

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная
научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2021

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)

ББК 20.1+65.04+72(253)

П77

Организационный комитет:

А.А. Шелупанов – президент ТУСУРа (председатель),

Т.Р. Газизов – профессор ТУСУРа (зам. председателя),

Ю.А. Шурыгин, А.М. Кориков, Г.П. Литвинцева,

М.Ю. Катаев, Ю.С. Саркисов

Отв. редактор – Е.В. Прокопчук

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири
П77 (СИБРЕСУРС-27-2021) : доклады (материалы) 27-й междуна-
родной научно-практической конференции, Томск, 16 ноября
2021 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радио-
электроники, 2021. – 160 с.

ISBN 978-5-86889-945-4

Представлены материалы, отражающие результаты научной деятельно-
сти вузов Сибирского региона по эффективному использованию и развитию
территориальных ресурсов в интересах экономики России.

Для ученых, специалистов, преподавателей, инженеров, аспирантов и
студентов вузов и научных учреждений как в России, так и за рубежом.

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)

ББК 20.1+65.04+72(253)

Научное издание
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ
(СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 29.11.2021. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 9,3. Тираж 100 экз. Заказ 307.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.

ISBN 978-5-86889-945-4

© Сибирская академия наук
высшей школы, 2021

**ПЛЕНАРНЫЕ
ДОКЛАДЫ**

УДК 624.21.072.042.8

В. М. КАРТОПОЛЬЦЕВ, действ. чл. МАН ВШ, д-р техн. наук,
профессор, директор ООО «ДИАМОС», Томск
А. В. КАРТОПОЛЬЦЕВ, канд. техн. наук, доцент,
вед. специалист ООО «ДИАМОС», г. Томск
А. О. РАБОТАЕВ, нач. отдела мостов ООО «СибДор», Томск

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНОГО
ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА**

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, подкрепленные и обоснованные данными почти сококалетней технической диагностики мостов, подтвердили феномен динамической индивидуальности системы «пролетное строение + автомобиль». Стремление найти взаимосвязь изменяющихся во времени подвижных нагрузок на пролетные строения мостов позволило найти комплексный показатель жесткости системы при гармоническом нагружении. Рассматривая регулируемые динамические характеристики предельными, в рамках требуемой спектральной плотности значений авторы сформировали динамическое предельное состояние и условие резонанса, являющиеся критериями в регулировании колебательного процесса.

Техническая диагностика мостов за последние 40 лет показала, что для обеспечения их долговечности и длительной безопасной эксплуатации необходимо внедрение фундаментальных положений по совершенствованию расчета, эксплуатации и регулированию основных прочностных и деформативных характеристик при действии сверхнормативных и сверхрасчетных подвижных нагрузок (рисунок 1).

Регулирование динамических деформационных и амплитудно-частотных характеристик пролетных строений мостов в условиях гармонических случайных (нестационарных) колебаний системы «пролетное строение + автомобиль» целесообразно в рамках изменения энергетического и напряженного состояния

конструкции и феномена динамической индивидуальности системы «пролетное строение + автомобиль», основанного на регулировании амплитудно-частотных характеристик случайных колебаний по усредненным значениям, обеспечивая при этом требуемую спектральную плотность [1].

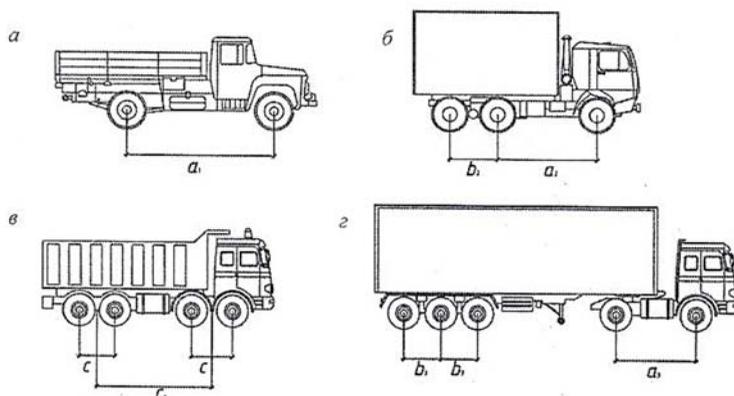


Рисунок 1 – Эволюция в развитии транспортных средств:

а – двухосный автомобиль; *б* – трехосный автомобиль;

в – четырехосный автомобиль типа Howo;

з – тяжелый автофургон

Процесс регулирования динамических характеристик рационален в случае совпадения жесткостей и масс автомобиля и балок пролетного строения на уровне центра жесткости системы с учетом проявленной дополнительной инерционности системы. Направление относится к пионерным в отечественном и зарубежном мостостроении в области экспериментального исследования и испытания мостов на непрерывный случайный поток.

