

## МЕТОДЫ НОРМАЛИЗАЦИИ СТАТИЧЕСКОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

*Показана необхідність нормалізації до безпечних значень індукції статичного геомагнітного поля (ГМП) у приміщеннях висотних каркасно-монолітних житлових будинків, масивні ферромагнітні несучі конструкції яких значно (на 50%) послаблюють природне ГМП. Теоретично і експериментально обґрунтовані методи нормалізації ГМП, що реалізуються без застосування додаткових екрануючих елементів. Розроблено рекомендації з проектування та будівництва «магніто-чистих» житлових будинків з комфортними умовами проживання за статичним геомагнітним полем. Бібл. 15, рис. 8.*  
**Ключові слова:** статичне магнітне поле, залізобетонні конструкції, нормалізація геомагнітного поля в приміщеннях.

*Показана необходимость нормализации до безопасных значений индукции статического геомагнитного поля (ГМП) в помещениях высотных каркасно-монолитных жилых домов, массивные ферромагнитные несущие конструкции которых значительно (на 50%) ослабляют естественное ГМП. Теоретически и экспериментально обоснованы методы нормализации ГМП, реализуемые без применения дополнительных экранирующих элементов. Разработаны рекомендации по проектированию и строительству «магниточистых» жилых домов с комфортными условиями проживания за статическим геомагнитным полем. Библ. 15, рис. 8.*

**Ключевые слова:** статическое магнитное поле, железобетонные конструкции, нормализация геомагнитного поля в помещениях.

**Введение.** В настоящее время в жилищном строительстве широко применяются каркасно-монолитные технологии, которые основаны на использовании значительного объема стальных элементов, армирующих железобетонные конструкции. Так, для современных каркасно-монолитных домов (рис. 1,а) применяются железобетонные колонны и межэтажные перекрытия, содержащие около 15 % конструкционной стали в их объеме [1-4], что существенно превышает объем стали, который используется в распространенных ранее домах из сборного железобетона.

Увеличение удельного объема стальных элементов железобетонных конструкций в современных домах, а также возможность их неконтролируемого намагничивания при монтажных электросварочных работах приводит к существенному усилению эффекта магнитостатического экранирования (ослабления) естественного геомагнитного поля (ГМП) внутри помещений [5], что может негативно влиять на здоровье людей [6]. Так, при естественном для Украины модуле вектора индукции ГМП в 50 мкТл, индукция ГМП в помещениях каркасно-монолитных домов (рис. 1б) ослабляется до опасных значений – менее 25 мкТл [8], что может создавать стрессовые состояния и вызывать негативные эффекты в нервной, сердечно-сосудистой и иммунной системах человека [6].

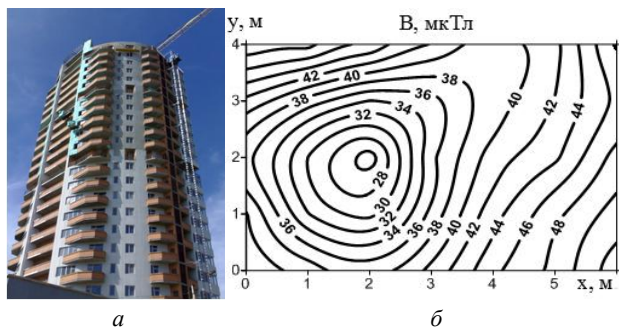


Рис. 1. Каркасно-монолитный жилой дом (а) и экспериментальные значения распределения индукции ГМП в одном из его помещений на высоте 1 м от пола (б)

В соответствии с международным стандартом SBM-2008 [7], который является руководящим доку-

ментом при независимом тестировании домов в Европе, США, Канаде, Австралии, комфортные условия проживания в жилых домах обеспечиваются при отклонении ГМП не более чем на 10 % от естественного значения. Поэтому, комфортный уровень индукции ГМП в жилых помещениях, который не оказывает отрицательного влияния на здоровье населения, должен составлять не менее 90% естественного ГМП (не менее 45 мкТл в широтной зоне Украины).

Поэтому актуальной и социально значимой задачей является нормализация индукции ГМП в помещениях современных жилых домов до безопасного уровня в 45 мкТл. Однако известные методы нормализации ГМП носят либо общий характер [8], либо предполагают использование громоздких экранирующих элементов [9, 10], которые сложно устанавливать в жилых помещениях.

**Целью** работы является разработка методов нормализации до безопасного уровня статического ГМП в помещениях современных жилых домов.

