

М.М. РЕЗИНКИНА, д-р техн. наук, НТЦ МТО НАНУ, Харьков
А.В. ЕРИСОВ, с.н.с., НТЦ МТО НАНУ, Харьков
Д.Е. ПЕЛЕВИН, м.н.с., НТЦ МТО НАНУ, Харьков
Л.Э. ЛОБЖАНИДЗЕ, аспирант, НТЦ МТО НАНУ, Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНДУЦИРОВАННОЙ И ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСЛАБЛЕНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Приведено результати експериментальних досліджень ослаблення геомагнітного поля в житлових будинках. Ослаблення пов'язане зі зміною індукції магнітного поля намагнічених та ненамагнічених елементів ферромагнітних конструкцій (арматури), що використовуються при будівництві будинків, в геомагнітному полі.

Приведены результаты экспериментальных исследований ослабления геомагнитного поля в жилых зданиях. Ослабление связано с изменением индукции магнитного поля намагниченных и ненамагниченных элементов ферромагнитных конструкций (арматуры), которые используются при строительстве зданий, в геомагнитном поле.

Введение. В ряде публикаций приводятся данные о влиянии ослабления уровня естественного геомагнитного поля (ГМП) на живые организмы [1-5]. Учитывая возможное отрицательное влияние ослабления ГМП на жизнедеятельность людей, в Российской Федерации принят нормативный документ, который вводит предельно допустимый уровень ослабления естественного ГМП – не более чем в два раза [6]. Принятию данных норм предшествовали медико-статистические исследования, показавшие негативное влияние такого ослабления на живые организмы [7, 8]. Проект аналогичных норм готовится и в Украине. Данная статья посвящена экспериментальным исследованиям геомагнитной обстановки в жилых помещениях, источниками снижения ГМП в которых являются ферромагнитные элементы конструкции зданий.

Методика контроля уровней ослабления ГМП. Оценка искажений ГМП в жилых помещениях основана на проведении измерений трех пространственных компонент вектора магнитной индукции B_x , B_y , B_z в узлах сетки с шагом 0,5 м на горизонтальной плоскости, расположенной на уровне 1,0 м от пола. Измерения проводятся с предварительной автоматической компенсацией естественных для данной гео-

графической широты компонент индукции ГМП. В каждой точке измерений вычисляется модуль вектора индукции магнитного поля (МП) – B . Для визуализации распределения МП полученные результаты аппроксимируются на более мелкой сетке при помощи кубических сплай-функций [9], в результате для исследуемых областей получены карты распределения искажений в процентах к естественному уровню ГМП. Таким образом, были построены распределения относительной величины модуля индукции магнитного поля:

$$\delta = (B - B_0)/B_0 \cdot 100\%.$$

За базисную величину принят модуль вектора индукции естественного ГМП, характерного для рассматриваемой географической зоны: $B_0 = 50$ мкТл.

Для измерения МП использовался переносной векторный феррозондовый магнитометр типа Magnetoscop 1.069 фирмы Foerster (ФРГ) с рабочим диапазоном измерений 10–2000 мкТл и относительной погрешностью измерений не выше 2,5 %.

Исследование изменений ослабления ГМП в жилых помещениях с течением времени. В последние годы при строительстве жилых и производственных зданий используется большой объем металлических ферромагнитных конструкций, что приводит к снижению ГМП. Характерным примером конструкций такого типа являются современные высотные каркасно-монолитные здания. Для того чтобы оценить происходит ли изменение ослабления ГМП в зданиях данного типа, измерения в них были проведены дважды с интервалом примерно в один год.

Исследования проводились в 22-этажном каркасно-монолитном доме в помещениях на 10 и 22 этажах. В каждом помещении было проведено два идентичных исследования уровней искажения ГМП, разнесенных во времени. Первое исследование проводилось в 2008 г., второе – в 2009 г. Результаты измерений показаны на рис. 1 – 4.

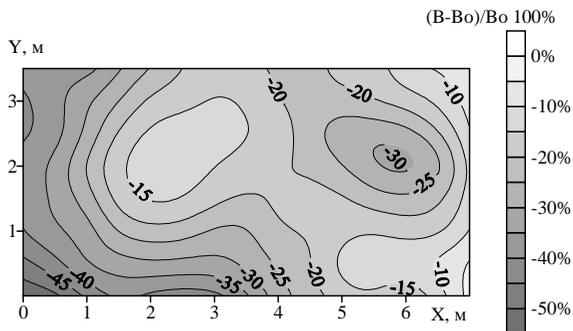


Рис. 1. Искажения ГМП в помещении на 10 этаже (2008 г.).