Регулирование динамических характеристик мостовых конструкций с использованием результатов уникальных натуральных экспериментов на мостах с альтернативным уклоном проектирования способствует оптимизации задач в модернизации теории и практики вибродиагностики мостов (рисунок 2) [2].

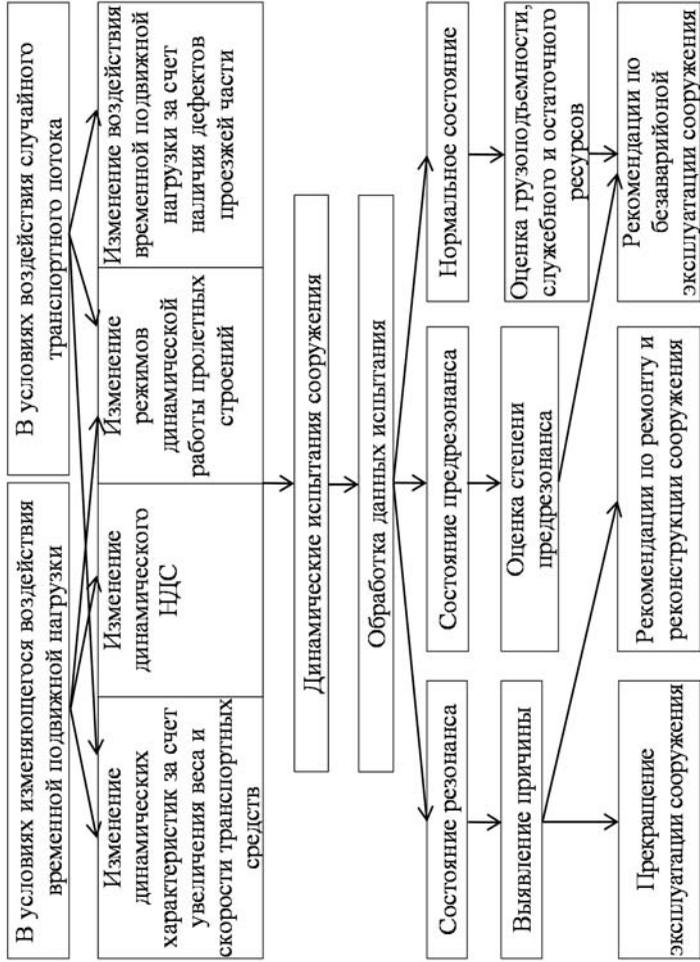


Рисунок 2 – Модернизированная схема оптимизации вибродиагностики мостов

Сопоставление виброграмм испытания моделей металлических мостов и реальных пролетных строений при движении группы разнотипных транспортных средств указывает на их уникальное отличие от виброграмм традиционных испытаний на одиночную нагрузку (рисунок 3).

Испытания пролетных строений одиночным автомобилем показали, что среднее значение частот собственных колебаний равно 6 Гц, вынужденных колебаний – 3,8 Гц, тогда как при прохождении случайного транспортного потока частота собственных колебаний составляет 2,3 Гц и вынужденных – 3,4 Гц при логарифмическом декременте затухания 0,06–0,13. Сближение пиковых значений частот 1–1,2 Гц указывает на резонансное состояние. Таким образом, в целях развития теоретических аспектов регулирования динамических характеристик требуется пересмотреть результаты исследований взаимодействия движущейся подрессорной нагрузки и балок пролетного строения на основе эквивалентной системы, где в качестве временной нагрузки использовалась двухмассовая механическая система с линейно-упругими связями, в которой любое демпфирование в процессе колебаний отрицалось, что методологически неверно.

Стремление сформулировать современное представление о взаимодействиях изменяющихся во времени подвижных нагрузок на мостовые конструкции и создать научно обоснованную модель является основой совершенствования теории регулирования динамических характеристик в стохастическом виде [3].

