

регулятора или параметров модели как непрерывно, так и при возникновении определенных изменений в составе и свойствах поступающего в гидроциклон потока. Определение моментов необходимой коррекции может происходить, в том числе, на основе анализа изменения дисперсии ультразвукового сигнала, что соответствует изменению параметров суспензии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дик И.Г., Матвиенко О.В., Неессе Т. Моделирование гидродинамики и сепарации в гидроциклоне // Теоретические основы химической технологии. – 2000. – Т. 34, № 5. – С. 478-488.
2. Евтюшкин Е.В. Математическое моделирование движения дисперсной фазы и сепарации в гидроциклоне: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск: Государственный архитектурно-строительный университет, 2007.
3. Моркун В.С. Ультразвуковой контроль характеристик твердой фазы пульпы // Обогащение руд. – 1992. – № 2. – С. 41-45.
4. Надеждин О.В. Координатно-параметрическая идентификация динамической системы с векторными входом и выходом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2009. – № 6. – С. 50-63.
5. Мирошни, И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
6. Матвиенко О.В., Дик И.Г. Численное исследование сепарационных характеристик гидроциклона при различных режимах загрузки твердой фазы // ТОХТ. – 2006. – Т. 40, № 2. – С. 216-221.
7. Моркун В.С. Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов и адаптивное управление процессами измельчения-классификации руд на его базе: Дис. ... д-ра техн. наук. – Кривой Рог, 1999.
8. Надеждин О.В. Матричная идентификация нелинейного нестационарного объекта управления // Междун. школа-семинар БИКАМП-03: Сб. тр. – СПб.: СПбГУАП, 2003. – С. 68-71.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Радионов Владислав Михайлович – Криворожский национальный университет; e-mail: vm159@qip.ru; 50065, ул. Буденного, 1-29, г. Кривой Рог, Украина; тел.: +380679809340; кафедра компьютерных систем и сетей; аспирант.

Radionov Vladislav Mikhajlovich – Krivoy Rog National University; e-mail: vm159@qip.ru; 1-29, Budennogo Krivoy Rog street, 50065, Ukraine; phone: +380679809340; the department of computer systems and networks; postgraduate student.

УДК 534.231:621.3.092

С.В. Соломичева, В.П. Тарасюк

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В БАРАБАНЕ КОТЛА

При анализе типов и характеристик ультразвуковых преобразователей, с учетом рабочей температуры и других особенностей барабана котла, был выбран цилиндрический раздельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) из термоустойчивого пьезоматериала – ниобата лития (допустимая температура эксплуатации 1160 °С). Предложена модель акустического поля излучателя в ближней и дальней зонах вдоль оси излучения а также ее расхождения, что дает возможность оценить значения давления, интенсивности и смещения частиц звукового поля в любой точке излучения. Исследованы

характеристика и диаграмма направленности излучателя $\phi(\varphi)$, на основании ее определен угол расхождения пучка $2\varphi = 15,804$ град, относительно которого интенсивность излучения составит 98% от максимального значения. Предложена модель функции относительного звукового давления исходя из углового пространственного распределения и интенсивности излучения, на основании этого получен коэффициент преобразования для излучателя и приемника. Получены значения максимального (по акустической оси) и минимального (при интенсивности 98 %) напряжений на выходе приемника ПЭП, которые для воды составляет 0,1 мВ, для пара 0,2 мВ. Полученные уровни напряжений позволяют классифицировать уровни полученных сигналов в зависимости от среды отражения и, следовательно, определить уровень жидкости в барабане котла в одной точке излучения при сканировании пьезоэлектрическим преобразователем.

Звуковое поле; диаграмма направленности; пьезопластина; преобразователь.