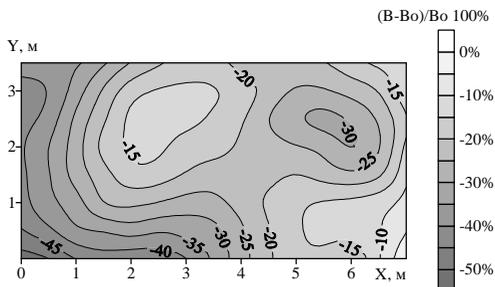


Рис. 2. Искажения ГМП в помещении на 10 этаже (2009 г.).

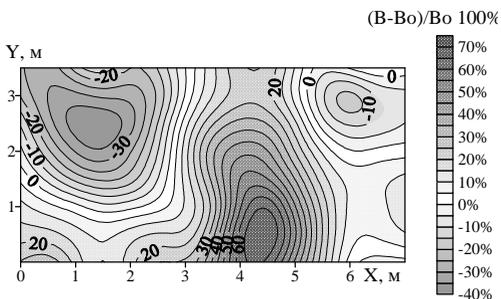


Рис. 3. Искажения ГМП в помещении на 22 этаже (2008 г.).

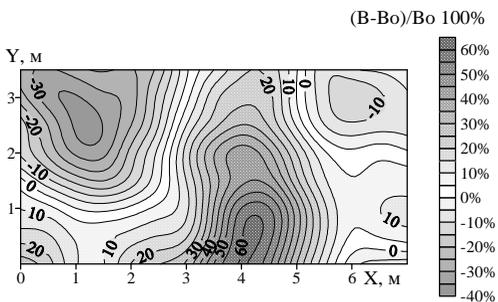


Рис. 4. Искажения ГМП в помещении на 22 этаже (2009 г.).

Из приведенных распределений видно, что уровни снижения ГМП не меняются, а уровни превышения МП над естественным ГМП несколько уменьшаются, что видно при сравнении рис. 1 и 2, рис. 3 и 4.

Исследование намагниченности ферромагнитных элементов конструкций зданий. Для определения мест локализации источников остаточной намагниченности в жилых зданиях были проведены экспе-

риментальные исследования намагниченности колонн как основного источника влияния на уровень ослабления ГМП.

В общем виде величина индукции B_z магнитного поля вблизи поверхности колонны определяется как

$$B_z = (B_{0z} - B_{из}) + B_{оз}, \quad (1)$$

где B_{0z} – вертикальная компонента индукции геомагнитного поля, которая для рассматриваемой географической зоны составляет 44 мкТл; $B_{из}$ – вертикальная компонента индукции магнитного поля, обусловленная индуцированным магнитным моментом $M_{из}$ колонны; $B_{оз}$ – вертикальная компонента индукции магнитного поля, обусловленная остаточным магнитным моментом $M_{оз}$ колонны.

Исходя из (1), при отсутствии остаточной намагниченности индукция магнитного поля B_z у поверхности колонны меньше величины вертикальной компоненты индукции геомагнитного поля B_{0z} , то есть:

$$B_z < 44 \text{ мкТл.}$$

Однако, как показали результаты измерений, это соотношение для колонн современных зданий не выполняется. Проведенные исследования состояли в измерении индукции магнитного поля вблизи поверхности колонн нового многоэтажного здания. Для этого датчиком магнитного поля проводилось сканирование вертикальной компоненты индукции B_z между точками А-В (рис. 5).

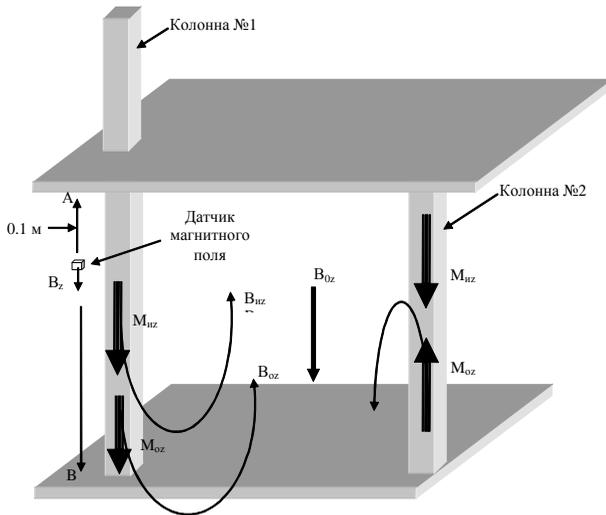


Рис. 5. Схема измерения намагниченности колонн.