Представим энергию внутренних сил колеблющейся системы «пролетное строение + автомобиль» в энергетическом виде:

$$U_0 = \int_{\partial}^l \frac{M_{\Pi}^2 + M_{\text{вр}}}{2EJ} dx + \int_{\partial}^l \frac{Q_{\Pi}^2 + Q_{\text{вр}}}{2CjA} dx. \quad (1)$$

Дополнительную энергию за счет инерционной составляющей от динамического воздействия системы запишем в виде

$$\Delta U_0 = \int_{\partial}^l \frac{\sigma_i^2}{2E_0} + \int_{\partial}^{\sigma_i} (\varepsilon_{\text{упр}} + \varepsilon_{\text{пл}}) d\sigma_i, \quad (2)$$

где E_0 – объемный модуль упругости материала балки пролетного строения.

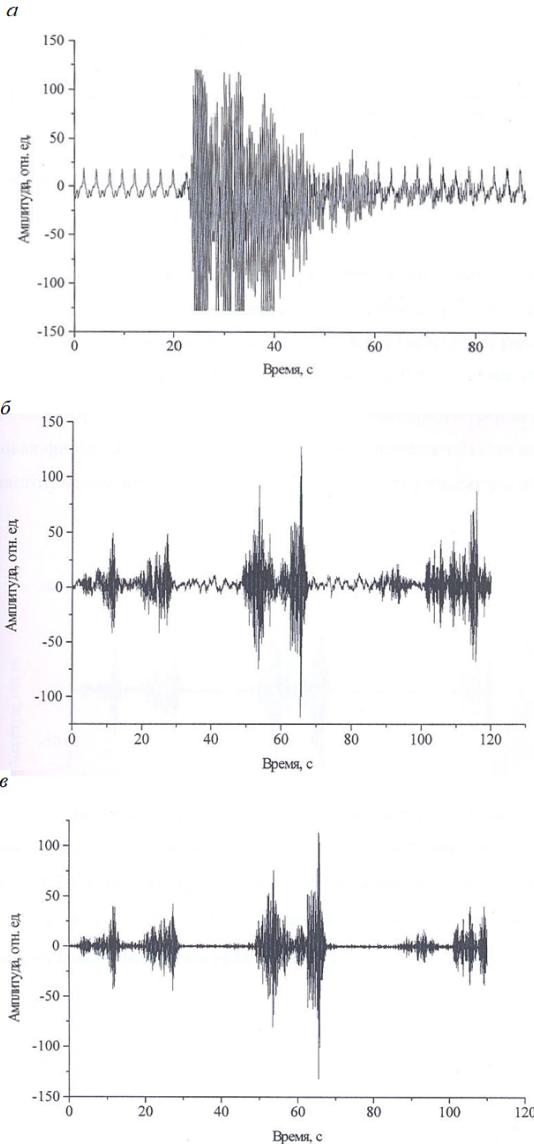


Рисунок 3 – Виброграмма от одиночного автомобиля (*a*); исходная виброграмма от движения группы разнотипных транспортных средств (*б*); исходная виброграмма после фильтрации (*в*)

Суммируя $U = U_0 + \Delta U_0$, решаем задачу вычисления регулируемых предельных динамических напряжений и деформаций. Напряжение σ_i определяется путем аппроксимации диаграммы $\sigma - \varepsilon_i''$:

$$\sigma_i = a\varepsilon_p^m, \quad (3)$$

где $m = 0,25-0,3$ для углеродистых сталей; $m = 0,03-0,05$ для низколегированных сталей повышенной и высокой прочности; $a = 0,053-0,07$ для сталей 10 ХСНД; $a = 0,053-0,07$ для сталей М16С, 15 ХСНД.

Величина $\varepsilon_p = 0,0016$ характеризует упругое состояние; $\varepsilon_p = 0,0025$ – упругопластическое деформирование.

Применив комплексный показатель жесткости при гармоническом нагружении, запишем уравнение колебаний в балке пролетного строения:

$$(U_0 + iV_0)Z = Pl^{i\omega t}, \quad (4)$$

где $U_0 = \frac{h - \gamma^2}{h + \gamma^2}$; $V_0 = \frac{h\gamma}{h + \gamma^2}$ – параметры жесткости на i -м уровне частот ω ; γ – коэффициент увеличения амплитудно-частотных характеристик ($\gamma \ll 1$), который определяется из равенства

$$\frac{\omega}{p} = \frac{\gamma}{\pi} \frac{1}{2(\pi - \varphi)}. \quad (5)$$

Формирование предельного состояния стальных конструкций мостов в процессе регулирования динамических характеристик основано на взаимодействии ряда показателей из выражения [4]

$$\frac{m_0 y(x, t)}{dt^2} + EJ \left(1 + \nu_0 \frac{d}{dt} \right) \frac{d^4 y(x, t)}{dt^4} = \sum_1^n R_i \cdot f(V, t), \quad (6)$$