**Исследование явления ослабления ГМП железобетонными строительными конструкциями.** Очевидно, что для разработки методов нормализации ГМП в помещениях необходимо определить влияние физических и геометрических параметров реальных стальных строительных конструктивных элементов домов на интенсивность ослабления ГМП.

Известно [8, 11], что основной причиной ослабления ГМП в помещениях является намагниченность ферромагнитных стальных элементов строительных конструкций, создающая во внешнем пространстве возмущающее магнитное поле напряженностью  $\vec{H}_B$ , вектор которого может быть направлен навстречу вектору ГМП [8].

$$\vec{H}_B(p) = \vec{H}_{i_{ГМП}}(p) + \vec{H}_r(p), \quad (1)$$

где  $\vec{H}_{i_{ГМП}}$ ,  $\vec{H}_r$  – магнитное поле от индуцированной  $\vec{j}_i$  и остаточной  $\vec{j}_r$  намагниченности.

Магнитное поле остаточной намагниченности  $\vec{H}_r$  создается намагниченными ферромагнитными

элементами конструкции при напряженности поля сторонних источников равной нулю и может быть определено выражением [11]:

$$\vec{H}_r = F(V_k, \vec{j}_r), \quad (2)$$

где  $V_k$  – объем ферромагнитной конструкции.

Значение  $\vec{H}_r$  определяется предшествующим магнитным (механическим) влиянием на ферромагнитный элемент и в общем случае является случайной величиной, что затрудняет его моделирование. Эффективное снижение  $\vec{H}_r$  обеспечивает размагничивание ферромагнитных конструкций [8].

Магнитное поле  $\vec{H}_{i_{ГМП}}$  может быть определено выражением [11]:

$$\vec{H}_{i_{ГМП}} = F(V_k, \vec{j}_i); \quad \vec{j}_i = (\mu_n - 1)\vec{H}_{ГМП}N, \quad (3)$$

где  $\mu_n$  – относительная начальная магнитная проницаемость материала стальных элементов строительных конструкций;  $N$  – размагничивающий коэффициент, зависящий от формы граничной поверхности стального элемента конструкции.

Как следует из (3) с учетом [11], величина  $\vec{H}_{i_{ГМП}}$ , определяющая уровень ослабления ГМП, увеличивается при увеличении объема  $V_k$  ферромагнитного элемента и величины индуцированной намагниченности  $\vec{j}_i$ , которая пропорциональна магнитной проницаемости  $\mu_n$  и уменьшается при уменьшении коэффициента размагничивания  $N$ .

Как правило, вектор индуцированной намагниченности совпадает с вектором ГМП [8]. При этом намагниченный в ГМП элемент (например, стальная колонна высотой  $h$ , радиусом  $r$  и магнитной проницаемостью  $\mu_n$ ) ослабляет ГМП вблизи его поверхности как показано на рис. 2. Зона ослабления ГМП, выделенная штриховкой на рис. 2, прилегает к боковым поверхностям колонны и распространяется перпендикулярно вектору индукции намагничивающего поля.

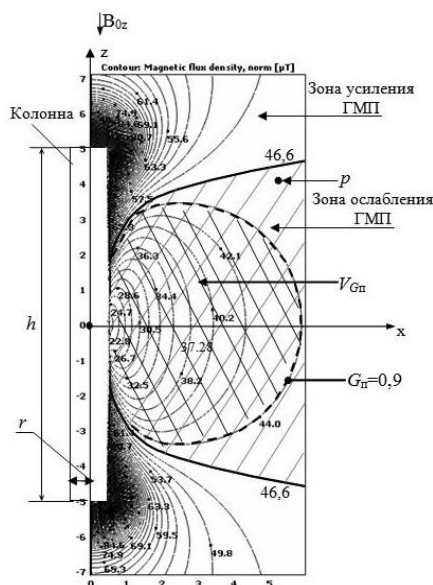


Рис. 2. Распределение модуля вектора индукции магнитного поля вблизи стальной цилиндрической колонны под действием вертикальной составляющей  $\vec{B}_{ГМП_z}$  ГМП с индукцией 46,6 мкТл, полученное в программной среде COMSOL

Моделирование явления ослабления ГМП будем осуществлять на примере цилиндрической сплошной стальной колонны (рис. 2), определяя напряженность  $\vec{H}_i(p)$  искаженного ГМП в точках  $p$  внешней области (рис. 2):

$$\vec{H}_i(p) = \vec{H}_{ГМП} + \vec{H}_{i_{ГМП}}(p), \quad (4)$$

где  $\vec{H}_{i_{ГМП}}(p)$  – напряженность МП, создаваемая индуцированной намагниченностью колонны в точке  $p$ .

