

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В.Ю.Розов, чл.- корр. НАН Украины, **С.В.Левина**
Институт технических проблем магнетизма НАН Украины,
ул. Индустриальная, 19, Харьков, 61106, Украина,
e-mail: Rozov@nas.gov.ua

Предложена методика математического моделирования геомагнитного поля (ГМП), ослабленного железобетонными конструкциями домов. Методика основана на замене реальной железобетонной конструкции эквивалентной конструкцией той же формы и объема с эквивалентной магнитной проницаемостью, пропорциональной доле стальных элементов конструкции. Показано, что погрешность расчета ослабления ГМП железобетонными колоннами и межэтажными перекрытиями с использованием предложенной методики не превышает 2%. Приведены данные сравнения численного расчета ослабления ГМП внутри жилого дома с результатами измерения. Библ. 9, рис 4.

Ключевые слова: ослабление статического геомагнитного поля, железобетонные конструкции жилых домов.

Широкое использование железобетонных строительных конструкций в современных жилых домах вызывает ослабление (магнитостатическое экранирование) индукции природного статического геомагнитного поля (ГМП) внутри их помещений [4, 9], что негативно влияет на здоровье людей [6]. Поэтому актуальной является задача всестороннего изучения явления ослабления ГМП, в том числе методами математического моделирования. Однако сложность математического моделирования ГМП внутри современных многоэтажных домов, содержащих сотни тысяч распределенных в пространстве намагниченных в ГМП ферромагнитных элементов [2], приводит к необходимости создания упрощенных математических моделей магнитного поля намагниченных в ГМП типовых конструктивных строительных элементов, позволяющих упростить моделирование с приемлемой для инженерных расчетов погрешностью. Решению этой задачи и посвящена настоящая статья.

Основная масса ферромагнитных элементов дома сосредоточена в его несущих конструкциях – колоннах и межэтажных перекрытиях [2]. При этом объем и форма граничной поверхности каждого из ферромагнитных элементов колонн и перекрытий влияет на фактический уровень ослабления ГМП в помещениях. Явление ослабления ГМП сплошной цилиндрической стальной колонной исследовано в [5]. Однако колонны реальных зданий, которые чаще всего выполняются в виде цилиндрических (прямоугольных) железобетонных конструкций, армированных стальными прутьями, требуют отдельного рассмотрения. Отдельного рассмотрения также требует влияние на ГМП межэтажных перекрытий, выполняемых из прямоугольных железобетонных плит, армированных сеткой из стальных прутьев (рис. 1).

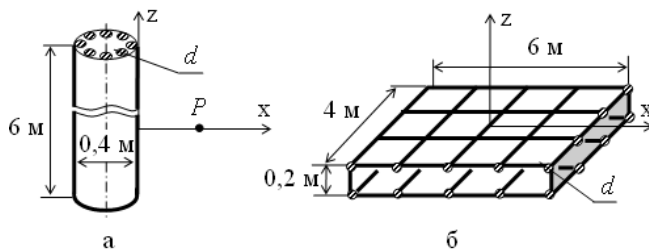


Рис. 1

При моделировании индукции ГМП, искаженной сложной многоэлементной ферромагнитной конструкцией с внешним объемом V_k и суммарным объемом ее ферромагнитных элементов V_ϕ , может быть использована полученная на основе [1,3,8] методика эквивалентной замены этой сложной конструкции простейшей сплошной конструкцией с аналогичной внешней граничной поверхностью и объемом V_k , которая может быть охарактеризована эквивалентной магнитной проницаемостью μ_3

$$\mu_3 \approx \chi_m K_V + 1 = (\mu_m - 1) K_V + 1; \quad K_V = \frac{V_\phi K_k}{V_k}; \quad \chi_m = \mu_m - 1, \quad (1)$$

где χ_m и μ_m – магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость материала ферромагнитных элементов реальной конструкции; K_k – корректирующий коэффициент, зависящий от ориентации ферромагнитных элементов конструкции относительно вектора ГМП.