где $y(x, t) = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t + \omega \int_{t_1}^{t_2} f(t) \sin \omega(t_1 - t_2)$; C_1, C_2 –

параметры дефектов проезжей части; R_i – параметр динамиче-

ского воздействия; ν_0 – коэффициент диссипации колебания; EJ – изгибная жесткость балки пролетного строения; m_0 – погонная масса балки; t – время движения временной нагрузки по пролетному строению; t_1, t_2 – время въезда и съезда с дефекта на проезжей части; V – скорость движения транспорта по проезжей части моста.

Исходя из того что коэффициент затухания колебаний в составе функции критической скорости является главным аргументом, регулирующим динамические характеристики и формирующим условия возможного резонансного состояния, формулу критической скорости запишем в виде

$$V_{\text{кр}} = \frac{w_i L}{\pi \sqrt{1 + 2\mu_d}}, \quad (7)$$

где $w_i = K_i \pi^2 \sqrt{\frac{EJ}{(m + m_0)L^2}}$; w_i – частота вынужденных колебаний системы; m – погонная масса временной подвижной нагрузки; K_i – коэффициент предрезонансного и резонансного состояния пролетного строения моста, характеризующий динамическую неустойчивость колебания.

В условиях классического резонанса справедливы выражения

$$\left. \begin{aligned} w &= p, \quad p_s = \mp \mu \varepsilon_s, \quad S = 1, 2, 3, \dots \\ p - \mu_d \varepsilon_s &< w < p + \mu_d \varepsilon_s \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Таким образом, динамические характеристики до резонанса рассматриваются как критические, отличающиеся от аналогичных отрегулированных характеристик в процессе резонанса. Дальнейшая их корректировка с помощью параметра сопротивления резонанса hs и динамической устойчивости системы к резонансу k_p в границах, ограниченных мультипликаторами ρ^0 , представляется в виде

$$\left. \begin{aligned} hs &> \frac{1}{w^2} \left[q_{\text{вп}} - 4(w\varepsilon_s)^2 \right] \\ k_p &\Rightarrow f(hs, \varepsilon_s) \\ \rho^0 &= \exp\left(2\pi i \alpha_0 V_{\text{кр}}^{-1}\right) \\ V_{\text{кр}} &= \frac{2\pi i}{T}; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 6 \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

где $hs > \frac{1}{w} q_{\text{вп}}$ – система динамически устойчива; $\varepsilon_s = 0$;

$hs < \frac{1}{w} q_{\text{вп}}$ – система динамически неустойчива, возможен резонанс; $\alpha_0 = wV_{\text{кр}}$; T – период колебаний после резонанса.

Изменение формы гармонических колебаний с синусоидальной до резонанса на косинусоидальную после резонанса происходит за счет того, что в колебательном процессе участвуют два вида колебаний: нестационарные – это в основном колебания подвески автомобиля с выраженной синусоидальной формой и случайные – колебания этой же нагрузки за счет дефектов проезжей части косинусоидальной формы с описанием колебательного процесса средними значениями динамических характеристик и спектральной плотности. Расчленяя стальное или сталежелезобетонное пролетное строение на элементы с определенными квазиупругими и линейной жесткости коэффициентами, авторы пришли к выводу, что все оси линейной жесткости элементов ($EJ_{\text{ст}}, EJ_6$) и квазиупругие коэффициенты центров масс элементов ($C_{\text{ст}}, C_6$) в обычном и резонансном состоянии характеризуются следующим образом (рисунок 4):

1) центр жесткости $EJ_0\theta$ совпадает с центром масс $EJ_0\theta$. Здесь ни одна из главных осей жесткости для сталежелезобетона и автомобиля не совпадает ни с одной из главных осей инерции системы;

2) центр жесткости θ совпадает с центром масс θ – одна из осей жесткости совпадает с одной из осей инерции системы;

3) центр жесткости θ совпадает с центром масс θ – главные оси инерции совпадают с главными осями жесткости.