Явление ослабления ГМП возникает при выполнении условия:

$$0 \leq |\vec{H}_i(p)| < |\vec{H}_{ГМП}|. \quad (5)$$

Оценку уровня ослабления ГМП будем выполнять с помощью коэффициента ослабления ГМП  $G(p)$  [11]:

$$G(p) = \frac{|\vec{H}_i(p)|}{H_{ГМП}} = \frac{|\vec{H}_{ГМП} + \vec{H}_{i_{ГМП}}(p)|}{H_{ГМП}}, \quad 0 \leq G < 1. \quad (6)$$

Выразим объем колонны  $V_k$  (рис. 2) через его радиус  $r$  и коэффициент протяженности  $b$ :

$$V_k = 2\pi r^3 b, \quad \text{где } b = 0,5h/r. \quad (7)$$

Из (7) следует, что  $V_k$  линейно зависит от коэффициента протяженности  $b$  колонны.

Коэффициент размагничивания  $N$  колонны зависит от коэффициента его протяженности  $b$  нелинейно и изменяется, приблизительно, от 0,3 до 0,0004 [12], при изменении  $b$  от 1 до 100:

$$N = F(b). \quad (8)$$

Существенное влияние на уровень ослабления ГМП также может оказывать материал колонны, характеризующийся магнитной проницаемостью  $\mu_n$  (3). Так, широко используемые в строительстве конструкционные стали имеют  $\mu_n \approx 100 - 300$  [12]. Минимальные значения  $\mu_n = 1,01 - 1,02$  имеют маломангнитные стали (например, 45Г17Ю3), используемые для снижения магнитного поля корпусов кораблей [13].

Оценим свойство колонны ослаблять ГМП до опасного уровня (ее гипогеомагнитность) по величине объема пространства  $V_{Gn}$ , в котором  $G(p) \leq 0,9$  (рис. 2). Для этого будем использовать коэффициент гипогеомагнитности ослабления ГМП колонной. Его значение равно объему  $V_{Gn}$ , отнесенному к кубу радиуса  $r$  колонны:

$$K_{ГК} = \frac{V_{Gn}}{r^3}. \quad (9)$$

Тогда опасное ослабление ГМП будет отсутствовать при  $K_{ГК} \approx 0$  и увеличиваться при росте  $K_{ГК}$ .

Рассмотренный подход может быть использован для моделирования и оценки ослабления ГМП межэтажными перекрытиями [4]. Однако реальные железобетонные колонны и перекрытия содержат тысячи распределенных в пространстве армирующих стальных элементов [3, 4, 14], что приводит к необходимости создания упрощенных моделей железобетонных конструкций, позволяющих упростить моделирование ГМП в помещениях с приемлемой для инженерных расчетов погрешностью.

Такая модель предложена авторами в [4]. Она основана на замене сложной многоэлементной железобетонной конструкции с объемом  $V_k$ , содержащей ферро-

магнитные элементы с суммарным объемом  $V_\phi$  и магнитной проницаемостью  $\mu_n$ , на эквивалентную ферромагнитную конструкцию с аналогичными внешней граничной поверхностью и объемом  $V_k$ , которая с ограниченной погрешностью [4] может быть охарактеризована эквивалентной магнитной проницаемостью  $\mu_3$ :

$$\mu_3 \approx (\mu_n - 1)K_V + 1; \quad K_V = \frac{V_\phi}{V_k}. \quad (10)$$

Для численного моделирования ГМП в отдельном помещении дома авторами предложена [4, 5] экспериментально обоснованная упрощенная физическая модель (рис. 3,а), содержащая железобетонные элементы, охватывающие помещение с  $b = 20$ , и позволяющая с ограниченной погрешностью оценить уровень ослабления ГМП в отдельном помещении дома.

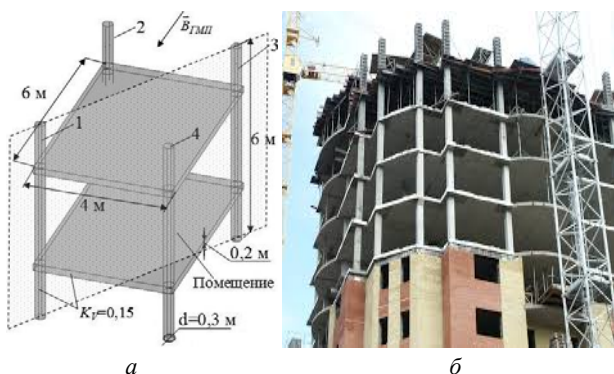


Рис. 3. Упрощенная физическая модель железобетонной конструкции (а), определяющая уровень ослабления ГМП в помещении типового каркасно-монолитного дома (б)

Дальнейший анализ будем проводить на основе предложенных выше упрощенных моделей отдельных железобетонных строительных конструкций, а также упрощенной физической модели помещения дома.