S.V. Solomicheva, V.P. Tarasyuk

SIMULATION OF PIEZOTRANSDUCER'S ACOUSTIC FIELD OF ULTRASOUND LIQUID LEVEL GAUGE IN BOILER DRUM

In the analysis of types and characteristics of ultrasound transducers, taking into account the operating temperature and other characteristics of a boiler drum, the cylindrical piezoelectric transducer (PETs) of separately-combined type was chosen, thermosetting piezomaterial - lithium niobate (permissible operating temperature 1160 °C). It is proposed a model of the acoustic field radiator in the near and far zones of the radiation along the axis and also its divergence, that allows us to estimate the values of pressure, intensity and particle displacement of the acoustic field at any point of emission. It is investigated the characteristic and the directional diagram of transmitter $\phi(\varphi)$, on this basis it is defined the divergence angle of the beam $2\varphi = 15,804$ degree relative to which the radiation intensity will be 98% of the maximum value. a model of function of the relative acoustic pressure is proposed based on the angular and spatial distribution of the radiation intensity, based on the this the conversion factors for the transmitter and receiver are obtained. The values of the maximum (on the acoustic axis) and minimum (at an intensity of 98%) are obtained at the receiver output voltage PETs that for water is 0,1 mV and 0,2 mV for the steam. The resulting voltage levels allows to classify the received signal levels depending on the reflectance of the environment and hence determine fluid level in the boiler drum in the one radiation point during scanning the piezoelectric transducer.

Sound field; radiation pattern; piezoplate; converter.

Постановка проблемы. Существующие способы контроля уровня жидкости в барабане котла не позволяют производить контроль уровня в режиме реального времени с требуемым разрешением [1]. Следовательно, разработка и исследование метода и средства измерения уровня жидкости в толстостенном барабане котла без нарушения технологического процесса является актуальной проблемой. Нами было предложено производить оценку уровня с помощью ультразвукового эхолотационного метода. Уровень жидкости в барабане котла определяют по выходному сигналу приемника пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) с учетом особенностей прохождения ультразвука через стенку барабана котла и условий его отражения от границ сред сталь-вода, сталь-пар [2].

Целью данной работы является разработка и исследование математической модели характеристик направленности излучателя и приемника ПЭП, исследование параметров звукового поля с учетом особенностей среды излучения и для получения численной оценки уровня выходного сигнала приемника ПЭП ультразвукового измерителя уровня. Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработать модель звукового поля для выбранного ПЭП, которая учитывает затухание ультразвука в стенке барабана котла, с учетом характеристики пьезопластины и влияния доминирующего дестабилизирующего фактора – температуры, диапазон изменения которой 200–540 °С.

2. Путем имитационного моделирования исследовать характеристику направленности звукового поля излучателя и приемника, что позволит определить значения звукового давления и изменение его интенсивности в любой точке поля излучения.

3. Определить коэффициент преобразования звукового давления в выходное напряжение ПЭП для уточнения параметров полученной математической модели.

Основная часть. С целью усовершенствования предложенной ранее компьютеризированной системы контроля уровня жидкости в барабане котла систему ультразвуковых преобразователей [2] заменим сканирующим механизмом, который состоит из одного ПЭП и шагового двигателя со штангой, по которой происходит перемещение преобразователя относительно стенки барабана котла. Предложенная конструкция позволит: повысить экономическую эффективность, сократив количество датчиков до одного; повысить разрешающую способность, обеспечив смещение датчика на минимально возможное расстояние; избежать появления мертвых зон, возникающих при перекрытии звуковых полей нескольких ПЭП.

Схема измерения уровня жидкости в барабане котла сканирующей системой ультразвуковым эхо-методом в одной точке контроля представлена на рис. 1.

