

Графкина М.В., д-р техн. наук, проф.,
Нюнин Б.Н., д-р техн. наук, проф.,
Свиридова Е.Ю., канд. техн. наук

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

evg_sviridova@mail.ru

В настоящее время при проведении экологического мониторинга состояния окружающей среды низкочастотные электромагнитные и инфразвуковые поля рассматриваются отдельно без учета их взаимного воздействия на биологический объект. Однако в научной литературе имеются сведения, показывающие влияние шума на электрические характеристики тела человека, что подтверждает целесообразность определения интегрального энергетического низкочастотного воздействия на человека и окружающую среду. Авторами предложен новый подход к экологическому мониторингу инфразвуковых и низкочастотных электромагнитных полей на основе определения энергетических параметров. Теоретически обоснована возможность определения интегрального энергетического воздействия инфразвуковых и низкочастотных электромагнитных полей с учетом взаимного влияния этих факторов на биологический объект. Предложен метод определения интегрального показателя энергетического низкочастотного негативного воздействия на основе измерения комплексных интенсивностей инфразвукового и низкочастотного электромагнитного полей. Приведены результаты экспериментов по исследованию энергетических параметров инфразвука и низкочастотного электромагнитного поля.

Ключевые слова: экологический мониторинг, низкочастотное электромагнитное поле, инфразвуковое поле, энергетические параметры, комплексная интенсивность, интегральный показатель воздействия.

Антропогенное неблагоприятное воздействие на окружающую среду включает в себя ингредиентное и энергетическое загрязнение. При проведении экологического мониторинга ингредиентного загрязнения существуют методики определения интегральных показателей негативного воздействия различных вредных веществ. Суммарное энергетическое воздействие в настоящее время не определяется, в связи с чем невозможно объективно оценить общий уровень различных видов полей и их негативное влияние на биологические объекты. В связи с этим актуальным является развитие системы эколого-энергетического мониторинга низкочастотных параметров окружающей среды.

Основными источниками низкочастотных электромагнитных полей (ЭМП) являются: линии электропередачи, силовые трансформаторные подстанции, распределительные пункты системы энергоснабжения, воздушные электрические сети, транспорт, сети питания наземного электротранспорта и т.д. Источники инфразвука на урбанизированных территориях – системы вентиляции, транспортные потоки, резонансные явления в конструкциях зданий т.д.

В научной литературе имеются сведения, показывающие влияние шумового воздействия на электрические характеристики тела человека [1,2]. Суммарное энергетическое воздействие на биологический объект инфразвуковых и электромагнитных полей, таким образом, может рассматриваться как сложная система, предусмат-

ривающая взаимное влияние факторов, не подчиняющихся аддитивным законам.

Имея определенные наработки в области исследования низкочастотных электромагнитных и инфразвуковых полей [3], авторы считают целесообразным проведение экологического мониторинга низкочастотных полей и определение интегрального энергетического воздействия на человека и природную среду инфразвука и электромагнитных полей промышленной частоты.

Существующий порядок мониторинга электромагнитных низкочастотных полей на урбанизированных территориях предполагает отдельное измерение напряженности электрического поля (Е, В/м) и напряженности магнитного поля (Н, А/м). Считается, что электромагнитная волна в ближней зоне источника излучения еще не сформировалась, поэтому при проведении мониторинга низкочастотных электромагнитных полей энергетические параметры ЭМП в настоящее время не измеряются. Нормирование по энергетическим показателям в настоящее время имеет место только для ЭМП радиочастотного спектра (в этом случае нормируется энергетическая экспозиция и плотность потока энергии). В тоже время для определения энергетических параметров шума в ближней зоне источника существуют определенные методики [4].

Учитывая схожесть волновых процессов, происходящих в звуковом и электро-

магнитном поле, авторы предлагают новые подход к мониторингу инфразвуковых и низкочастотных электромагнитных полей - переход от измерения амплитудных характеристик к определению энергетических параметров

Для инфразвуковых и низкочастотных ЭМП энергетическими параметрами являются комплексная интенсивность, активная интенсивность и реактивная интенсивность. Реактивная интенсивность характеризует процесс периодического обмена энергией между источником энергии и ближней зоной. Энергия то забирается от источника и накапливается в поле, то отдается обратно источнику. Активная интенсивность характеризует процесс излучения энергии. В общем виде вектор комплексной интенсивности \vec{I}_k равен:

$$\vec{I}_k = \vec{I}_a + i\vec{I}_i; \quad (1)$$

где I_a - вектор активной интенсивности, Вт/м²; I_i - вектор реактивной интенсивности, Вт/м².