**Синтез методов нормализации ГМП в помещениях.** Под нормализацией ГМП подразумеваем меры, позволяющие минимизировать объем пространства  $V_{Gn}$ , где уровень индукции ГМП ослаблен более чем на 10 % от естественного ГМП, которые позволяют обеспечить комфортный уровень проживания населения в соответствии с [7]. Тогда с учетом (6) – (9) условия нормализации ГМП в помещении:

$$V_{Gn} \rightarrow 0, \text{ при } G_{\Pi} = 0,9. \quad (11)$$

Очевидно, что нормализация ГМП в помещении будет обеспечена, если каждый из стальных элементов дома, а также стальной каркас конструкции дома в целом, не будет ослаблять ГМП более чем на 10 %.

*Методы нормализации ГМП вблизи колонны.* Из (11) с учетом [11] следует, что нормализация ГМП обеспечивается при минимизации коэффициента гипогеомагнитности колонны  $K_{ГК}$ :

$$K_{ГК} \rightarrow 0. \quad (12)$$

В соответствии с (3), (9) значение  $K_{ГК}$  может быть представлено выражением:

$$K_{ГК} = F(V_k, N, \mu_3) \quad (13)$$

и зависит от таких параметров колонны, как ее объем  $V_k$ , коэффициент размагничивания  $N$  и относительная эквивалентная магнитная проницаемость  $\mu_3$ .

Из (7, 8) следует, что  $V_k$  и  $N$  являются функциями от  $b$ . Тогда  $K_{ГК}$  в соответствии с (13) также является функцией от  $b$

$$K_{ГК} = F(b, \mu_3) \quad (14)$$

и меры по нормализации ГМП колонны могут быть сведены к оптимизации ее параметров  $b$  и  $\mu_3$ .

Исследуем зависимость  $K_{ГК}$  от  $b$  для цилиндрической колонны (рис. 2) на основе разработанного в [11] аналитического метода расчета магнитостатического поля для задач с осевой симметрией, основанного на концепции вторичных источников с использованием фиктивных магнитных зарядов, расположенных вне граничной поверхности ферромагнитного тела. Исследование проведем для наихудших условий ( $G_{\Pi} = 0,9$ ;  $\mu_n = 300$ ;  $V_k = 0,15$ ;  $\mu_3 = 45$ ) и  $B_{0z} = 46,6$  мкТл).

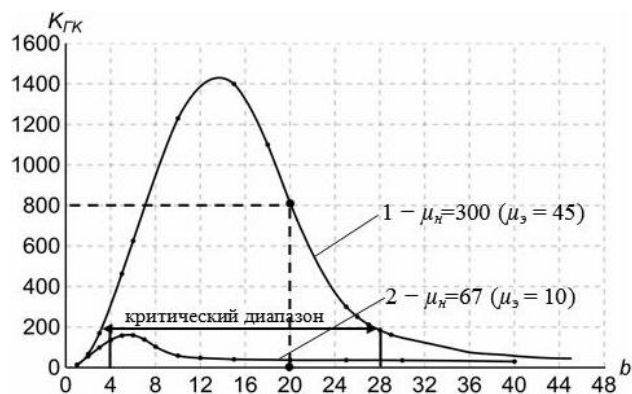


Рис. 4. Функциональная зависимость коэффициента гипогеомагнитности  $K_{ГК}$  цилиндрической колонны от  $b$  при  $G_{\Pi} = 0,9$  и различных значениях магнитной проницаемости

Эта зависимость в виде кривой 1 представлена на рис. 4 и имеет экстремум из-за взаимодействия конкурирующих процессов роста  $K_{ГК}$  при росте  $V_k$  и его спада при уменьшении  $N$  из-за роста  $b$  [11]. Анализ рис. 4 позволяет сформулировать условие нормализации ГМП вблизи колонны, основанное на исключении попадания значений  $b$  в критический диапазон:

$$4 > b > 28. \quad (15)$$

Согласно (10) и (13) нормализация ГМП также может быть проведена путем уменьшения эквивалентной магнитной проницаемости  $\mu_3$  колонны:

$$\mu_3 = F(\mu_n \cdot K_V), \quad (16)$$

что может быть достигнуто при уменьшении доли ферромагнитных элементов в объеме железобетонной колонны (уменьшении коэффициента  $K_V$ ), а также при уменьшении магнитной проницаемости  $\mu_n$  материала колонны.

