

5. Korotkov, K. Analysis of Stimulated Electrophotonic Glow of Liquids [Electronic resource] / K. Korotkov, D. Orlov // Water. — 2010. — V. 2. — P. 29–43. — Available at: \www//URL: <http://dx.doi.org/10.14294/WATER.2010.2>. — 20.05.2014.
6. Медведев, Р. Н. Атомно-эмиссионный анализ проводящих жидкостей при диафрагменном разряде в автоколебательном режиме [Текст] / Р. Н. Медведев, И. А. Зарубин // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. — 2013. — № 1(12). — С. 166–170.
7. Frantskevich, K. V. Calibration curves in atomic emission spectral analysis of biological specimens [Text] / K. V. Frantskevich // Translated from Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii. — 2006. — Vol. 73, № 2. — P. 250–253.
8. Суриков, В. Т. Введение образцов в индуктивно связанную плазму для спектрометрического анализа [Текст] / В. Т. Суриков, А. А. Пушывев // Аналитика и контроль. — 2006. — № 2. — С. 112–125.
9. Пристрій газорозрядної візуалізації зображення [Електронний ресурс]: патент України 71414 МПК (2012.01) G03B 41/00 / Й. Й. Білинський, О. А. Павлюк. — заявл. 9.01.2012, опубл. 10.07.2012, бюл. № 13. — Режим доступу: \www//URL: <http://uapatents.com/4-71414-pristrij-gazorozryadno-vizualizaci-zobrazhennya.html>. — 20.05.2014.
10. NIST Atomic Spectra Database Lines Data [Electronic resource]. — Available at: \www//URL: <http://www.nist.gov/pml/data/asd.cfm>. — 20.05.2014

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Предложен метод определения малых концентраций общей минерализации жидкофазного объекта путем получения спектров излучения при газоразрядной визуализации. Разработана экспериментальная установка для исследования спектров,

в которой одновременно исследуются два жидкофазных объекта. Получены спектры излучения растворов солей NaCl, MgSO₄, KCl, CaCl₂, FeSO₄, выявлены характерные спектральные линии для них.

Ключевые слова: газоразрядная визуализация, жидкофазный объект, спектр излучения, линейчатый спектр, характерная спектральная линия.

Білинський Йосип Йосипович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електроніки, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: yosyp.bilynsky@yandex.ru.

Павлюк Олександр Анатолійович, асистент, аспірант, кафедра електроніки, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: pavluk_89@i.ua.

Юкиш Сергій Васильович, асистент, кафедра електроніки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: yukish@yandex.ua

Билинский Иосиф Иосифович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электроники, Винницкий национальный технический университет, Украина.

Павлюк Александр Анатольевич, ассистент, аспирант, кафедра электроники, Винницкий национальный технический университет, Украина.

Юкиш Сергей Васильевич, ассистент, кафедра электроники, Винницкий национальный технический университет, Украина.

Bilynskiy Yosyp, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, e-mail: yosyp.bilynsky@yandex.ru.

Pavliuk Alexander, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, e-mail: pavluk_89@i.ua.

Yukish Serhiy, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, e-mail: yukish@yandex.ua

УДК 537.868.51

Торчук М. В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДЕОИМПУЛЬСОВ В МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ КОРОВ

Проведен теоретический анализ взаимодействия импульсного электрического поля с молочной железой новотельных коров. Полученные результаты позволяют исследовать распределение импульсного электрического поля в объеме молочной железы и определить параметры импульсного излучения (амплитуда импульсов; частота и период следования импульсов; величина экспозиции) для увеличения иммуноглобулинов класса LgG и LgM.

Ключевые слова: молочная железа коров, импульсы электрического поля, молозиво и молоко коров, иммуноглобулины.

