений.

1.2. Проводятся измерения амплитудных значений напряженности импульсного магнитного поля внутри герметичной камеры исследуемого НЖМД в 5-ти точках герметичной камеры на поверхности носителя. Расположение точек измерений выбирается таким образом, чтобы обеспечить измерение напряженности магнитного поля в центре и на краях пластин НЖМД. Схема расположения точек, в которых проводятся измерения, приведена на рис. 11.

1.3. Определяется ослабление напряженности магнитного поля, вносимого корпусом НЖМД.

Коэффициент ослабления магнитного поля в корпусе НЖМД определяется по формуле:

$$K_{осл} = \frac{H_{ср.HDD}}{H_{ср.}}, \quad (2)$$

где $K_{осл.}$ — коэффициент ослабления; $H_{ср.HDD}$ — усредненное значение напряженности магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД; $H_{ср.}$ — усредненное значение напряженности магнитного поля внутри рабочей камеры устройства «Лавина».

Коэффициент ослабления магнитного поля в корпусе НЖМД в логарифмическом виде (дБ) определяется по следующей формуле:

$$k = 20 \lg \frac{H_{cp.HDD}}{H_{cp}}. \quad (3)$$

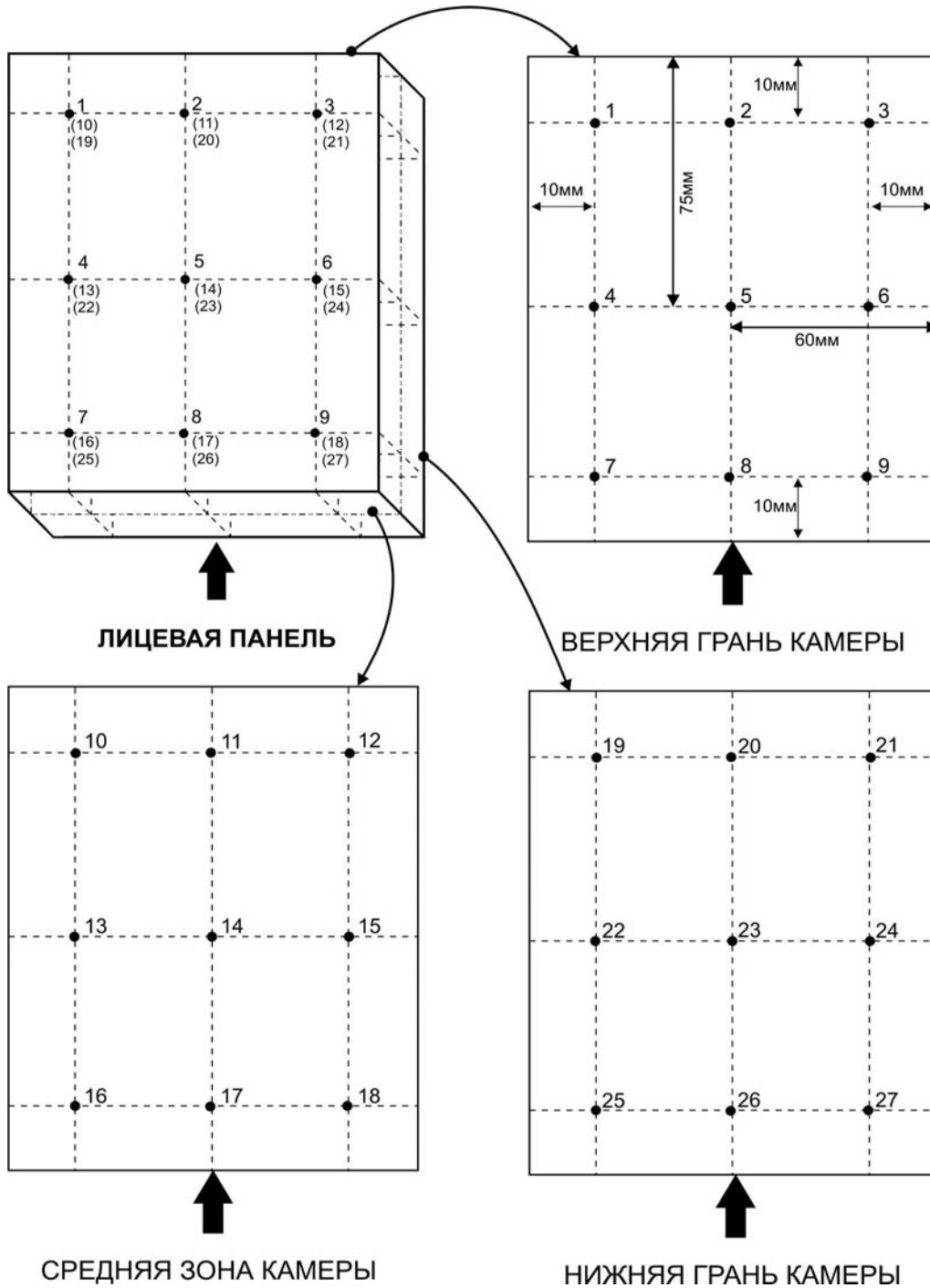