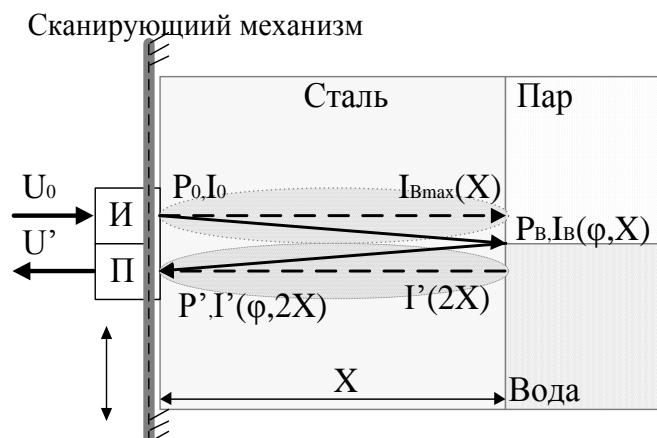


Рис. 1. Схема измерения уровня жидкости в барабане котла

При анализе типов и характеристик ультразвуковых преобразователей, с учетом рабочей температуры поверхности барабана котла, на которой необходимо разместить измерительный преобразователь [2], был выбран цилиндрический раздельно-совмещенный ПЭП из термоустойчивого пьезоматериала – ниобата лития (допустимая температура эксплуатации 1160 °С) [3]. Данный тип преобразователя состоит из объединенных конструктивно излучателя (И) и приемника (П). Такие преобразователи характеризуются низким уровнем собственных шумов, малой мертвой зоной, что обеспечивает повышенную чувствительность [4].

Для численной оценки значений выходной интенсивности приемника ПЭП при отражении ультразвукового сигнала от жидкости и пара необходимо получить интегральную характеристику направленности $\Phi(X)$ – отношение интенсивности

$I(X)$, создаваемой излучателем и приемником в направлении максимального излучения $I_{Bmax}(X)$, т.е. вдоль ширины стенки барабана, к интенсивности ненаправленного излучателя той же мощности на том же расстоянии $I(\varphi, X)$, т.е. угловое пространственное распределение, образующееся вокруг приемника звукового давления для раздельно-совмещенного:

$$\Phi(X) = |I(2X) / I(\varphi, 2X)|. \quad (1)$$

Согласно проведенным исследованиям [2], было установлено, что частота генерации УЗК, при которой затухание в структуре металла стенки барабана котла минимально, составляет порядка 2 МГц. Для стандартных пьезоизлучателей [4] амплитудное напряжение генерации УЗК составляет от 500 до 2000 В. Для оценки характеристик измерителя примем значение $U_0=1500$ В. Установим значение регистрируемого электрического сигнала U' на выходе приемника ПЭП. Для этого рассчитаем давление P и смещение χ частиц под действием давления в излучаемой преобразователем волне. Примем допущение, что демпфер между излучателем и стенкой барабана отсутствует, следовательно, затуханием и углом отклонения в демпфере можно пренебречь.

Воспользуемся формулой для коэффициента двойного преобразования, которое определяется произведением коэффициентов преобразования при излучении и приеме. В оптимальном режиме в отсутствии демпфера он составляет:

$$|K|_{\max} = |K_{\text{исм}}^p|_{\max} \cdot |K_{\text{пр}}^p|_{\max} = |K_{\text{исм}}^{\chi}|_{\max} \cdot |K_{\text{пр}}^{\chi}|_{\max},$$

где $|K_{\text{исм}}^p|_{\max}$, $|K_{\text{пр}}^p|_{\max}$ – коэффициенты преобразования источника и приемника по давлению, $|K_{\text{исм}}^{\chi}|_{\max}$, $|K_{\text{пр}}^{\chi}|_{\max}$ – коэффициенты преобразования источника и приемника по смещению. Для источника они равны

$$|K_{\text{исм}}^p|_{\max} = \frac{|P|}{U_0} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{4e} z \omega, \quad |K_{\text{исм}}^{\chi}|_{\max} = \frac{|\chi|}{U_0} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{4e}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; ε – относительная диэлектрическая проницаемость пьезопластины; e – пьезоконстанта Кл/м² (данные взяты для материала ниобат лития [4]); ω – частота.

В выражениях (2) амплитуда смещения χ связана с амплитудой давления P соотношением

$$|P| = |\chi z \omega|, \quad (3)$$

где Z_{st} – коэффициент затухания ультразвукового сигнала в стали.