1. Введение

По данным литературных источников из-за болезней самые высокие потери телят бывают до 15-дневного возраста. По общественным данным, на первые 5 дней жизни приходится 40–50 % гибели телят, на первые 10 дней — 65–70 и до 15-дневного возраста — 75–80 % от павших в течение первого года жизни [1]. В современных условиях для лечения заболеваний новорожденных телят используют антибиотики и химические препараты, которые наносят вред организму телят, а результаты лечения не всегда оказываются эффективными. Проведенный анализ инфекционных болезней новорожденных телят показывает, что их болезни в первые

дни жизни зависят от количества иммуноглобулинов, которые попадают в организм телят через молозиво коров [2]. Важнейшая функция молозива состоит в обеспечении плавного перехода от внутриутробного развития и питания веществами, поступающими с кровью матери, к автономному питанию и развитию в условиях внешней среды.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В современных условиях для повышения иммунологической ценности молозива принимают вакцинацию коров соответствующими антигенами. Однако эта процедура

дорогостоящая и не всегда приводит к положительному результату [3, 4]. Биофизический анализ физико-химических процессов в биологических объектах показывает, что в медицине и ветеринарии все большее внимание привлекают электромагнитные методы повышения иммуноглобулинов в молоке матерей и молозиве коров [5, 6].

Таким образом, исследование и разработка способов и электронных систем для повышения иммуноглобулинов в молозиве коров с использованием информационного импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) является актуальной задачей в технологическом процессе воспроизводства животных крупного рогатого скота (КРС) [6].

Цель статьи — на основе теоретических исследований получить выражение для определения параметров импульсного электрического поля ЭП, вызывающих повышение иммуноглобулинов в молозиве коров.

3. Основные материалы исследований по распределению импульсного электрического поля в молочной железе коров

Анализ распределения импульсного электрического поля в молочной железе коров сводится к серии задач дифракции монохроматических плоских волн с круговыми частотами $\omega_n = \frac{2\pi}{T}n$, $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ на цилиндрической области (модель молочной железы), заполненной изотропной диэлектрической средой (1), (2):

$$\operatorname{rot} \vec{H}_n^M = -i\epsilon\epsilon_0\omega_n \vec{E}_n^M, \operatorname{rot} \vec{E}_n^M = i\mu_0\omega_n \vec{H}_n^M, \quad (1)$$

$$\operatorname{div}(\epsilon \vec{E}_n^M) = 0, \operatorname{div} \vec{H}_n^M = 0, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (2)$$

где \vec{E}_n^M , \vec{H}_n^M — напряженность электрического и магнитного полей в молочной железе; ϵ — относительная диэлектрическая проницаемость молочной железы; μ_0 — магнитная постоянная.

Решение уравнений (1) и (2) должны удовлетворять условию непрерывности тангенциальных компонент на границах раздела сред и условию излучения на бесконечности [7].

Исходя из уравнений (1) и (2), получим уравнение для напряженности электрического поля \vec{E}_n^M . С этой целью применим операцию ротора к уравнению (2), тогда будем иметь:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{E}_n^M = -i\mu_0\omega_n \operatorname{rot} \vec{H}_n^M. \quad (3)$$

Подставим в (3) выражение для $\operatorname{rot} \vec{H}_n^M$ из уравнения (1). В результате получим:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{E}_n^M = \epsilon\epsilon_0\omega_n^2 \vec{E}_n^M. \quad (4)$$

Теперь воспользуемся формулой [4] для векторных полей:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{a} = -\Delta \vec{a} + \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec{a}).$$

Тогда с учетом уравнения (1), после ряда преобразований, получаем следующее уравнение для напряженности электрического поля:

$$\Delta \vec{E}_n^M + \omega_n^2 \epsilon_0 \mu_0 \epsilon \vec{E}_n^M - \operatorname{grad} \left(\frac{1}{\epsilon} (\operatorname{grad} \epsilon, \vec{E}_n^M) \right) = 0, \quad (5)$$

где Δ — оператор Лапласа.