Оценку погрешности $\delta(p)$, возникающую при использовании этой методики для моделирования искажения ГМП реальными железобетонными колоннами и перекрытиями жилых домов (рис. 1)

$$\delta(p) = \frac{B_R(p) - B_3(p)}{B_R(p)} 100\%, \quad (2)$$

где $B_R(p)$, $B_S(p)$ – индукция МП в точке наблюдения p , создаваемая реальной колонной и ее эквивалентной моделью соответственно. Распределение значений $B_R(p)$, $B_S(p)$ определяем с использованием пакета прикладных программ Comsol для цилиндрической железобетонной колонны и прямоугольного перекрытия.

Колонна (рис. 1, а) армирована восемью стальными стержнями с $\mu_m = 300$, диаметр которых варьируется от 0,02 м до 0,05 м, что позволяет изменять коэффициент K_V колонны в диапазоне реальных значений [2, 7] – от 0,04 до 0,11. Коэффициент K_k (1) для колонны равен 1. Расчет индукции проводится для точек p , лежащих на оси x (рис. 1, а) с учетом действия вертикальной составляющей ГМП $B_z = 46,6$ мкТл.

Плита (рис. 1, б) армирована двухуровневой сеткой из стальных прутьев с $\mu_m = 300$, диаметр которых варьируется от 0,01 м до 0,05 м, что позволяет изменять коэффициент K_V от 0,01 до 0,11 при коэффициенте K_k (1), равном 0,5. Расчет индукции проводится для точек p , расположенных на высоте 0,5 м над плитой в вертикальной плоскости, проходящей через ось x (рис. 1, б). Плита находится под действием горизонтальной составляющей вектора индукции ГМП ($B_x = 18,1$ мкТл), направленного по оси арматурной сетки.

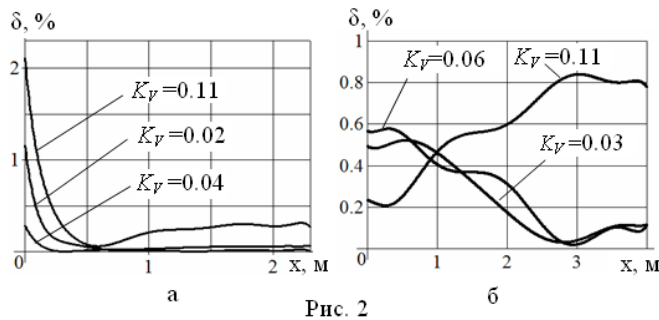


Рис. 2

Результаты расчета в соответствии с (2) погрешности $\delta(p)$ для колонны и перекрытия представлены на рис. 2, а и рис. 2, б соответственно. Как следует из рис. 2, погрешность $\delta(p)$ при использовании предложенной упрощенной методики не превышает 2%, что подтверждает возможность ее эффективного использования при численном моделировании явления ослабления ГМП в помещениях реальных зданий.

На основе предложенной упрощенной методики в программной среде Comsol выполнено математическое моделирование распределения индукции ГМП в помещении каркасного 9-этажного жилого дома с железобетонными колоннами и перекрытиями и кирпичными стенами, ориентированного по магнитному меридиану при действии полного вектора неискаженного ГМП в г. Харькове (модуль вектора индукции 50 мкТл). Моделирование выполнено при использовании физической модели ферромагнитной конструкции (рис. 3) с учетом взаимного магнитного влияния охватывающих помещение колонн и перекрытий. Моделировалось распределение магнитной индукции на горизонтальной плоскости, расположенной на высоте 0,5 м от пола помещения при значениях $\mu_m = 300$ и коэффициенте K_V , равном 0,07 для колонн и 0,1 – для перекрытий. Результаты моделирования в виде карты распределения магнитной индукции представлены на рис. 4, а.