Исследования зависимости  $K_{ГК}$  от  $\mu_n$  показали, что при уменьшении  $\mu_n$  до значений 50-70 и  $b = 20$ , значение  $K_{ГК}$  становится близким к нулю (кривая 2 на рис. 4) и искажения ГМП стальной колонной становятся незначительными.

Результаты проведенного выше анализа путей нормализации ГМП на примере цилиндрической стальной колонны могут быть распространены на другие протяженные стальные конструктивные элементы зданий, а в части уменьшения  $\mu_n$  – на предложенную физическую модель конструкции помещения (рис. 3,а) в целом. Обоснованность такого подхода подтверждается результатами дальнейших исследований.

*Методы нормализации ГМП в помещениях.* На рис. 5 предложены методы нормализации ГМП, полученные на основе проведенного выше анализа.



Рис. 5 Методы нормализации геомагнитного поля в помещениях современных домов

Эффективным является метод 1.1 (рис. 5). Однако его практическая реализация ограничена необходимостью обеспечения достаточной прочности конструкции дома, что для современных каркасно-монолитных домов определяется долей ферромагнитных стальных элементов в их объеме (10). Данный метод естественно реализуется в деревянных и кирпичных малоэтажных домах (коттеджах), если использование в них стальных строительных конструкций ограничено.

Наиболее перспективным методом нормализации ГМП в помещениях современных многоэтажных домов является метод 1.2 – использование при строительстве домов специальных слабомагнитных конструкционных сталей с  $\mu_n = (50-70)$ . Эффективность этого метода иллюстрируется на рис. 6, 7, где представлены сравни-

тельные результаты численного моделирования в среде COMSOL Multiphysics распределения ГМП внутри помещения каркасно-монолитного дома (рис. 3) при использовании стандартной конструкционной стали с  $\mu_n = 300$  и  $\mu_3 = 45$  (а) и специальной слабомагнитной конструкционной стали с  $\mu_n = 67$ ,  $\mu_3 = 10$  (б).

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность этого метода, позволяющего нормализовать ГМП в помещении с уровня 36 мкТл до комфортного уровня 46 мкТл. Однако для его практической реализации необходимо создание и освоение в Украине технологии серийного производства слабомагнитных конструкционных строительных сталей с нормируемой начальной магнитной проницаемостью, которая не должна превышать 70 единиц.

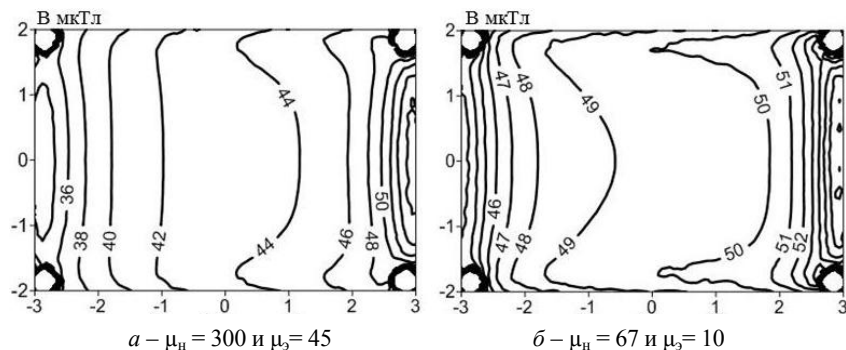


Рис. 6. Распределение индукции МП в помещении на высоте 0,5 м от поверхности пола при использовании в его железобетонных конструкциях стандартной (а) и специальной (б) конструкционной стали

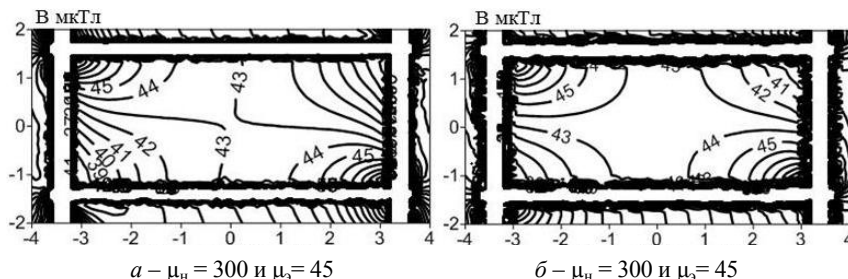


Рис. 7. Распределение индукции ГМП в помещении (рис. 8,б) на вертикальной плоскости, проходящей через оси колонн 1 и 3 при высоте колонн 6 м (а) и 18 м (б)