Поскольку диэлектрическая проницаемость молочной железы не зависит от пространственной переменной z , то можно предположить, что напряженность электрического поля \vec{E}_n^M имеет такую же поляризацию, как и возбуждающая волна, т. е. $\vec{E}_n^M = (0, 0, E_{nz}^M)$.

Легко убедиться, что в этом случае последний член в уравнении (5) обращается в нуль. Таким образом, на основании выше изложенного, напряженность электрического поля должна удовлетворять уравнению:

$$\Delta \vec{E}_n^M + \omega_n^2 \epsilon_0 \mu_0 \epsilon \vec{E}_n^M = 0, \quad (6)$$

где относительная диэлектрическая проницаемость ϵ зависит от пространственных переменных x, y как функция от $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Введем цилиндрическую систему координат r, ϕ, z с осью z , совпадающей с осью цилиндрической области, моделирующей молочную железу. Пусть R — радиус круга, образованного пересечением цилиндрической области плоскостью $z = \text{const}$.

Сформулируем задачу об определении напряженности электрического поля, для чего требуется найти решения уравнений:

$$\Delta U_n^+ + k_n^2 \epsilon U_n^+ = 0, r < R, \quad (7)$$

$$\Delta U_n^- + k_n^2 \epsilon U_n^- = 0, r > R, \quad (8)$$

удовлетворяющие условиям сопряжения на границе молочной железы при $r = R$:

$$U_n^+ \Big|_{r=R} = (U_n^- + U_n^b) \Big|_{r=R}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial U_n^+}{\partial r} \Big|_{r=R} = \frac{\partial (U_n^- + U_n^b)}{\partial r} \Big|_{r=R}, \quad (10)$$

условию излучения на бесконечности ($r \rightarrow \infty$):

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \left(\frac{\partial U_n^-}{\partial r} - ik_n U_n^- \right) = 0, \quad (11)$$

и условию ограниченности при $r \rightarrow 0$:

$$|U_n^+| < \text{const}. \quad (12)$$

Здесь введены обозначения: $U_n^+ = E_{nz}^M$ — напряженность электрического поля внутри молочной железы; U_n^- — напряженность электрического поля вне молочной железы; $U_n^b = E_0 f_n e^{ik_n r \sin \phi}$ — напряженность электрического поля возбуждающей волны; $k_n = \omega_n \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = \frac{\omega_n}{c}$, c — скорость света в вакууме; $E_0 = U_m / Qd$ — значение средней величины напряженности электрического поля видеоимпульса; d — диаметр молочной железы животных; U_m — амплитуда видеоимпульса; Q — скважность импульсов; c — скорость света в вакууме;

$$f_n = \begin{cases} \frac{\tau}{T}, & n=0; \\ \frac{e^{-i\frac{\pi n \tau}{T}} \sin\left(\frac{\pi n \tau}{T}\right)}{\pi n}, & n \neq 0, \end{cases}$$

где T – период повторяемости видеоимпульсов; τ – длительность видеоимпульса.

Решения задачи (7)–(12) при произвольной зависимости диэлектрической проницаемости ϵ от пространственных переменных невозможно в замкнутой аналитической форме [8]. Поэтому решение уравнений (7) и (8) будем искать в виде рядов Фурье по азимутальной координате ϕ :

$$U_n^+ = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} F_{nm}^+(r) e^{im\phi}, \tag{13}$$

$$U_n^- = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} F_{nm}^-(r) e^{im\phi}. \tag{14}$$

Подставим (13) и (14) в (7) и (8) и воспользуемся ортогональностью системы функций $(e^{im\phi})_{m=-\infty}^{+\infty}$ на интервале $0 \leq \phi \leq 2\pi$. Тогда получим уравнения для функций $F_{nm}^\pm(r)$:

$$\ddot{F}_{nm}^+ + \frac{1}{r} \dot{F}_{nm}^+ + \left(k_n^2 \epsilon - \frac{m^2}{r^2} \right) F_{nm}^+ = 0, \tag{15}$$

$$\ddot{F}_{nm}^- + \frac{1}{r} \dot{F}_{nm}^- + \left(k_n^2 - \frac{m^2}{r^2} \right) F_{nm}^- = 0, \tag{16}$$

где точка обозначает операцию дифференцирования.