Для определения суммарного энергетического негативного воздействия на окружающую среду и биологические объекты сначала определяем активную и реактивную интенсивности инфразвукового и электромагнитного поля:

$$I_{a_u} = \sqrt{I_{a_{u,x}}^2 + I_{a_{u,y}}^2 + I_{a_{u,z}}^2}; \quad (2)$$

где I_{a_u} - активная интенсивность инфразвукового поля, Вт/м²; $I_{a_{u,x}}$ - активная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось X, Вт/м²; $I_{a_{u,y}}$ - активная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось Y, Вт/м²; $I_{a_{u,z}}$ - активная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось Z, $\frac{Вт}{м^2}$.

$$I_{i_u} = \sqrt{I_{i_{u,x}}^2 + I_{i_{u,y}}^2 + I_{i_{u,z}}^2}; \quad (3)$$

где I_{i_u} - реактивная интенсивность инфразвукового поля, Вт/м²; $I_{i_{u,x}}$ - реактивная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось X, Вт/м²; $I_{i_{u,y}}$ - реактивная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось Y, Вт/м²; $I_{i_{u,z}}$ - реактивная интенсивность инфразвукового поля в проекции на ось Z, Вт/м².

$$I_{a_u} = \sqrt{I_{a_{u,x}}^2 + I_{a_{u,y}}^2 + I_{a_{u,z}}^2}; \quad (4)$$

где I_{a_u} - активная интенсивность электромагнитного поля, Вт/м²; $I_{a_{u,x}}$ - активная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось X, Вт/м²; $I_{a_{u,y}}$ - активная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось Y, Вт/м²; $I_{a_{u,z}}$ - активная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось Z, Вт/м².

$$I_{i_u} = \sqrt{I_{i_{u,x}}^2 + I_{i_{u,y}}^2 + I_{i_{u,z}}^2}; \quad (5)$$

где I_{i_u} - реактивная интенсивность электромагнитного поля, Вт/м²; $I_{i_{u,x}}$ - реактивная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось X, Вт/м²; $I_{i_{u,y}}$ - реактивная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось Y, Вт/м²; $I_{i_{u,z}}$ - реактивная интенсивность электромагнитного поля в проекции на ось Z, Вт/м².

После этого определим комплексные интенсивности инфразвукового и электромагнитного поля:

$$I_{k_u} = \sqrt{I_{a_u}^2 + I_{i_u}^2}; \quad (6)$$

где I_{k_u} - комплексная интенсивность инфразвукового поля, Вт/м².

$$I_{k_e} = \sqrt{I_{a_e}^2 + I_{i_e}^2}; \quad (7)$$

где I_{k_e} - комплексная интенсивность электромагнитного поля, Вт/м².

Инфразвуковое и электромагнитное поле негативно воздействуют на биологический объект:

$$I_{k_u} \rightarrow V_u;$$

$$I_{k_e} \rightarrow V_e;$$

где V_u - негативное воздействие на биологический объект, вызванное инфразвуковым полем; V_e - негативное воздействие на биологический объект, вызванное электромагнитным полем.

В настоящее время воздействие электромагнитного и инфразвукового поля нормируется раздельно без учета их взаимного влияния на биологический объект. Суммарное энергетическое воздействие подчиняется аддитивной функции ($Y=A+B$). При этом интегральный показатель энергетического низкочастотного негативного воздействия

равен:

$$V_{\text{итт}} = \kappa_1 \cdot V_u + \kappa_2 \cdot V_3; \quad (8)$$

где κ_1 - весовой коэффициент негативного воздействия на биологический объект инфразвукового поля; κ_2 - весовой коэффициент негативного воздействия на биологический объект электромагнитного поля.

Однако учитывая данные, приведенные в [1,2] и влияние шума на электрические характеристики человека, интегральный показатель энергетического низкочастотного негативного воздействия должен определяться с учетом взаимного влияния инфразвуковых и электромагнитных полей:

$$V_{\text{итт}} = V_u + V_3 + f(V_u V_3); \quad (9)$$

где $f(V_u V_3)$ - функция, учитывающая взаимное влияние воздействий инфразвукового и низкочастотного электромагнитного полей на биологический объект;

$$V_{\text{итт}} \rightarrow \sqrt{I_{\kappa_u}^2 + I_{\kappa_3}^2 + f(I_{\kappa_u} I_{\kappa_3})}; \quad (10)$$

где $f(I_{\kappa_u} I_{\kappa_3})$ - функция, учитывающая взаимное влияние инфразвукового и низкочастотного электромагнитного полей на биологический объект.

Для практической реализации сформулированных теоретических положений авторами проведены измерения энергетических параметров инфразвука и низкочастотного ЭМП.

В заглушенной камере (замкнутый объем) на основе измерений колебательной скорости

частиц воздуха и звукового давления было определено пространственное распределение активной и реактивной интенсивности от инфразвукового источника на частоте 6 Гц. Уровень активной и реактивной интенсивности доходил до 50 дБ.