Исследования проводились в 22-этажном каркасно-монолитном доме. Измерялась индукция МП вдоль колонн с поперечным сечением $0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$ на расстоянии $0,1 \text{ м}$ от их поверхности. Опыты показали, что для одной части исследованных колонн индукция B_z значительно превышает 44 мкТл , для другой – имеет практически нулевое значение, а некоторые колонны вообще не проявляют себя как источники МП.

Результаты измерений индукции B_z МП ряда колонн, расположенных в исследуемом помещении, представлены в виде 3-х обобщенных случаев на рис. 6.

Колонна № 1, в которой остаточный магнитный момент совпадает по направлению с индуцированным магнитным моментом, вызывает ослабление ГМП в помещении (величина индукции на некоторых участках колонны уменьшается до значения $B_z \approx 5 \text{ мкТл}$).

Колонна № 2 практически не оказывает влияния на уровень естественного ГМП, так как величины ее остаточного и индуцированного магнитных моментов, приблизительно равные между собой, имеют противоположную направленность действия: $M_{oz} + M_{из} \approx 0$. Измеренные распределения индукции магнитного поля B_z в помещении приведены на рис. 6 в виде графиков для источников: 1 – колонна № 1; 2 – колонна № 2; 3 – колонна № 3.

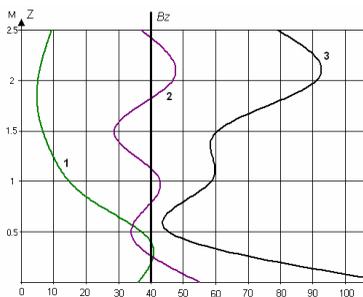


Рис. 6.

Колонна № 3 представляет собой источник усиления геомагнитного поля в виду доминирования остаточной намагниченности над индуцированной.

Таким образом, колонны здания по-разному проявляют себя как источники искажения ГМП. В некоторых случаях характер распределения индукции МП у поверхности однотипных колонн различен даже в пределах высоты одного этажа. Это может быть вызвано остаточной намагниченностью, которая носит локальный характер и изменяется вдоль всей длины колонны.

Сказанное относительно колонн здания является справедливым и в отношении намагниченности межэтажных перекрытий, которым также присущ широкий спектр остаточных намагниченностей.

Для выяснения природы появления остаточной намагниченности зданий дополнительно были проведены измерения остаточной намагниченности ферромагнитных элементов, используемых при армирова-

нии железобетонных конструкций.

В качестве ферромагнитного элемента здания рассматривался отрезок стальной арматуры диаметром 12 мм, длиной $L = 0,73$ м. Точки измерения располагались вдоль арматуры на расстоянии 0,10 м от ее оси с шагом 0,10 м (рис. 7).

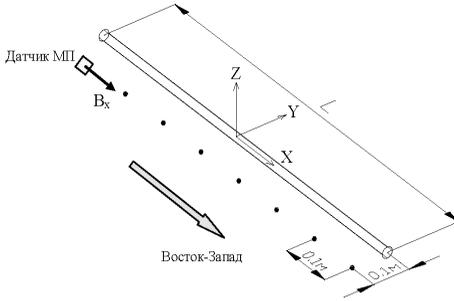


Рис. 7.

Ось арматуры совпадала с направлением восток-запад, при котором исключается намагниченность магнитным полем Земли. В каждой точке измерялась одна компонента вектора индукции магнитного поля B_x , направленная параллельно оси отрезка арматуры. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Индукция МП в точках измерения вдоль оси отрезка арматуры.

Координаты точки измерения	B_x , мкТл	M_i^a , $A \cdot m^2$
-0,30	-2,8	0,05
-0,20	4,3	-0,08
-0,10	7,8	-0,14
0,0	9,8	-0,18
0,10	10,0	-0,18
0,20	7,9	-0,14
0,30	2,8	-0,05
0,40	-4,7	0,08

В табл. 1 также приведены рассчитанные значения магнитных моментов выделенных объемов M_i^a , на которые условно разбивался отрезок арматуры. Расчет проводился с использованием мультидипольной модели магнитного поля технического объекта и алгоритма определения положения источников магнитного поля [10].