Отсюда найдем смещение частиц χ и среднее звуковое давление P :

$$\chi(U_0) = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U_0}{4e} \Rightarrow \chi(1500) = 5,24 \cdot 10^{-7} [\text{м}], \quad (4)$$

$$P(U_0) \Rightarrow \chi \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot Z_{st} = 3,011 \cdot 10^8 [\text{Па}]. \quad (5)$$

Смещение частиц χ можно представить в виде

$$\chi = A \cdot \sin \omega(t - t') = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{cT}X\right), \quad (6)$$

где A – амплитуда колебаний.

Рассмотрим смещение частиц среды для продольной волны в направлении оси X на некотором расстоянии $x=88$ мм от излучателя по истечении времени $t'=x/c$. Величина смещения будет равна

$$\chi = A \cdot \sin(\omega t - kx), \quad k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (7)$$

где k – волновое число продольных волн. Данное выражение показывает связь величины смещения частиц среды в ультразвуковой волне со временем и координатой частицы x . Вдоль оси излучателя распространяются максимумы давления, колеблющиеся около средней величины. Давление, создаваемое ультразвуковой волной по акустической оси круглого излучателя на расстоянии X от его поверхности, определяется с учетом выражений (4) и (7) по формуле

$$\frac{P(x)}{P_0} = \left| P_0 2 \sin \left[\frac{\pi}{\lambda} \cdot (\sqrt{a^2 + x^2} - x) \right] \right|, \quad (8)$$

где a – радиус излучателя, мм; P_0 – давление, создаваемое преобразователем в любой точке под поверхностью раздела либо непосредственно на излучателе [4]. Зависимость акустического поля излучателя от расстояния вдоль оси излучения представлена на рис. 2:

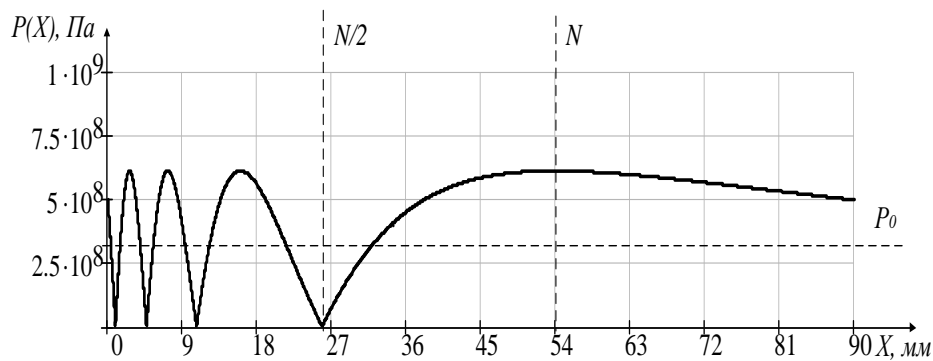


Рис. 2. Акустическое поле излучателя вдоль оси излучения

Из рис. 2 следует, что звуковое давление вдоль оси колеблется от нуля до удвоенного среднего значения. С удалением от источника расстояние между минимумами и максимумами увеличивается, а крутизна кривых изменения давления уменьшается. В точке $N/2$ находится глубокий минимум, а в точке N – последний максимум. Граница ближней зоны прямонаправленного преобразователя с круглым пьезоэлементом радиуса a определяется значением:

$$N = \frac{4a^2 - \lambda^2}{4\lambda} = 0,054, \text{ м.} \quad (9)$$

За пределами ближней зоны акустическое поле приобретает форму усеченного конуса с небольшим углом на вершине. Очевидно, что в данном случае интерес представляет дальняя зона излучения. В дальней зоне на расстоянии $r > 3N$ изменение давления в звуковой волне для площади излучателя S_a следует закону:

$$P = P_0 \frac{\pi N}{X} = P_0 \frac{S_a}{\lambda X}. \quad (10)$$

Давление в любой точке объекта контроля можно записать в виде

$$P = \int_{S_a} P_0 \frac{\exp|jkX|}{j\lambda r} dS. \quad (11)$$

Поскольку выражение (11) не учитывает угол расхождения ультразвукового луча, в зависимости от которого меняется интенсивность излучения, необходимо учесть диаграмму направленности $\phi(\varphi)$ в поле звукового давления (10), которая зависит от формы излучателя. Для круглой пластины диаграмма имеет вид

$$\phi(\varphi) = \frac{2\mathfrak{J}_1(x)}{x} = \frac{2\mathfrak{J}_1(ka \sin \varphi)}{ka \sin \varphi}, \quad (12)$$

где \mathfrak{J}_1 – функция Бесселя первого порядка; x – аргумент функции.