Рис. 10. Схема расположения точек внутри рабочей камеры, в которых проводятся измерения

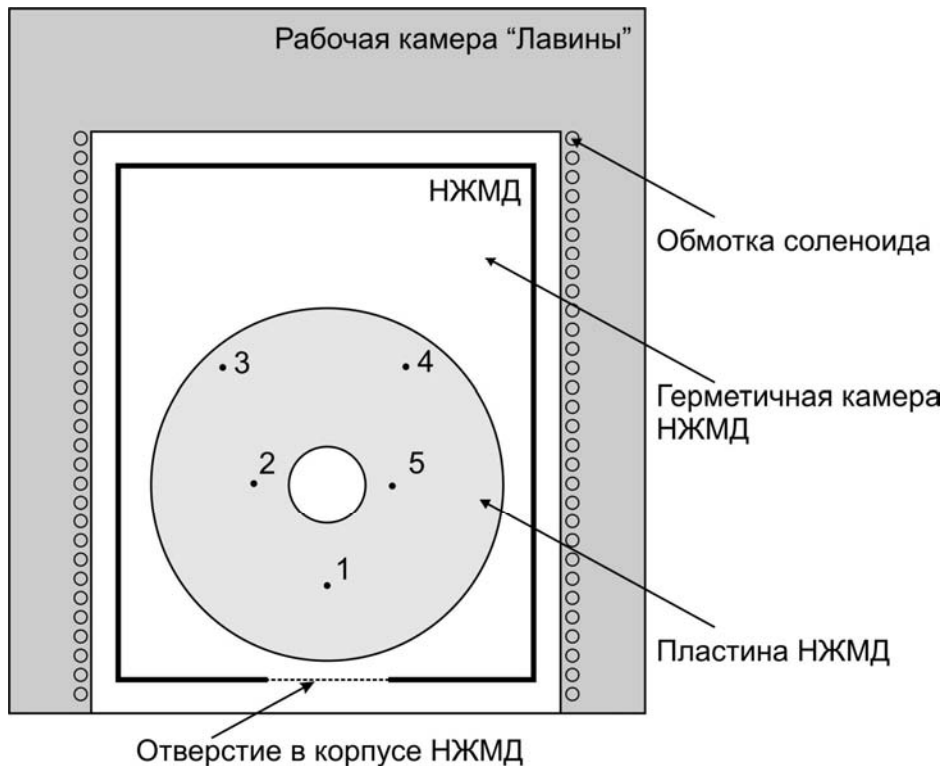


Рис. 11. Схема расположения точек внутри герметичной камеры НЖМД, в которых проводятся измерения

Этап 2. Измерение поперечной составляющей магнитного поля.

2.1. Проводятся измерения амплитудных значений напряженности импульсного магнитного поля внутри рабочей камеры устройства уничтожения информации «Лавина» в 27-и точках рабочей камеры.

2.2. Проводятся измерения амплитудных значений напряженности импульсного магнитного поля внутри герметичной камеры исследуемого НЖМД в 5-ти точках герметичной камеры на поверхности носителя.

Этап 3. Измерение магнитного поля вне рабочей камеры устройства уничтожения информации «Лавина» в 5-ти точках.

3.1. Результаты измерений напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства уничтожения информации «Лавина» приведены в табл. 2.

На рис. 12 приведена картина распределения напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства «Лавина». Она построена с помощью программного пакета Mathcad, предназначенного для проведения научных и инженерных расчетов.