Из (16) с учетом условия излучения (11) имеем:

$$F_{nm}^- = R_{mn} H_m^{(1)}(k_n r), \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \tag{17}$$

где $H_m^{(1)}(k_n r)$ – функция Ханкеля первого рода m -го порядка, R_{mn} – неизвестные константы подлежащие определению.

Рассмотрим теперь уравнение (15). Это обыкновенное дифференциальное уравнение с переменным коэффициентом $\epsilon = \epsilon(r)$.

Для его решения введем вместо r новую независимую переменную $\bar{r} = \frac{r}{R}$. Тогда уравнение (15) примет вид:

$$\ddot{F}_{nm}^+ + \frac{1}{\bar{r}} \dot{F}_{nm}^+ + \left(\bar{k}_n^2 \epsilon - \frac{m^2}{\bar{r}^2} \right) F_{nm}^+ = 0, \tag{18}$$

где $\bar{k}_n = k_n R$, и новая независимая переменная $0 \leq \bar{r} \leq 1$.

Введем новую неизвестную функцию $V(\bar{r})$ следующим образом:

$$F_{nm}^+ = \left(\frac{\bar{r}}{2} \right)^m \exp\left(\int_0^{\bar{r}} V(\bar{r}) d\bar{r} \right), \quad m \geq 0. \tag{19}$$

Подставим (19) в (18), и тогда после ряда преобразований получим уравнения для функции $V(\bar{r})$:

$$\bar{r} \dot{V} + 2m\bar{V} + \bar{V}^2 + \bar{r} P(\bar{r}) = 0, \tag{20}$$

где $\bar{V} = \bar{r} V$, $P(\bar{r}) = \bar{k}_n^2 \epsilon(\bar{r})$.

Уравнение (20) является уравнением Риккати [9]. Для построения его решения воспользуемся следующим численным алгоритмом. Дискретизируем интервал изменения переменной \bar{r} :

$$\bar{r}_q = \Delta(q-1), \quad q = 1, 2, \dots, Q, \quad \Delta = \frac{1}{Q-1}.$$

Обозначим $\bar{V}_q = \bar{V}(\bar{r}_q)$ – значения функции $\bar{V}(\bar{r})$ в точках дискретизации \bar{r}_q . Наша цель определить эти значения. Как легко видеть, $\bar{V}_1 = \bar{V}(0) = 0$. Проинтегрируем уравнение (20) в пределах от \bar{r}_q до \bar{r}_{q+1} , тогда получим:

$$\begin{aligned} & \bar{V}_{q+1} \bar{r}_{q+1} - \bar{V}_q \bar{r}_q + (2m-1) \int_{\bar{r}_q}^{\bar{r}_{q+1}} V d\bar{r} + \int_{\bar{r}_q}^{\bar{r}_{q+1}} V^2 d\bar{r} + \\ & + \int_{\bar{r}_q}^{\bar{r}_{q+1}} \bar{r} P(\bar{r}) d\bar{r} = 0. \end{aligned} \tag{21}$$

Предполагая, что число точек дискретизации Q достаточно большое, заменим интегралы в (21) двухточечной квадратурной формулой трапеций [10]. После проведения преобразований, представим (21) в следующем виде:

$$\frac{\Delta}{2} \bar{V}_{q+1}^2 + \bar{V}_q \left(\bar{r}_{q+1} + \frac{(2m-1)\Delta}{2} \right) + F_q = 0, \tag{22}$$

где

$$\begin{aligned} F_q = & \bar{V}_q \left(\frac{(2m-1)\Delta}{2} - \bar{r}_q \right) + \frac{\Delta}{2} \bar{V}_q^2 + \\ & + \frac{\Delta}{2} (\bar{r}_q p_q + \bar{r}_{q+1} p_{q+1}), \quad p_q = p(\bar{r}_q). \end{aligned} \tag{23}$$