Эффективность метода 2.1 (рис. 5), основанного на увеличении относительной протяженности  $b$  колонн в соответствии с (15) (с  $b = 20$  до  $b = 60$ ) иллюстрируется на рис. 7, 8. Для рассматриваемого примера метод позволяет уменьшить ослабление ГМП вблизи колон-

ны 1 (рис. 3,а) с 39 мкТл (рис. 7,а) до 43 мкТл (рис. 7,б). Практическая реализация этого метода достигается при соединении стальной арматуры колонн с помощью ферромагнитных муфт (рис. 8,а) вместо сварки или скрутки, что позволяет сохранить однородность

магнитной проницаемости колонн в месте соединения ее стальной арматуры и осуществить фактическое удлинение колонн с 6 м (рис. 3,а) до 18 м (рис. 8,б).

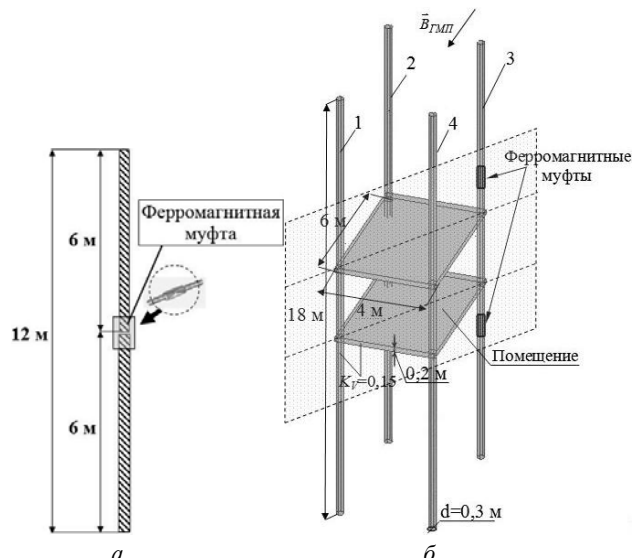


Рис. 8. Соединение стальной арматуры колонн с помощью ферромагнитных муфт (а) и модель помещения при удлинении колонн до 18 м (б)

Метод уменьшения относительной протяженности  $b$  колонн до значений менее 4 (2.2 на рис. 5) может быть реализован при разделении стальной арматуры колонн на отдельные фрагменты с немагнитными вставками, не попадающими в критический диапазон  $b$  (выполнении условия  $b < 4$ ), а также при исключении из конструкции отдельных ферромагнитных элементов с  $b$  более 4.

Метод 3.1 (рис. 5) размагничивания стальных строительных конструкций перед их монтажом позволяет уменьшить остаточную намагниченность (2). Он находит практическое применение при строительстве экологически чистых домов в Европе [15] и может быть рекомендован для отечественных строительных технологий. Реализация этого метода требует применения размагничивающих установок на строительных площадках.

При использовании метода 3.1, важно одновременное использование и метода 3.2, уменьшающего намагничивание конструкций при их электросварке в процессе строительства. Метод 3.2 реализуется при максимальном приближении точки присоединения заземляющего провода сварочного аппарата к месту электросварки.

На основе разработанных методов нормализации ГМП (рис. 5) могут быть предложены следующие практические рекомендации по нормализации статического ГМП в помещениях жилых домов в процессе их проектирования и строительства:

а) использование при строительстве домов слабомагнитных сталей с относительной начальной магнитной проницаемостью менее 70;

б) максимально возможное снижение доли ферромагнитных материалов в объеме железобетонной конструкции;

в) проектирование домов с ограничением применения стальных элементов, которые попадают в критический диапазон коэффициента удлинения их конструкции  $b$  (выполнение условия  $4 > b > 28$ );

г) удлинение стальной арматуры колонн и перекрытий до значений, превышающих критический диапазон  $b$  (выполнение условия  $b > 28$ ) с использованием ферромагнитных муфт, обеспечивающих высокую магнитную проницаемость в местах соединений стальных конструктивных элементов;

д) использование технологии размагничивания стальной арматуры перед ее монтажом для снятия остаточной намагниченности и применение технологии монтажа стальной арматуры, не приводящих к ее намагничиванию в процессе строительства.