Таблица 2. Результаты измерений напряженности магнитного поля в рабочей камере устройства «Лавина»

Нижняя грань камеры		Плоскость в средней зоне камеры		Верхняя грань камеры	
№ точки	Напряженность магнитного поля, кА/м	№ точки	Напряженность магнитного поля, кА/м	№ точки	Напряженность магнитного поля, кА/м
1	284	10	465	19	327
2	369	11	427	20	344
3	279	12	438	21	342
4	487	13	475	22	490
5	471	14	460	23	462
6	476	15	466	24	468
7	128	16	268	25	221
8	141	17	267	26	217
9	154	18	337	27	198

На рис. 12 светлым участкам соответствуют области рабочей камеры устройства «Лавина» с высокими значениями напряжения магнитного поля, темным участкам — области напряженности с более низкими значениями. Из рисунка видно, что максимальных значений напряженности магнитного поля достигает в центральной зоне рабочей камеры устройства «Лавина», в которой при уничтожении информации размещаются пластины НЖМД.

Тонкой стрелкой на рисунке показано направление магнитного поля в индукторе. Фигурная стрелка (\Leftarrow) указывает на лицевую панель рабочей камеры «Лавины».

Среднее значение напряженности магнитного поля в средней части камеры в соответствии с формулой (1) следующее:

— нижняя грань камеры — точки 22, 23, 24:

$$H_{cp} = (487 + 471 + 476) / 3 = 478 \text{ кА/м};$$

— плоскость в середине камеры — точки 13, 14, 15:

$$H_{cp} = (475 + 460 + 466) / 3 = 467 \text{ кА/м};$$

— верхняя грань камеры — точки 4, 5, 6:

$$H_{cp} = (490 + 462 + 468) / 3 = 473 \text{ кА/м};$$

— среднее значение напряженности магнитного поля в центре камеры:

$$H_{cp} = (478 + 467 + 473) / 3 = 473 \text{ кА/м}.$$

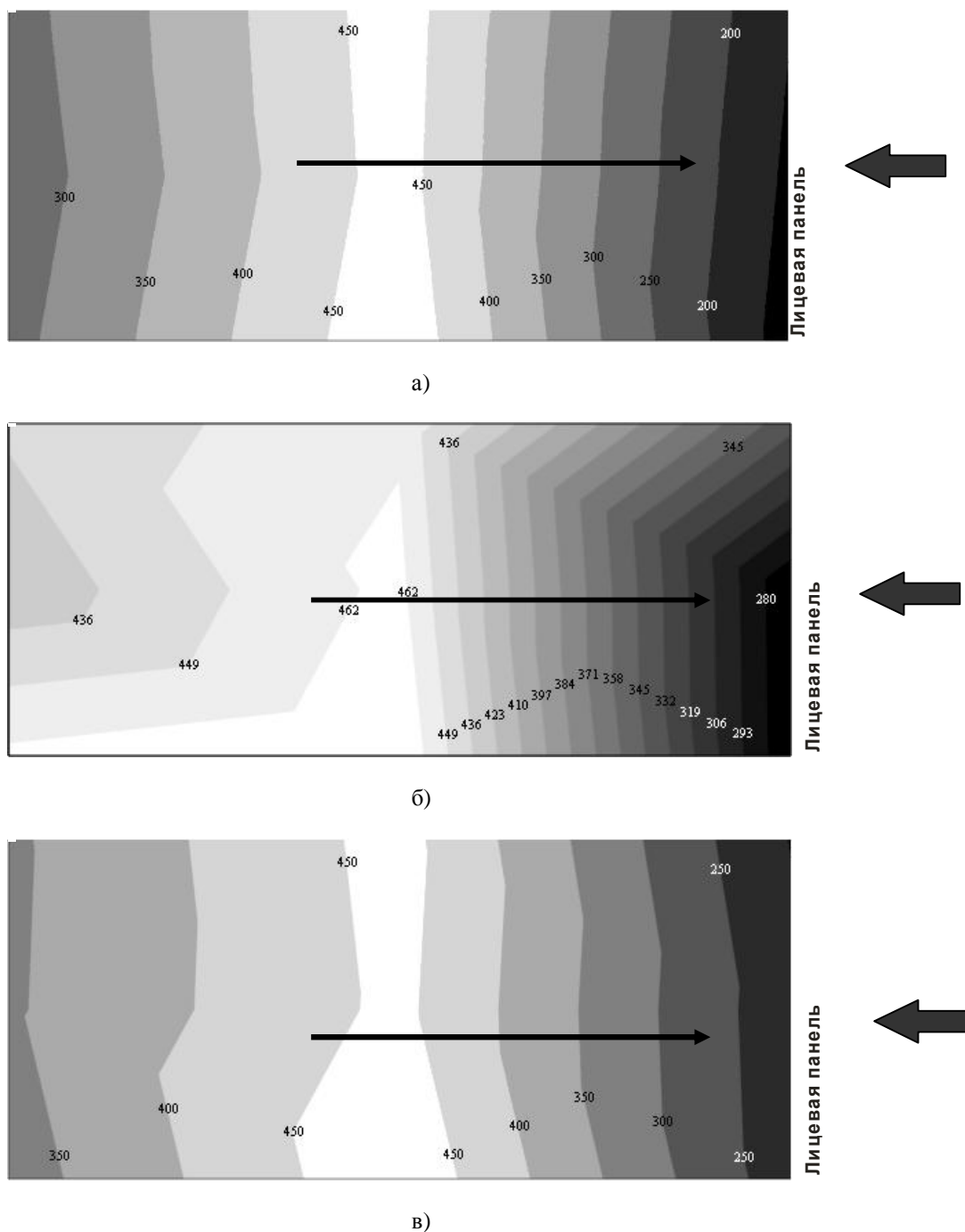


Рис. 12. Распределение магнитного поля в рабочей камере «Лавины»:
а) нижняя грань камеры; б) плоскость в средней части камеры; в) верхняя грань камеры

Измерение напряженности продольной составляющей магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД проводилась в 5-ти точках, в соответствии со схемой приведенной на рис. 11. Результаты измерений напряженности магнитного поля в герметичной камере НЖМД приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты измерений напряженности магнитного поля в герметичной камере НЖМД Samsung SP 60 АЗН

№ точки	Напряженность магнитного поля, кА/м
1	418
2	440
3	474
4	491
5	451

Среднее значение напряженности магнитного поля внутри в герметичной камере НЖМД:

$$H_{cp.HDD} = (418+440+474+491+451)/5 = 455 \text{ кА/м.}$$

Разница значений напряженности магнитного поля вне и внутри герметичной камеры НЖМД составляет:

$$H_{cp} - H_{cp.HDD} = 473 - 455 = 18 \text{ кА/м.}$$

Коэффициент затухания магнитного поля в корпусе НЖМД [дБ] в соответствии с формулой (3):

$$k = 20 \lg \frac{H_{cp.HDD}}{H_{cp}} = 20 \lg \frac{455}{473} = 0,34 \text{ дБ.}$$

3.2. Измерения поперечной составляющей магнитного поля в рабочей камере «Лавины» проводятся без загрузки НЖМД, аналогично измерениям продольной составляющей (см. этап 1). Поперечная составляющая магнитного поля измеряется в 27-ми точках рабочей камеры устройства «Лавина» в соответствии со схемой на рис. 10. Во всех точках измерения значение поперечной составляющей магнитного поля равно нулю.

Таким образом, в рабочей камере устройства «Лавина», без НЖМД, полностью отсутствует поперечная составляющая магнитного поля, что согласуется с теоретической моделью распределения магнитного поля соленоида.

При помещении в рабочую камеру устройства «Лавина» жесткого диска направление магнитного поля внутри его герметичной камеры изменяется. При этом появляется поперечная составляющая магнитного поля за счет индукционного тока, возникающего в пластинах и корпусе НЖМД.

Поскольку датчики Холла являются знакочувствительными по отношению к направлению магнитного поля, то для построения картины распределения поперечной составляющей поля необходимо провести в каждой точке измерений по 4 измерения, по количеству вариантов взаимной ориентации вектора напряженности магнитного поля и измерительного щупа.

Поперечная составляющая магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД измеряется в 5-ти точках над пластиной и в 5-ти точках под пластиной в соответствии со схемой на рис. 11.

Результаты измерений поперечной составляющей магнитного поля в герметичной камере НЖМД приведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты измерений поперечной составляющей магнитного поля в герметичной камере НЖМД Samsung SP 60 АЗН

№ точки	Напряженность магнитного поля, кА/м			
	Вектор H направлен вверх	Вектор H направлен вниз	Вектор H направлен вправо	Вектор H направлен влево
Положение измерительного щупа — над пластиной				
1	49,0	7,9	0	15,3
2	11,6	9,0	0	58,2
3	34,0	7,3	0	47,8
4	52,7	15,6	0	32,8
5	27,5	6,6	0	7,1
Положение измерительного щупа — под пластиной				
1	29,5	15,6	18,6	0
2	16,9	48,1	35,2	0
3	33,0	37,6	48,1	0
4	37,6	24,8	42,5	0
5	27,8	33,4	30,4	0

При воздействии на жесткий диск продольного магнитного поля H в герметичной камере накопителя возникает вихревое магнитное поле H_{\perp} , замыкающееся по корпусу НЖМД в плоскости поперечного сечения. Это поле в свою очередь создает суммарное магнитное поле, силовые линии которого получают вращательно-поступательное направление.