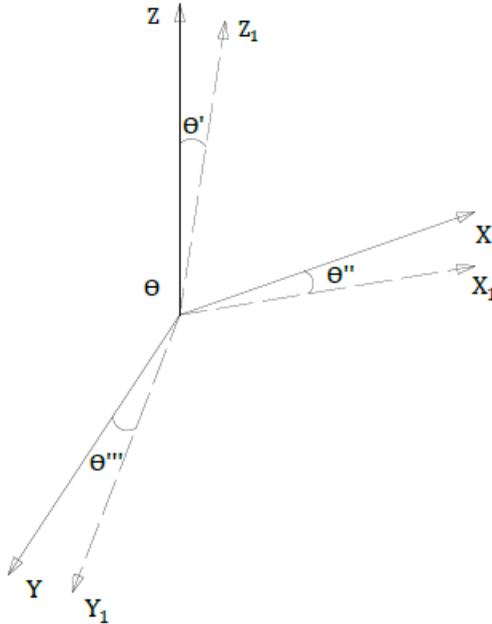


Рисунок 4 – Векторы главных осей масс и жесткости:
 XYZ – оси жесткости; X_1, Y_1, Z_1 – оси инерции
 элементов системы; $\theta' \neq \theta'' \neq \theta'''$

Учитывая затухающую форму гармонического колебания пролетного строения моста после резонанса (рисунок 5), уравнение скорости временной подвижной нагрузки в момент выхода системы из резонанса запишем в виде

$$V(t) = \rho \cos(\omega t - \theta^0), \quad (10)$$

где $\theta^0 = t_g^{-1} \frac{V(0)}{\omega}$ – фазовый угол сдвига при переходе одной формы колебания в другую. При $\rho = A$ имеем $V(t) = A \cos(\omega t - \theta^0)$, где $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; k – динамическая жесткость пролетного строения; m – масса балки; $k = 85 \frac{E_s J_s t_b}{l^3}$.

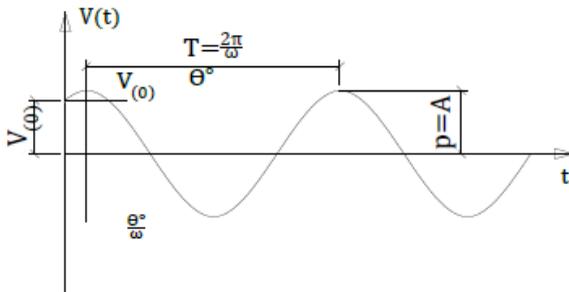


Рисунок 5 – Форма гармонического затухающего колебания

Логарифмический декремент затухания колебаний после резонанса

$$\lg \delta = 2\pi\zeta, \quad (11)$$

где ζ – коэффициент затухания.

В случае временной подвижной нагрузки, равномерно распределенной по длине пролета и движущейся со скоростью $V = \text{const}$, состояние резонанса определяется системой выражений

$$\left. \begin{aligned} V^2 &\gg \frac{EJ_{stb}}{m} \frac{i^2 \pi^2}{l^2}; \quad i=1 \\ w_p &= \frac{i}{2\pi} \sqrt{\frac{EJ_{stb} i^2 \pi^2}{l^2} - mV^2} \\ A_p &= e \cdot 0,693 \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Прогибовиброграммы, полученные в процессе трех стадий испытания, отражающие реальную картину динамического процесса, происходящего в конструкциях моделей и реальных пролетных строениях мостов, представлены на рисунках 6–10 и в таблице.