На основании энергетических представлений поле преобразователя в дальней зоне изображают в виде пучка лучей [4], которые расходятся в пределах угла 2φ , где угол $\varphi = \arcsin(0,61 \cdot \lambda / a)$; a – параметр, при котором функция обращается в нуль, равный диаметру излучателя:

$$2\varphi = \arcsin \left[0,61 \cdot \frac{\lambda}{2r} \right] = 0,276 \text{ рад.}, \quad 2\varphi = 15,804 \text{ град}, \quad \varphi = 7,9 \text{ град}. \quad (13)$$

Характеристика направленности с учетом угла расхождения ультразвукового луча представлена на рис. 4:

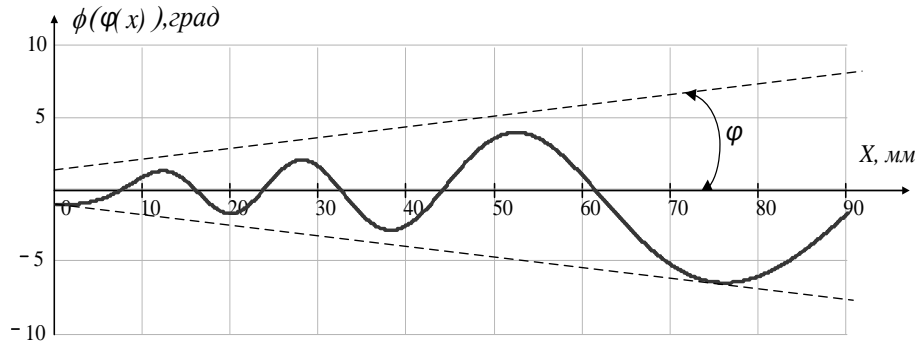


Рис. 4. Характеристика направленности ультразвукового луча по ширине стенки барабана 88 мм в декартовых координатах

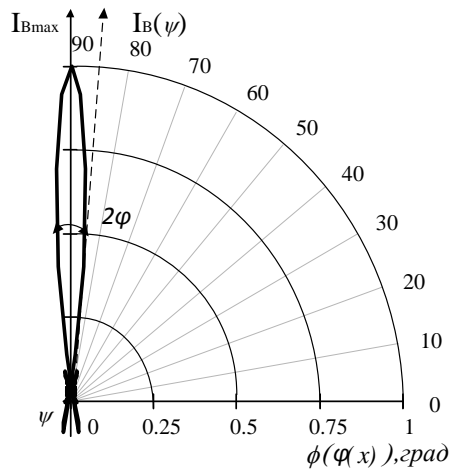


Рис. 5. Диаграмма направленности в полярной системе координат

Характеристику направленности чаще всего представляют в полярной системе координат и называют диаграммой направленности (рис. 5), направление, в котором амплитуда максимальна I_{Bmax} – акустической осью диаграммы, а расхождение в 2φ – диапазоном изменения интенсивности $I_B(\varphi)$ от угла φ .

С учетом диаграммы направленности (12) можно определить значение звукового поля в любой точке диапазона изменения интенсивности излучения 2φ :

$$P = \frac{P_0 S \exp|jkX|}{j\lambda X} \phi(\varphi). \quad (14)$$

Следовательно, на противоположной стенке (в точке B) барабана котла с учетом диаграммы направленности (14) и площади излучателя, получим интегральную характеристику звукового давления:

$$P_B(\varphi, T, U_0) = P_0(U_0) \int_0^{S/2} \frac{S}{j\lambda} \frac{e^{jk(T)Z_{st}(T)X}}{X} \phi(\varphi) dS. \quad (15)$$