Уравнение (23) является алгебраическим уравнением относительно \bar{V}_{q+1} . Определяя из (22) величину \bar{V}_{q+1} будем иметь:

$$\bar{V}_{q+1} = - \frac{2F_q}{\bar{r}_q + \Delta \left(m - \frac{1}{2} \right) + \sqrt{\left(\bar{r}_q + \Delta \left(m - \frac{1}{2} \right) \right)^2 - 2\Delta F_q}}. \tag{24}$$

Формула (24) позволяет последовательно определять \bar{V}_q , если известно значение $\bar{V}_1 = \bar{V}(0) = 0$.

Таким образом, с помощью (24) определяются значения для решения уравнения (20), а следовательно уравнения (18) и (19) в точках дискретизации $\bar{r}_q = \Delta(q-1)$, $q = 1, 2, \dots, K$. Действительно, из (19) получаем:

$$F_{nm}^+(\bar{r}_q) = \left(\frac{\bar{r}_q}{2} \right)^m \exp\left(\int_0^{\bar{r}_q} V(\bar{r}) d\bar{r} \right), \quad q = 1, 2, \dots, Q. \tag{25}$$

Интеграл в (25) легко вычисляется с помощью квадратной формулы трапеций [10].

Таким образом, получим решения уравнений, ограниченные в нуле. С помощью этих решений представим напряженность электрического поля внутри молочной железы в следующем виде:

$$U_n^+ = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} T_{mn} F_{nm}^+ \left(\frac{r}{R} \right) e^{im\phi}, \quad (26)$$

где T_{mn} — величины, подлежащие определению.

Вне молочной железы, как показано выше, напряженность электрического поля имеет вид:

$$U_n^- = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} R_{mn} H_m^{(1)}(k_n r) e^{im\phi}. \quad (27)$$

Представим напряженность электрического поля возбуждающей волны:

$$U_n^b = E_0 f_n e^{ik_n r \sin \phi}, \quad (28)$$

в виде ряда Фурье по азимутальной координате ϕ . Для этого воспользуемся известной формулой [11]:

$$e^{iz \sin \phi} = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} I_m(z) e^{im\phi}, \quad (29)$$

где $I_m(\dots)$ — цилиндрическая функция Бесселя.

Из (29) имеем:

$$U_n^b = E_0 f_n \sum_{m=-\infty}^{+\infty} I_m(k_n r) e^{im\phi}. \quad (30)$$

Подставим (26), (27) и (30) в условия сопряжения (9) и (10). Тогда, используя ортогональность функций $e^{im\phi}$ на интервале $[0, 2\pi]$ получаем:

$$T_{mn} F_{nm}^+(1) = E_0 f_n I_m(\bar{k}_n) + R_{mn} H_m^{(1)}(\bar{k}_n), \quad (31)$$

$$T_{mn} \dot{F}_{nm}^+(1) = \bar{k}_n \left(E_0 f_n I_m'(\bar{k}_n) + R_{mn} H_m^{(1)'}(\bar{k}_n) \right), \quad (32)$$

где штрих обозначает операцию дифференцирования.

Из уравнений (31), (32) можно определить неизвестные величины T_{mn} и R_{mn} .

$$T_{mn} = -E_0 f_n \frac{2i}{\pi F_{nm}^+(1) \left[\bar{k}_n H_{m+1}^{(1)}(\bar{k}_n) + \bar{V}(1) H_m^{(1)}(\bar{k}_n) \right]}, \quad (33)$$

$$R_{mn} = -E_0 f_n \frac{\bar{k}_n I_{m+1}(\bar{k}_n) + \bar{V}(1) I_m(\bar{k}_n)}{H_{m+1}^{(1)}(\bar{k}_n) \bar{V}(1) + \bar{k}_n H_m^{(1)}(\bar{k}_n)}. \quad (34)$$