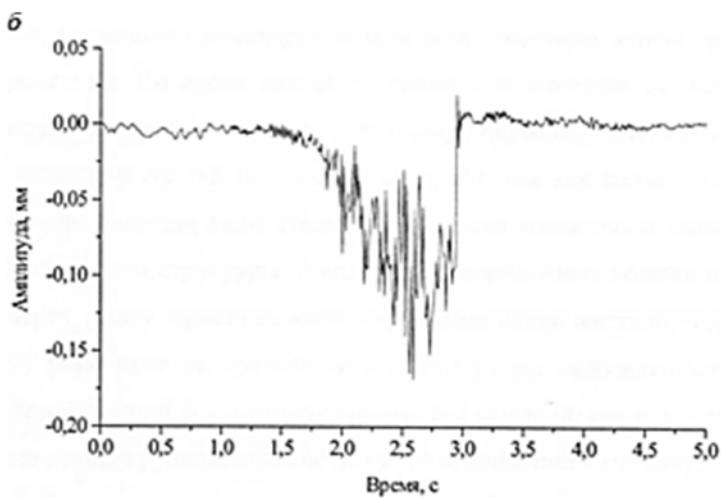
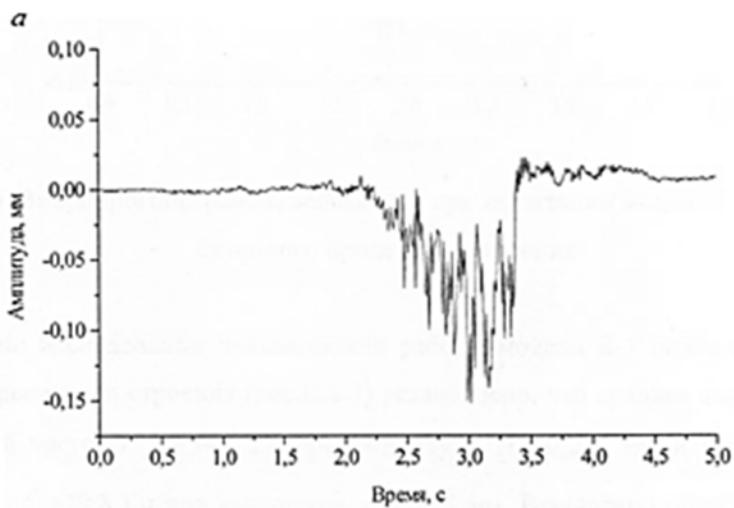


Рисунок 6 – Прогибовиброграмма, записанная при испытании:
а – модели сталежелезобетонного пролетного строения;
б – модели металлического пролетного строения

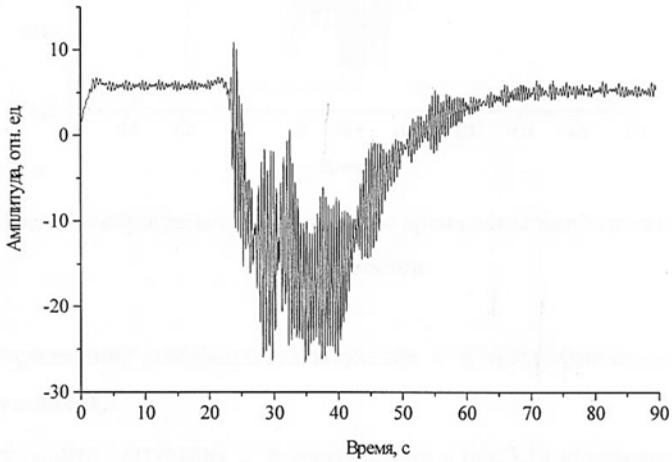


Рисунок 7 – Прогибовиброграмма после проезда одного грузового автомобиля по сталежелезобетонному пролетному строению моста

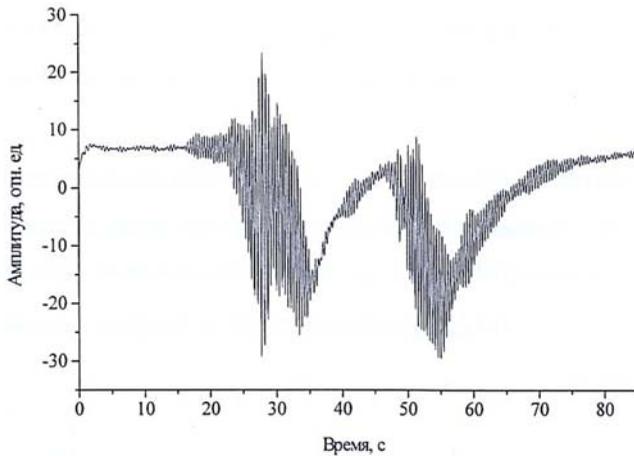


Рисунок 8 – Прогибовиброграмма после проезда двух грузовых автомобилей по сталежелезобетонному пролетному строению моста