#### Выводы.

1. Показано, что современные каркасно-монолитные жилые дома характеризуются значительным ослаблением статического геомагнитного поля (ГМП) и для обеспечения безопасных условий проживания требуется нормализация ГМП в их помещениях до значений не менее 90 % от естественного уровня.

2. На основе методов математического моделирования и экспериментальных исследований явления ослабления ГМП в жилых помещениях с использованием предложенных упрощенных физических моделей железобетонных строительных конструкций как источников ослабления ГМП, впервые научно обоснованы методы нормализации ГМП в помещениях жилых домов, реализуемые на этапах их проектирования и строительства без применения специальных конструктивных элементов.

3. Впервые предложены практические рекомендации по особенностям проектирования и строительства «магниточистых» жилых домов, обеспечивающих комфортные условия проживания населения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6698:2009 – [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України 2011 – 71 с. – (Національний стандарт України).
2. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ): ДСТУ 3760:2006 – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України 2007 – 28 с. – (Національний стандарт України).
3. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 448 с.
4. Розов В.Ю., Левина С.В. Моделирование статического геомагнитного поля внутри помещений современных жилых домов // Технічна електродинаміка. – 2014. – №4. – С. 8-10.
5. Розов В.Ю., Пелевин Д.Е., Левина С.В. Экспериментальные исследования явления ослабления статического геомагнитного поля в помещениях // Електротехніка і електромеханіка. – 2013. – №6. – С. 72-76.
6. Сердюк А.М., Григор'єв П.Є., 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. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 – [Acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf).
8. Розов В.Ю., Резинкина М.М., Думанский Ю.Д., Гвозденко Л.А. Исследование техногенных искажений геомагнитного поля в жилых и производственных помещениях и определение путей их снижения до безопасного уровня // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2008. – Ч. 2. – С. 3-8.

9. Пелевін Д.Є. Системи компенсації техногенних спотворень геомагнітного поля на робочих місцях оперативного персоналу електроенергетичних об'єктів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / Пелевін Дмитро Євгенович, НТЦ МТО НАНУ. – Х., 2010. – 21 с.
10. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Кулешова Д.С. Концепция восстановления геомагнитного поля в экранированных объектах // Технологии электромагнитной совместимости. – 2010. – №4. – С. 35-43.
11. Розов В.Ю., Реуцкий С.Ю., Левина С.В. Исследование явления ослабления статического геомагнитного поля стальной колонной // Технічна електродинаміка. – 2014. – №1. – С. 12-19.
12. Яновский Б.М. Земной магнетизм. – М.-Л.: Изд. ГЛАВСЕВМОРПУТИ, 1941. – 283 с.
13. Григорьев Б.П. Актуальные проблемы снижения физических полей судов // Международная конференция по судостроению. Труды. Секция F. Судовая электродинамика, магнетизм и гидрофизика. – Санкт-Петербург: Изд-во ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1994. – С. 169-176.
14. 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.: Изд. Факт, 2004. – 106 с.
15. <http://www.baufritz.com>.

#### REFERENCES

1. DBN В. 2.6698:2009. *Konstruktzii budynkiv i sporyd. Betonni ta zalizobetonni konstrukcii. Osnovni polozhennia* [National Standard DBN В. 2.6698:2009. Construction of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions]. Kyiv, Minrehionbud Publ., 2011. 71 p. (Ukr).
2. DSTU 3760:2006. *Prokat armaturnnyi dlia zalizobetonnykh konstruktsii. Zahalni tekhnichni umovy* [National Standard DSTU 3760:2006. Reinforcing steel bars for concrete reinforcement. General technical conditions]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy Publ., 2007. 28 p. (Ukr).
3. Setkov V.I., Serbin E.P. *Stroitel'nye konstruktsii* [The building structures]. Moscow, INFRA-M Publ., 2005. 448 p. (Rus).
4. Rozov V.Yu., Levina S.V. Modeling of the static geomagnetic field indoor dwelling houses. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical electrodynamic*, 2014, no.4, pp. 8-10. (Rus).
5. Rozov V.Yu., Pelevin D.Ye., Levina S.V. Experimental research into indoor static geomagnetic field weakening phenomenon. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2013, no.6, pp. 72-76. (Rus).
6. Serduk A.M., Grigoriev P.Ye., Akimenko V.Y., 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 – Environment and Health*. 2010, no.3, pp. 8-11. (Ukr).
7. *Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008* [Acting from July 2008]. Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008, 5 p. Available at: [www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf](http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf).
8. Rozov V.Yu., Rezinikina M.M., Dumanskiy Yu.D., Gvozdenko L.A. The study of man-caused distortions in the geomagnetic field of residential and industrial buildings and to identify ways to reduce them to a safe level. *Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyj vypusk «Problemy suchasnoyi elektrotehniky» – Technical electrodynamic. Thematic issue «Problems of modern electrical engineering»*. 2008, chapter 2, pp. 3-8. (Rus).
9. Pelevin D.Ye. *Systemy kompensatsii tekhnohennykh spotvoren heomahnitnoho polia na robochyykh mietsiakh operatyvnoho personalu elektroenerhetychnyykh ob'ektiv*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Systems of compensation of technogenic distortions of the geomagnetic field on working places of operative personnel of electrical-power objects. Abstracts of cand. tech. sci. diss.]. Kharkiv, 2010. 21 p. (Ukr).