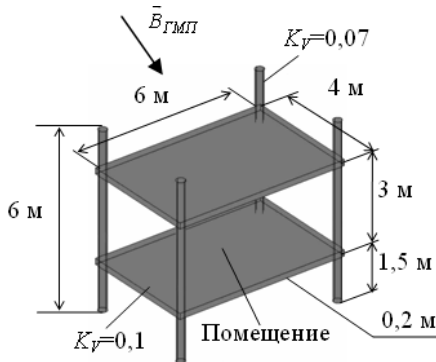


Рис. 3

На рис. 4, б показаны результаты экспериментальных исследований распределения индукции ГМП, выполненные при тех же условиях в помещении аналогичного жилого дома, стены которого в отличие от расчетной модели (рис. 3) расположены под углом к магнитному меридиану. Сравнение представленных на рис. 4 результатов моделирования и измерения подтверждает корректность предложенной упрощенной методики моделирования статического ГМП в помещениях современных жилых домов, а также адекватность предложенной на рис. 3 физической модели ферромагнитной строительной конструкции, определяющей уровень ослабления ГМП внутри охватываемого ею помещения.

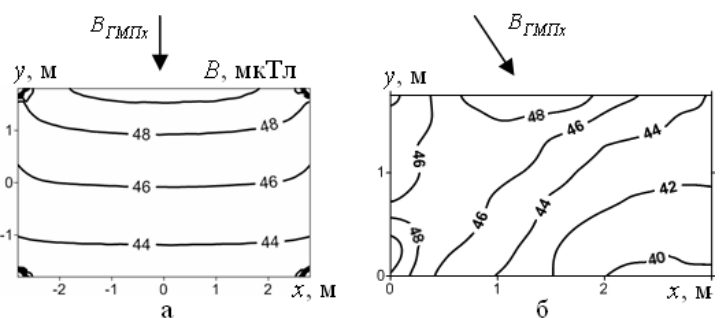


Рис. 4

Сравнение представленных на рис. 4 результатов моделирования и измерения подтверждает корректность предложенной упрощенной методики моделирования статического ГМП в помещениях современных жилых домов, а также адекватность предложенной на рис. 3 физической модели ферромагнитной строительной конструкции, определяющей уровень ослабления ГМП внутри охватываемого ею помещения.

1. Аркадьев В.К. Электромагнитные процессы в металлах (часть 1). – М.: ОНТИ, 1934. – 231 с.
2. Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Лезнюк М.В., Юсипенко С.В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. – К.: Факт, 2004. – 106 с.
3. Нестеренко А.Д. Введение в теоретическую электротехнику. – К.: Наукова думка, 1969 – 351 с.
4. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные условия как неблагоприятный фактор производственной среды: дис. ... докт. мед. наук: 14.00.50 / Походзей Лариса Васильевна. – М., 2004. – 190 с.
5. Розов В.Ю., Реуцкий С.Ю., Левина С.В. Исследование явления ослабления статического геомагнитного поля стальной колонной // Технічна електродинаміка. – 2014. – №1. – С. 12–19.

6. Сердюк А.М., Григор'єв П.С., Акіменко В.Я., Протас С.В. Екологічна значущість геомагнітного поля та медично-біологічні передумови гігієнічної регламентації його ослаблення в умовах України // Довкілля і здоров'я. – 2010. – № 3. – С. 8–11.
7. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 448 с.
8. Dey S., Mittra R. A conformal finite-difference time-domain technique for modeling cylindrical dielectric resonators // IEEE Trans. Microwave theory and Techniques. – 1999. – Vol. 47. – Pp. 1737–1739.
9. Čermáková E. Magnetization of steel building materials and structures in the natural geomagnetic field // Acta Polytechnica. – 2005. – № 6. – Pp. 47–52.