Здесь $\bar{V}(1)$ определяется по рекуррентной формуле (24), а $F_{nm}^+(1)$ по формуле (19) при $\bar{r}=1$.

$$F_{nm}^+(1) = \exp \left(\int_0^1 V(\bar{r}) d\bar{r} \right).$$

Используя (33), напряженность электрического поля внутри молочной железы можно представить в виде:

$$E_{nz}^M = U_n^+ = -\frac{E_0 f_n 2i}{\pi} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\phi} \times \frac{F_{mn}^+ \left(\frac{r}{R} \right)}{F_{mn}^+(1) \left[\bar{k}_n H_{m+1}^{(1)}(\bar{k}_n) + \bar{V}(1) H_m^{(1)}(\bar{k}_n) \right]}, \quad (35)$$

где

$$f_n = \begin{cases} \frac{e^{-i\frac{\pi n \tau}{T}} \sin\left(\frac{\pi n \tau}{T}\right)}{\pi n}, & n \neq 0; \\ \frac{\tau}{T}, & n = 0, \end{cases}$$

T — период следования видеоимпульсов, τ — длительность видеоимпульса,

$$\bar{k}_n = \frac{\omega_n R}{c} = \frac{2\pi R_n}{Tc}.$$

После преобразований была окончательно получена формула для расчета напряженности электрического поля в молочной железе при воздействии на нее периодической последовательности видеоимпульсов:

$$E_z^M = -\frac{2iE_0}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} f_n e^{-i\frac{2\pi n t}{T}} \times \left(\sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\phi} \frac{F_{mn}^+ \left(\frac{r}{R} \right)}{F_{mn}^+(1) \left[\bar{k}_n H_{m+1}^{(1)}(\bar{k}_n) + \bar{V}(1) H_m^{(1)}(\bar{k}_n) \right]} \right), \quad (36)$$

где функция $F_{mn}^+ \left(\frac{r}{R} \right)$ рассчитывается согласно формуле (25), а функция $\bar{V}(1)$ — с помощью рекуррентной формулы (24).

4. Выводы

Полученное выражение (36) является основным для определения биотропных параметров импульсного электрического поля для повышения иммуноглобулинов в молозиве и молоке коров. Увеличение иммуноглобулинов в молозиве и молоке приведет к повышению иммунитета новорожденных телят и уменьшению их отходов. Эта задача может быть решена с использованием импульсного электрического поля с установленными биотропными параметрами (амплитуда импульса, период следования импульсов, длительность импульсов, экспозиция), вызывающих увеличение иммуноглобулинов в молозиве коров при облучении их молочной железы.

Литература

1. Шуканов, А. В. Выращивание телят в условиях адаптивной технологии [Текст] / А. Д. Шуканов, В. Г. Семенов // Ветеринария. — 2000. — № 10. — С. 48–51.
2. Юдин, М. Ф. Физическое состояние коров в разные сезоны года [Текст] / М. Ф. Юдин // Ветеринария. — 2001. — № 2. — С. 38–41.
3. Cöcnen, M. Nutritiv bedingte probleme in kalberbeständen [Text] / M. Cöcnen, A. Ullerich // Ubersicht. Tieremehr. — 2005. — V. 24, № 1. — P. 2433.

4. Elze, K. Der Kalberdurchfall [Text] / K. Elze // Milchpraxis. — 2006. — № 4. — P. 178–182.
5. Белановский, А. С. Основы биофизики в ветеринарии [Текст] / А. С. Белановский. — М.: Дрофа, 2007. — 332 с.
6. Сасимова, И. А. Обоснование биофизического действия информационных электромагнитных излучений на микробиологические объекты животноводства [Текст] / И. А. Сасимова, Л. Ф. Кучин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2008. — № 4/2(34). — С. 27–29.
7. Шестопалов, В. П. Спектральная теория и возбуждение открытых структур [Текст] / В. П. Шестопалов. — Киев: Наукова думка, 1987. — 276 с.
8. Бреховских, Л. М. Волны в слоистых средах [Текст] / Л. М. Бреховских. — М.: Наука, 1973. — 343 с.
9. Корн, Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн. — М.: Наука, 1970. — 720 с.
10. Крылов, В. И. Вычислительные методы [Текст] / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский. — М.: Наука, 1976. — 302 с.
11. Анго, А. Математика для электро- и радионинженеров [Текст] / А. Анго. — М.: Наука, 1965. — 776 с.