В приведенной формуле (15) учтено влияние затухания ультразвука в стали $Z_{st}(T)$ [2] на структуру акустического поля. Определим значения звукового давления в точке B : $P_B = 33,82 \text{ Па}$, и на входе в приемник ПЭП: $P' = 16,75 \text{ Па}$. В формуле (15) подынтегральное выражение является интенсивностью ультразвукового сигнала, т.е.:

$$I(T, \varphi, X) = \int_0^{S/2} \frac{S}{j\lambda} \frac{e^{jk(T)X}}{X} \phi(\varphi) dS. \quad (16)$$

Из (16) получим модель функции относительного звукового давления, представляющую собой интенсивность излучения ультразвуковых колебаний в любой точке сканирования поля:

$$P_B(\varphi, T, U_0, X) = P_0(U_0) I(T, \varphi, X) \Rightarrow I(T, \varphi, X) = \frac{P_B(\varphi, T, U_0, X)}{P_0(U_0)}. \quad (17)$$

Для раздельно-совмещенного преобразователя с одной пластиной, коэффициент преобразования при излучении и приеме будет одинаковым, с учетом характеристики направленности и ширины стенки коэффициент преобразования примет вид:

$$K_{уст}^P = K_{пр}^P = \int_0^{S/2} \int_0^{2\pi} \frac{S}{j\lambda} \frac{e^{jk(T)X}}{X} \phi(\varphi) d\varphi dS. \quad (18)$$

Формула (18) позволяет рассчитать значение максимального регистрируемого электрического сигнала U' на выходе приемника ПЭП по акустической оси [4]:

$$U' = U_0 K_{уст}^P K_{отр}, \quad (19)$$

где $K_{отр}$ – коэффициенты отражения для жидкости и пара внутри барабана.

$$U'_{воды}^{\max} = 0,00107 \text{ В} = 0,01 \text{ мВ} \quad U'_{пара}^{\max} = 0,00201 \text{ В} = 0,02 \text{ мВ}.$$

Установим уровень минимального регистрируемого сигнала при угле расхождения $\varphi = 7,9 \text{ град}$ и интенсивности излучения, равной 98 %, составит

$$U'_{воды}^{\min} = 0,001 \text{ В} = 0,01 \text{ мВ} \quad U'_{пара}^{\min} = 0,0019 \text{ В} = 0,019 \text{ мВ}.$$

Поскольку уровень электрических шумов для преобразователей данного типа составило 10^{-6} В, что на порядок ниже полученного сигнала, соотношение сигнал-шум равно 10:1, что достаточно для системы контроля уровня жидкости в барабана котла [2].

Для выбранных параметров генератора питающего напряжения: частота 2 МГц, амплитуда напряжения $U_0=1500$ В, на основе составленной математической модели определим параметры звукового поля относительно среды распространения ультразвуковых колебаний (в стенке барабана котла) в одной точке сканирования:

- ◆ при прямом преобразовании для излучателя ультразвуковых колебаний максимальная амплитуда звукового давления на выходе составит $P(U_0) = 3.011 \cdot 10^8$ Па, на внутренней стенке барабана котла в точке В звуковое давление составит $P_B = 33,82$ Па при угле расхождения $2\varphi = 15,804$ град.
- ◆ при обратном преобразовании на входе в приемник ПЭП звуковое давление составит $P' = 16,75$ Па при угле расхождения также $2\varphi = 15,804$ град, так как для раздельно-совмещенного ПЭП диаграммы направленности приемника и излучателя одинаковы.

Обратное преобразование приемником звукового давления на выходе дает следующие напряжения: при отражении от границы сталь-вода 0,01 мВ; при отражении от границы сталь-пар 0,02 мВ, что позволяет классифицировать среду отражения (жидкость или пар) и, следовательно, оценить уровень жидкости в барабане котла при последовательном сканировании по всему диапазону изменения уровня.

Выводы

1. Получена модель акустического поля излучателя в ближней и дальней зонах вдоль оси излучения с учетом угла расхождения, что позволяет оценить значения давления (15), интенсивности (16) и смещения частиц (6) звукового поля в любой точке излучения.