Картина магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД приведена на рис. 13.

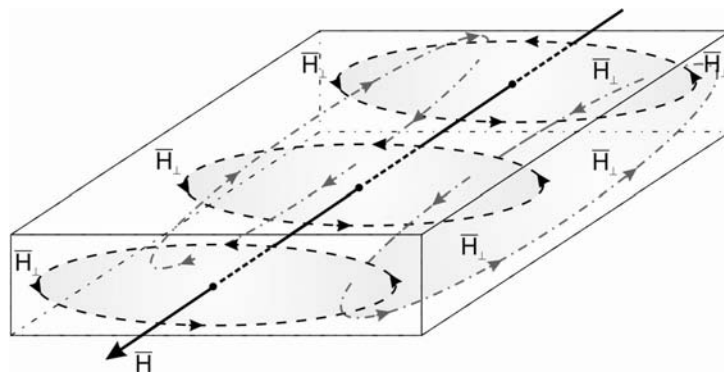


Рис. 13. Картина магнитного поля внутри герметичной камеры НЖМД

3.3. Результаты измерений напряженности магнитного поля вне рабочей камеры «Лавины».

Измерения проводятся с помощью измерительного щупа для измерения продольной составляющей магнитного поля. Схема измерений приведена на рис. 14. Результаты измерений приведены в табл. 5.

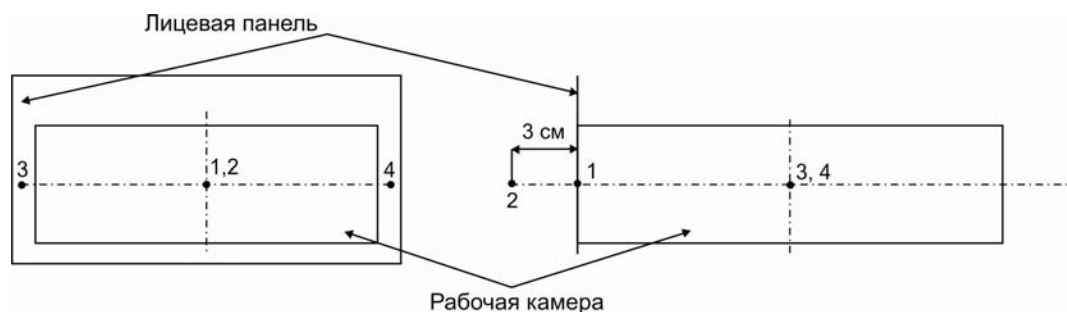


Рис. 14. Схема расположения точек, в которых проводились измерения

Таблица 5. Результаты измерений напряженности магнитного поля вне рабочей камеры «Лавины»

Точка измерения	Напряженность магнитного поля, кА/м
На продольной оси рабочей камеры в плоскости лицевой панели (точка 1)	45
На продольной оси рабочей камеры на расстоянии 3 см от лицевой панели (точка 2)	4
На левой стороне корпуса (точка 3)	2
На правой стороне корпуса (точка 4)	1,5

Выводы

1. В рабочей камере устройства «Лавина» создается магнитное поле, направленное вдоль оси камеры. Среднее значение напряженности продольной составляющей магнитного поля в центре камеры составляет 473 кА/м. Поперечная составляющая магнитного поля практически отсутствует.

2. Магнитное поле в рабочей камере устройства «Лавина» неравномерно. Максимальные значения напряженности продольной составляющей магнитного поля в центре камеры — до 490 кА/м, минимальные значения на краю камеры со стороны лицевой панели — от 128 кА/м. Корпус НЖМД вносит незначительное (0,34 дБ) затухание в продольную составляющую магнитного поля, что соответствует теоретическим расчетам. Среднее значение напряженности продольной составляющей магнитного поля в центре герметичной камеры НЖМД составляет 455 кА/м.

3. Внутри герметичной камеры НЖМД возникает поперечная составляющая магнитного поля, используя которую, можно достичь лучших характеристик при уничтожении информации с НЖМД.

4. За пределами рабочей камеры «Лавины» магнитное поле очень быстро затухает и практически не обнаруживается.

Поступила в редакцию 29.01.2007