Экспериментально определена максимальная намагниченность арматуры от воздействия внешнего МП B_v . Арматуру, показанную на рис. 7, намагничивали в магнитном поле B_v . После этого, при $B_v = 0$, измеряли значение индукции магнитного поля B_x в направлении, параллельном оси арматуры. Точки измерения располагались на рас-

стоянии 1 м и 1,5 м напротив центра арматуры. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Индукции B_x МП в процессе намагничивания отрезка арматуры. мкТл

B_v , Тл	Длина отрезка, м	
	1,0	1,5
- 0,04	- 0,34	- 0,46
0,04	3,47	0,73
0,12	3,64	0,79
0,19	3,64	0,79

После достижения максимальной намагниченности арматуры были проведены измерения остаточной индукции магнитного поля в точках, показанных на рис. 7. Результаты измерения приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Индукция МП после намагничивания отрезка арматуры.

Координаты точки измерения, м	B_x , мкТл
- 0,30	- 175,2
- 0,20	109,8
- 0,10	200,4
0,0	208,4
0,10	220,9
0,20	205,3
0,30	139,1
0,40	- 87,7

На основе экспериментальных данных, приведенных в табл. 1 и 3, получены распределения индукции МП вдоль арматуры в ее первоначальном слабо намагниченном состоянии, а также в предельно намагниченном состоянии (рис. 8): кривая 1 – до намагничивания; кривая 2 – после намагничивания.

При допущении об однородности намагничивания арматуры, ее намагниченность можно определить по формуле:

$$J = M/V,$$

где M – магнитный момент арматуры; V – объем арматуры.

Экспериментальные исследования показали, что арматура диаметром 12 мм и длиной 0,73 м имеет максимальную намагниченность $J = 36000$ А/м.

Были проведены также измерения остаточной намагниченности отрезков арматуры большей длины.

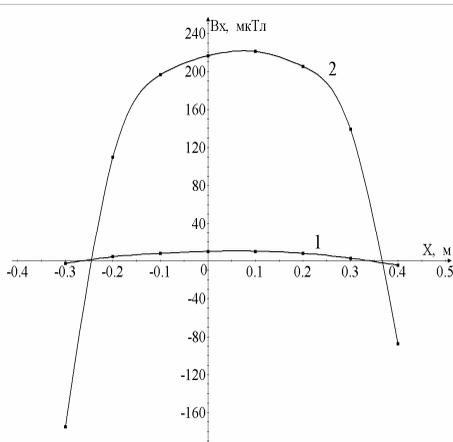


Рис. 8.

Анализ проведенных исследований и расчетов показывает, что:

- остаточная намагниченность ферромагнитной арматуры распределена неравномерно вдоль ее оси;

- индукция МП, связанная с наличием остаточной намагниченности, для всех исследованных образцов арматуры не превышает 60 мкТл;

- остаточная намагниченность ферромагнит-

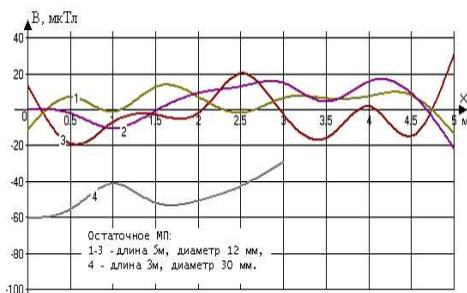


Рис. 9.

ной арматуры, которая для зданий повышенной высотности превышает индуцированную, возникает в процессе строительства дома, поскольку, как показали проведенные измерения, до монтажа в качестве составляющей несущих конструкций арматура остаточной намагниченности практически не имеет.

Выводы.

1. Проведены экспериментальные исследования распределения магнитного поля в жилых помещениях с целью выявления влияния намагниченности ферромагнитных элементов на степень снижения ГМП. Данные исследования могут послужить основанием для внедрения в Украине нормативных актов, устанавливающих допустимые уровни

снижения геомагнитного поля в местах длительного пребывания людей с учетом их технической достижимости.