10. Ryabov Yu.G., Lomaev G.V., Kuleshova D.S. Idea of geomagnetic field recovery in screened objects. *Tekhnologii elektromagnitnoi sovместимости – Technologies of electromagnetic compatibility*, 2010, no.4, pp. 35-43. (Rus).
11. Rozov V.Yu., Reutskiy S.Yu., Levina S.V. The study of the effect of weakening of static geomagnetic field by steel columns. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical electrodynamic*, 2014, no.1, pp. 12-19. (Rus).
12. Janowski B.M. *Zemnoi magnetizm* [Earth's magnetism]. Moscow-Leningrad, Glavsevmorputi Publ., 1941. 283 p. (Rus).
13. Grigor'ev B.P. Actual problems of physical field reduction of ships. *Mezhdunarodnaia konferentsiia po sudostroeniui. Trudy. Sektsiia F. Sudovaia elektrodinamika, magnetizm i gidrofizika* [International Conference of Shipbuilding. Proceedings. Section F. Ship electrodynamic, magnetism and hydrophysics]. Saint Petersburg, Publishing of TsNII im. acad. A.N. Krylov, 1994, pp. 169-176. (Rus).
14. Horodetskii A.S., Batrak L.H., Horodetskii D.A., Lezniuk M.V., Yusipenko S.V. *Raschet i proektirovanie konstruktsii vysotnykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona* [The calculation and design construction the high-rise building of reinforced concrete]. Kyiv, Fact Publ., 2004. p. 106. (Rus).
15. Available at: <http://www.baufritz.com> (accessed 06 March 2015).

Поступила (received) 10.03.2015

Розов Владимир Юрьевич<sup>1</sup>, д.т.н., чл.-корр. НАН Украины, Завальний Александр Вячеславович<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Золотов Сергей Михайлович<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Грецьких Светлана Владимировна<sup>1</sup>, м.н.с.,  
<sup>1</sup> Государственное учреждение «Институт технических проблем магнетизма Национальной Академии Наук Украины», 61106, Харьков, ул. Индустриальная, 19, а/с 72, e-mail: gretskiyh@gmail.com  
<sup>2</sup> Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, 61002, Харьков, ул. Революции, 12, e-mail: Azavalniy@i.ua

V.Yu. Rozov<sup>1</sup>, A.V. Zavalnyi<sup>2</sup>, S.M. Zolotov<sup>2</sup>, S.V. Gretsikh<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> State Institution «Institute of Technical Problems of Magnetism of the NAS of Ukraine», 19, Industrialna Str., Kharkiv, 61106, Ukraine.

<sup>2</sup> O.M. Beketov Kharkiv National University of Municipal Economy, 12, Revolution Str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

#### The normalization methods of the static geomagnetic field inside houses.

In the paper, we show the necessity of normalization of the static geomagnetic field (GMF) inside high-rise frame-monolithic houses to safe values (90% of the natural rate at least). Massive ferromagnetic construction of these buildings significantly (up to 50 %) weakens the natural GMF. The normalization methods are based on mathematical modeling of GMF in a residential area. Simplified physical models of reinforced concrete building structures are developed and used. The results of experimental studies are also used in the framework of the development of the methods. The following methods of normalization of GMF are presented and justified: 1) the use of special steel with a relative permeability less than 70 in housing construction; 2) restrictions on the use of long steel elements with the elongation coefficient in the critical range of  $4 < b < 28$ ; 3) demagnetization of steel reinforcement before installing; 4) preventing the magnetization of steel reinforcement in the construction process. Practical recommendations for the design of «magnetic clean» houses with comfortable living conditions in connection to the GMF are proposed. References 15, figures 8.

Key words: static magnetic field, reinforced concrete structures, normalization of the geomagnetic field in the premises.