2. Исследована диаграмма направленности излучателя $\phi(\varphi)$ (12), на основании которой определен угол расхождения пучка $2\varphi = 15,804$ град (12), в котором интенсивность излучения составляет 98 % от максимального значения.

3. Предложена модель функции относительного звукового давления исходя из углового пространственного распределения и интенсивности излучения (17), которая позволяет определить коэффициенты преобразования (18) звукового давления в напряжение для излучателя и приемника.

4. Получены значения максимального (по акустической оси) и минимального (при интенсивности 98 %) напряжений на выходе приемника ПЭП, которые составили: для воды 0,1 мВ, для пара 0,2 мВ, на основании чего в системе контроля уровня жидкости в барабане котла можно классифицировать уровни полученных сигналов в зависимости от среды отражения и, следовательно, судить – об уровне жидкости в барабане котла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авраменко С.В., Тарасюк В.П. Компьютерная система мониторинга уровня жидкости в барабане котла // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – 2012. – Вип. 22 (200). – С. 135-143.
2. Авраменко С.В., Тарасюк В.П. Исследование математической модели распространения ультразвука в стенке барабана котла // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – 2013. – Вип. 1 (24). – С. 205-214.

3. *Bradfield G.* Ultrasonic transducers. I // Introduction to ultrasonic transducers, Part B. – 1970. – № 83. – P. 177-189.
4. Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля / Под ред. И.Н. Ермолова. – М.: Машиностроение, 1986. – 280 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.А. Зори.

Соломичева Светлана Викторовна – Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»; e-mail: svetikkrasota@mail.ru; 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, Украина; тел.: +380623010918, +380506664132; аспирант.

Тарасюк Виктория Павловна – к.т.н.; доцент.

Solomicheva Svetlana Viktorovna – State Higher Education Establishment “Donetsk National Technical University”; e-mail: svetikkrasota@mail.ru; 58, Artyom street, Donetsk, 83001, Ukraine; phones: +380623010918, +380506664132; postgraduate student.

Tarasyuk Victoria Pavlovna – cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 621.396

Ю.М. Туляков, Д.Е. Шакаров, А.А. Калашников

ОБОБЩЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Дается обоснование целесообразности применения различных видов подвижной связи для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях с позиции массовой доступности населения к этой связи. Характеризуются требования и особенности использования подвижной связи в качестве средства экстренного оповещения по возможности осуществления широковещательной передачи сообщений, выборочной территориальной локальности зоны оповещения, объему, скорости и надежности доставки экстренных сообщений. Дается оценка возможностям выполнения этих требований и особенностей для подвижной наземной связи, реализуемой на основе сотовых систем связи и систем многоадресного радиовызова. Для систем сотовой связи 2G-, 2,5G-, 3G-поколений определяются организации каналов широковещательной передачи сообщений. Приводятся данные результатов оценки скорости передачи адресной и широковещательной передачи SMS-сообщений. Характеризуются проблематичные особенности такой передачи в системах 2G. Определяются практически значимые форматы сигналов, скорость и способ организации широковещательной передачи сообщений систем радиовызова. Указан метод повышения надежности передачи-приема сигналов радиовызова с сообщением. Показана основа принципов оценки надежности доставки экстренных сообщений получателям этих сообщений.

Подвижная наземная связь; система сотовой связи; многоадресный радиовызов; сигналы и скорость их передачи.

Y.M. Tulyakov, D.E. Shakarov, A.A. Kalashnikov

THE GENERALIZED ANALYSIS OF FEATURES OF APPLICATION OF MODERN MEANS OF MOBILE COMMUNICATION FOR THE POPULATION NOTIFICATION

Presented is the reasonability foundation case for application of different types of mobile radio communication for the purpose of people warning about emergency situations considering that people have a mass access to such communication facilities. The definition is given for requirements and features of mobile communication used as emergency warning means as well as means of possible broadcasting related to sampled territorial locality of warning zone, out-of-