Для экспериментального определения энергетических параметров низкочастотного ЭМП была разработана измерительная система, которая состояла из антенн измерительных, октафонного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а также двухканального анализатора спектра. В качестве источника ЭМП промышленной частоты была использована лабораторная установка на основании трансформатора ТУ 16-717.137-83 с напряжением первичной цепи 220 В и нагрузкой на вторичную цепь в 150 Вт.

При проведении интенсивметрических измерений одновременно измерялись напряженности электрического и магнитного полей, после этого преобразованный с помощью АЦП сигнал передавался на анализатор спектра и определялась активная интенсивность (при этом угол между антеннами составлял 90 градусов).

В результате эксперимента был получен спектр активной интенсивности низкочастотного ЭМП в ближней зоне источника излучения в абсолютных единицах (рис. 1). Активная интенсивность положительна, т.е. имеет направление от источника излучения. Максимальное значение на частоте 50 Гц достигает 8,7 кВт/м².

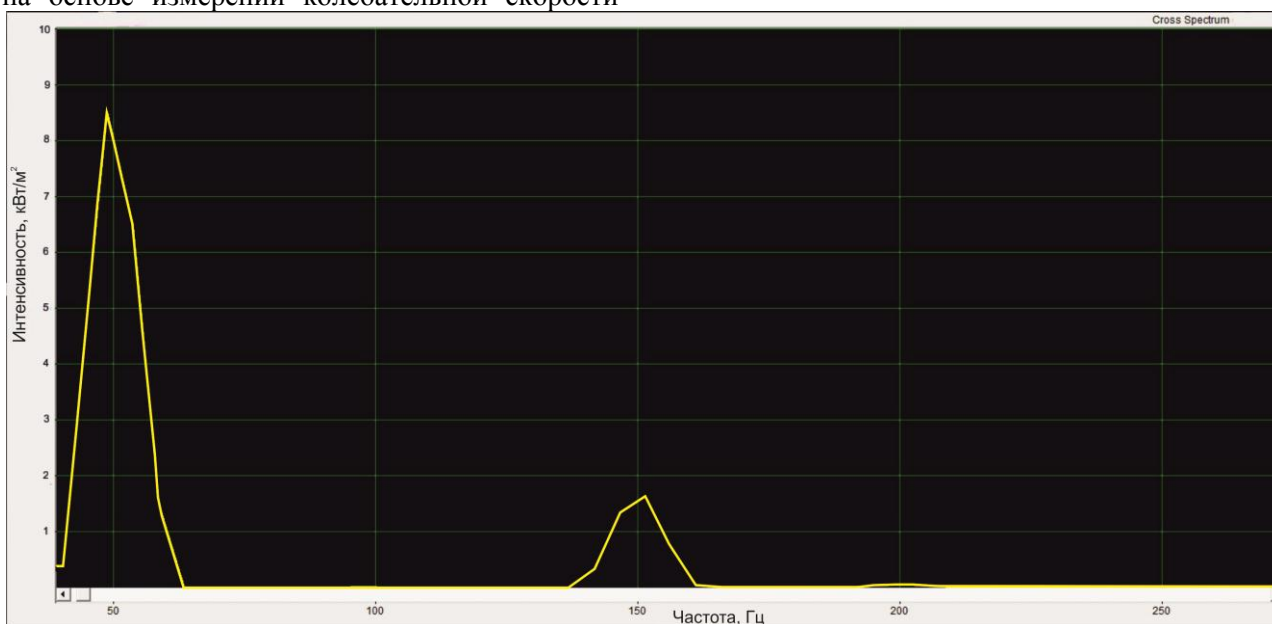


Рис. 1. Спектр активной интенсивности низкочастотного ЭМП в ближней зоне источника излучения

Проведение эколого-энергетического мониторинга состояния окружающей среды позволит определить суммарное энергетическое воздействие различных видов физических

полей, объективно оценить их негативное влияние на биологические объекты, а также разработать наиболее эффективные методы защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зыкина Е.В., Елисеева Т.Л., Тряпицын А.Б. Экспериментальная установка для исследования влияния шума на электротехнические характеристики тела человека / Защита населения от повышенного шумового воздействия: сб. докладов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием // Санкт-Петербург, 2011. 775 с.
2. Кацай В.В. Влияние шума электрооборудования на электротехнические характеристики тела человека: дис.... канд. техн.наук. Челябинск. 2007. 109 с.
3. Графкина М.В., Свиридова Е.Ю. Экологический мониторинг инфразвуковых и электромагнитных полей транспортного потока // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2014. №10. С. 87-91.
4. Брюль и Кьер. Интенсивность звука. Дания, 2000. 44 с.