2. Обобщение результатов проведенных измерений индукции магнитного поля в помещениях жилых домов различных проектов позволило сделать вывод, что существенные уровни снижения ГМП (до 55 %) обусловлены в основном наличием остаточной намагнитненности ферромагнитных конструкций. В тех случаях, когда ферромагнитные конструкции намагничены слабо или не намагничены вообще и доминирующую роль играет индуцированная намагнитненность, уровни снижения ГМП не превышают 25 %.

3. Разнесенные во времени (около 1 года) исследования уровней искажения ГМП в жилых помещениях, где остаточная намагнитненностью ферромагнитных конструкций существенно превышает индуцированную, показали, что уровни снижения ГМП практически не меняются, а уровни превышения МП над естественным ГМП несколько уменьшаются. Данный эффект можно объяснить уменьшением остаточной намагнитненности конструкций с течением времени и под действием механических напряжений.

4. Как показал анализ результатов экспериментальных и расчетных исследований геомагнитных условий в жилых помещениях, остаточная намагнитненность вызывает существенно большее ослабление ГМП, чем индуцированная намагнитненность. Для того чтобы в жилых помещениях не происходило снижения естественного ГМП ниже допустимых значений, следует избегать намагничивания ферромагнитных конструкций зданий при их строительстве.

Список литературы: 1. *Conley C.C.* A review of the biological effects of very low magnetic fields // Report № NASA TN D-5902. – National Aeronautics and Space Administration, Washington, D. C. 20546. – 1970. – 25 p. 2. *Любимов В.В.* A review of the biological effects of very low magnetic fields // Report № NASA TN D-5902. – National Aeronautics and Space Administration, Washington, D. C. 20546. – 1970. – 25 p. 3. *Xuebin W., Bing L.I., Muling X.U.* et al. Long-term memory was impaired in one-trial passive avoidance task of day-old chicks hatching from hypomagnetic field space // *China Sci. Bull.* – 2003. – Vol. 48. – P. 2454-2457. 4. *Zhang B., Lu H., Xi W.* et al. Exposure to hypomagnetic field space for multiple generations causes amnesia in *Drosophila melanogaster* // *Neuroscience Letters.* – 2004. – Vol. 371, №2-3. – P. 190-195. 5. *Zhang X., Li J-F., Wu Q-J.* et al. Effects of hypomagnetic field in noradrenergic activities in the brainstem of golden hamster // *Bioelectromagnetics.* – 2007. – Vol. 28. – P. 155-158. 6. Физические факторы производственной среды. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях". – М., 2003. – 19 с. 7. *Походзей Л.В.* Гипогеомагнитные условия как фактор риска для здоровья человека // Труды 2-й Междунар. конф. "Электромагнитные поля и здоровье человека". – М. – 1999. – С.135-136. 8. *Нахильниц*

кая З.Н., Мاستрюкова В.М., Андрианова Л.А. и др. Реакция организма на воздействие "нулевого" магнитного поля // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1978. – №2. – С. 74-76. 9. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М: Наука, 1980. – 202 с. 10. Лутиков В.С., Пелевин Д.Е. Определение источников магнитного поля технического объекта // Електротехніка і електромеханіка. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2002. – №2. – С. 43-46.



Резникина Марина Михайловна, доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-технического центра магнетизма технических объектов Национальной академии наук Украины, Харьков. Научные интересы связаны с решением проблем электромагнитной экологии и электромагнитной совместимости технических средств.



Ерисов Анатолий Васильевич, старший научный сотрудник Научно-технического центра магнетизма технических объектов Национальной академии наук Украины. Научные интересы связаны с решением проблем магнетизма технических объектов, электромагнитной электромагнитной совместимости технических средств и методов магнитных измерений.



Пелевин Дмитрий Евгеньевич, младший научный сотрудник Научно-технического центра магнетизма технических объектов Национальной академии наук Украины. Научные интересы связаны с решением проблем магнетизма технических объектов, электромагнитной электромагнитной совместимости технических средств и методов магнитных измерений.



Лобжанидзе Лия Элгуджаевна, аспирант Научно-технического центра магнетизма технических объектов Национальной академии наук Украины. Закончила Харьковский национальный университет радиоэлектроники, факультет компьютерных наук по специальности "Информационные технологии проектирования информационно-управляющих систем для бизнеса". Научные интересы связаны с решением проблем электромагнитной экологии.

Поступила в редколлегию 20.11.09