УДК 621.3.013.22

МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИЧНОГО ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ВСЕРЕДИНИ ПРИМІЩЕНЬ СУЧАСНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

В.Ю.Розов, чл.-кор. НАН України, **С.В.Левіна**

Інститут технічних проблем магнетизму НАН України,

вул. Індустріальна, 19, Харків, 61106, Україна, e-mail: Rozov@nas.gov.ua

Запропоновано методику математичного моделювання геомагнітного поля (ГМП), ослабленого залізобетонними конструкціями будинків. Методика заснована на заміні реальної залізобетонної конструкції еквівалентною конструкцією тієї самої форми і об'єму з еквівалентною магнітною проникністю, пропорційною частці сталевих елементів конструкції. Показано, що похибка розрахунку ослаблення ГМП залізобетонними колонами і міжповерховими перекриттями з використанням запропонованої методики не перевищує 2%. Наведено дані порівняння чисельного розрахунку ослаблення ГМП всередині житлового будинку з результатами вимірювання. Бібл. 9, рис. 4.

Ключові слова: ослаблення статичного геомагнітного поля, залізобетонні конструкції житлових будинків.

MODELING OF THE STATIC GEOMAGNETIC FIELD INDOOR DWELLING HOUSES

V.Yu.Rozov, S.V.Levina

Institute of Technical Problems of Magnetism National Academy of Sciences of Ukraine,

19, Industrialna st., Kharkiv, 61106, Ukraine, e-mail: Rozov@nas.gov.ua

A methodology of mathematical modeling of the weakening of the geomagnetic field (GMF) by reinforced concrete structures houses is presented. It is based on the replacement of real concrete structure by an equivalent of the same shape and volume with an equivalent permeability proportionate share of steel structural elements. It is shown that the error in calculation of the GMF weakening by concrete columns and floor slabs using the proposed method does not exceed 2%. The data of the numerical calculation of the weakening of the GMF inside a dwelling house are compared with the measurement results. References 9, figures 4.

Key words: weakening of the static geomagnetic field, reinforced concrete construction of dwelling houses.

1. Arkadev V.K. The electromagnetic processes in metals (part 1). – Moskva: ONTI, 1934. – 231 p. (Rus)
2. Horodetskii A.S., Batrak L.H., Horodetskii D.A., Lezniuk M.V., Yusipenko S.V. The calculation and design construction the high-rise building of reinforced concrete. – Kyiv: Fakt, 2004. – 106 p. (Rus)
3. Nesterenko A.D. An introduction to the theoretical electrical engineering. – Kyiv: Naukova dumka, 1969 – 351 p. (Rus)
4. Pokhodzei L.V. Hypogeomagnetic conditions as unfavorable environment factors: dis. ... Dr. med. Sciences: 14.00.50 / Pokhodzei Larisa. – Moskva, 2004. – 190 p. (Rus)
5. Rozov V.Yu., Reutskii S.Yu., Levina S.V. The study of the effect of weakening of static geomagnetic field by steel columns // Tekhnichna elektrodynamika. – 2014. – №1. – Pp. 12–19. (Rus)
6. Serdiuk A.M., Grigoriev P.Ye., Akimenko V.Ya., Protas S.V. Ecological significance of the geomagnetic field and the medical and biological conditions of hygienic regulation of its weakening in Ukraine // Dovkillia i zdorovia. – 2010. – № 3. – Pp. 8–11. (Ukr)
7. Setkov V.I., Serbin E.P. The building structures. – Moskva: INFRA-M, 2005. – 448 p. (Rus)
8. Dey S., Mittra R. A conformal finite-difference time-domain technique for modeling cylindrical dielectric resonators // IEEE Trans. Microwave theory and Techniques. – 1999. – Vol. 47. – Pp. 1737–1739.
9. Čermáková E. Magnetization of steel building materials and structures in the natural geomagnetic field // Acta Polytechnica. – 2005. – № 6. – Pp. 47–52.

Надійшла 04.02.2014