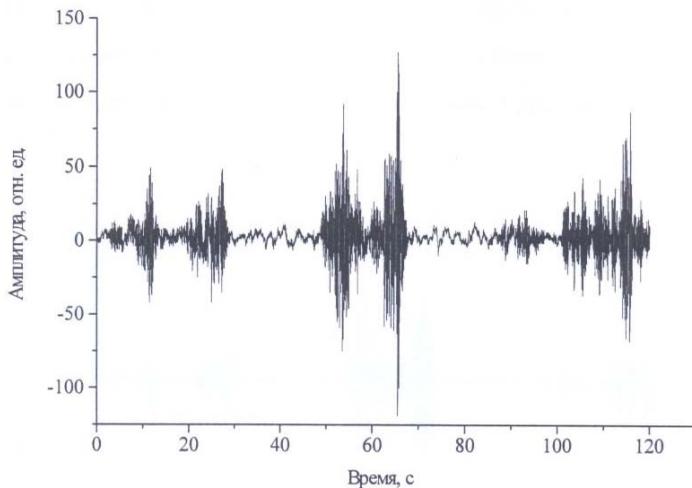


Рисунок 9 – Акселограмма, записанная при движении группы разнотипных транспортных средств при испытании железобетонного моста

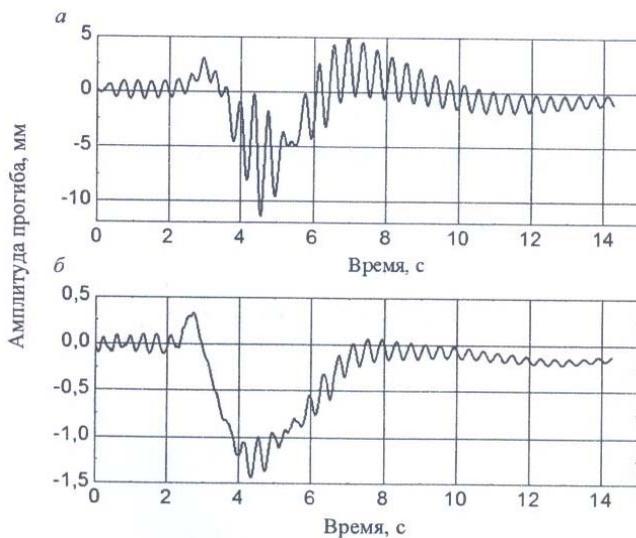


Рисунок 10 – Прогибовиброграммы с учетом проявления дефектов проезжей части

Теоретические (числитель) и экспериментальные (знаменатель) данные

Частота колебаний, Гц		Скорость автомобиля v , км/ч								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 авт.	Собственная f_c	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,1}$
	Вынужденная f_b	$\frac{2,09}{2,0}$	$\frac{2,63}{2,0}$	$\frac{3,17}{2,1}$	$\frac{3,71}{2,3}$	$\frac{3,89}{2,4}$	$\frac{3,98}{2,5}$	$\frac{4,12}{2,6}$	$\frac{4,27}{2,8}$	$\frac{4,39}{2,9}$
2 авт.	Собственная f_c	$\frac{1,9}{2,4}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{1,9}{2,2}$
	Вынужденная f_b	$\frac{2,96}{2,5}$	$\frac{2,95}{2,4}$	$\frac{2,94}{2,4}$	$\frac{2,93}{2,3}$	$\frac{2,88}{2,3}$	$\frac{2,86}{2,2}$	$\frac{2,84}{2,1}$	$\frac{2,83}{2,0}$	$\frac{2,81}{1,9}$

Таким образом, в совершенствовании методологической основы теории регулирования динамических характеристик и в целом динамического процесса колебания системы, включая резонанс, следует ориентироваться на зависимость между скоростью распространения волн изгибных гармонических колебаний в несущих элементах пролетного строения и скоростью движения транспорта в случайном потоке, учитывая, что скорость волны колебания не зависит от частоты колебания, а является лишь функцией ее направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бишоп, Р.Е.Д. Колебания / пер. с англ. М.Ф. Диметберга и К.В. Фролова. М.: Наука, Гл. редакция физ.-мат. литературы, 1968. 161 с.
2. Картопольцев, В.М., Бочкарёв, Н.Н., Картопольцев, А.В. Evaluation of dynamic characteristics of a bridge span highway bridges in terms of exposure random traffic flow // Cambridge Journal of Education and Science. 2015. Vol. VI, N 2 (14). P. 521–533.
3. Картопольцев, А.В. Совершенствование метода оценки динамических характеристик пролётных строений балочных автодорожных мостов: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 1998. 147 с.
4. Определение динамических напряжений и деформаций в сталежелезобетонных мостах / В.М. Картопольцев, В.М. Сафронов, А.В. Картопольцев [и др.] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 3. С. 194–204.