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ВІДЕОІМПУЛЬСІВ В МОЛОЧНІЙ ЗАЛОЗІ КОРІВ

Проведено теоретичний аналіз взаємодії імпульсного електричного поля з молочною залозою новотільних корів. Отримані результати дозволяють досліджувати розподіл імпульсного електричного поля в обсязі молочної залози та визначити параметри імпульсного випромінювання (амплітуда імпульсів; частота і період проходження імпульсів; величина експозиції) для збільшення імуноглобулінів класу IgG і IgM.

Ключові слова: молочна залоза корів, імпульси електричного поля, молозиво та молоко корів, імуноглобуліни.

Торчук Михайл Васильевич, асистент, кафедра технотроніки і теоретичної електротехніки, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Україна, e-mail: tte_nniekt@ukr.net.

Торчук Михайло Васильович, асистент, кафедра технотроніки і теоретичної електротехніки, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Україна.

Torchuk Mikhail, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Ukraine, e-mail: tte_nniekt@ukr.net

УДК 681.3:621.3(62-52)

**Шемседінов Т. Г.,
Маленко Н. В.,
Мороз А. И.,
Карасюк П. В.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТРОСПЕКТИВНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В ПРОТОКОЛАХ ПРИКЛАДНОГО УРОВНЯ

В статье предлагается подход к решению задачи динамического связывания прикладных программных интерфейсов (API) в распределенных информационных системах класса SaaS (Software as a Service), построенных в сервисно-ориентированной архитектуре (SOA) и web-сервисов с применением метапрограммирования, и его техник: интроспекции, динамической модификации структуры и функций программных модулей и динамической интерпретации метамodelей.

Ключевые слова: сервисная архитектура, метапрограммирование, интроспекция, динамическая интерпретация, метамодель, метаданные, связывание, интерфейсы.

1. Введение

Одна из основных задач при разработке современных приложений в сервисной архитектуре (SOA) — это создание и связывание прикладных программных интерфейсов (API) двух типов: без состояния (STATEless или REST серверов), и с состоянием (STATEful) [1, 2]. Для создания таких API существует множество технологических стеков, однако, связывание программных интерфейсов происходит, чаще всего, вручную, с помощью программирования соответствующих вызовов или выделения в вызывающей системе специализированного слоя доступа, т. е. «обертки», которая получает запросы от бизнес-логики приложения, совершает асинхронные сетевые вызовы к удаленному серверу приложений, получает ответы и передает их в функции обратного вызова приложения. Модификация структуры и функций как самих информационных систем (ИС), так и их компонентов, приводит к частым изменениям в их API и, как следствие, к необходимости постоянного переписывания «обертки» или слоя доступа. В статье

предлагается применение методов метапрограммирования, интроспекции и динамического связывания, позволяющие решить данную проблему.

2. Анализ литературных данных и постановка задачи исследования

Чтобы выявить проблемы статического связывания интерфейсов приложений и моделей предметной области, мы рассмотрим существующие подходы и основные их особенности. В работах [3, 4] описано, как построение модели предметной области с помощью структур данных и программного кода является основой разработки информационных систем. Структуры данных включают в себя структуры в оперативной памяти и в протоколах передачи, в файлах на диске и в базах данных, а программный код — это активная (императивная, событийная или функциональная) модель решаемой задачи над моделируемыми данными.

Существует множество подходов и технологий, для которых модель является статической, т. е. зафиксиро-