V. M. Kartopoltsev, A. V. Kartopoltsev, A. O. Rabotaev

Development of the theory of regulation of the dynamic characteristics of bridge spans under the influence of a random traffic flow

The results of theoretical and experimental studies, supported and substantiated by the data of almost forty years of technical diagnostics of bridges, confirmed the phenomenon of the dynamic individuality of the "superstructure + car" system. The desire to find the relationship of time-varying mobile loads on bridge spans made it possible to find a complex indicator of the system stiffness under harmonic loading. Considering the adjustable dynamic characteristics of the limiting, within the required spectral density of values, a dynamic limiting state and a resonance condition are formed, which are criteria in the regulation of the oscillatory process.

diamos@mail.ru

М. Е. КОМНАТНОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
ТУСУР, Томск

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ
НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕЦЕПТОРОВ
И ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ ВБЛИЗИ ПРОИЗВОЛЬНО
РАСПОЛОЖЕННЫХ И ЧАСТИЧНО ЗАМКНУТЫХ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ БАРЬЕРОВ**

Кратко рассмотрены основные результаты одноимённого проекта Российского научного фонда, выполняемого в ТУСУРе. Описано создание объектов и устройств для исследования электромагнитных эмиссий и восприимчивости, в том числе для совместных климатических и электромагнитных воздействий. Представлены результаты разработки методик измерения электромагнитной эмиссии и восприимчивости объекта при климатическом воздействии, а также методов, моделей и устройства для вычисления и измерения экранирующих свойств электромагнитных барьеров. Приведены предварительные результаты по выявлению взаимовлияния источника и рецептора вблизи произвольно расположенных и частично замкнутых электромагнитных барьеров.

Совершенствование электрорадиоизделий (ЭРИ) за счёт миниатюризации и интеграции позволило сделать устройства мобильными, широкофункциональными, энергоэффективными и универсальными. С момента выявления проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) стало понятно, что её учёт необходим на всех стадиях жизненного цикла радиоэлектронной продукции. При этом научно-технический прогресс ещё больше актуализировал данную проблему, поскольку без её изучения и решения работа современных систем и устройств, содержащих радиоэлектронные средства (РЭС), практически невозможна. Поэтому совершенствование и создание новых методов и устройств в области ЭМС способствует модернизации и разработке более совершенной радиоэлектронной продукции.

Последние тенденции в решении проблемы ЭМС РЭС можно связать с проведением комплексных исследований, включающих длительные наблюдения, служащие основой для понимания и выделения кратковременных колебаний и долгосрочных событий при изучении и освоении космического и воздушного пространства Арктики и Антарктики. Применяемое для решения данных задач современное научно-исследовательское оборудование включает множество разнообразных РЭС, круглогодичная работа которых является необходимым условием обеспечения жизнедеятельности человека и надежного функционирования оборудования. Нормальный режим работы РЭС в сложных условиях поддерживается за счет различных методов, с помощью которых сохраняются основные технические характеристики ЭРИ в пределах заданного диапазона. Например, в Сибири разница температур может достигать 90 °С, что оказывает влияние на параметры ЭРИ, в том числе на вольт-амперные характеристики полупроводниковых изделий [1]. В результате изменяются амплитуды полезных и помеховых сигналов, нарушая устойчивую работу РЭС в целом. Таким образом, необходимо решение данной проблемы, учитывая реальные условия эксплуатации РЭС, что позволит повысить их надежность и отказоустойчивость.

Проект Российского научного фонда № 19-79-10162, выполняемый в 2019–2022 гг. в ТУСУРе, направлен на решение ряда задач в рамках указанной проблемы. В проекте предусмотрены следующие этапы.

1. Создание измерительной оснастки и объектов, подвергающихся воздействию.

2. Создание устройств на основе линий передачи для исследования электромагнитных эмиссий и восприимчивости объектов.

3. Разработка устройств для совместных климатических и электромагнитных воздействий.

4. Разработка методик и с их помощью измерение электромагнитной эмиссии и восприимчивости объекта при климатическом воздействии.

5. Выявление взаимовлияния источника и рецептора вблизи произвольно расположенных и частично замкнутых электромагнитных барьеров в заданных климатических условиях.

6. Разработка методов, моделей и устройства для вычисления и измерения экранирующих свойств электромагнитных барьеров.

Прежде всего были выбраны и обоснованы объекты для исследования на совместные климатические и электромагнитные воздействия. Созданы модели различных линий передачи (копланарной и микрополосковой) и проанализированы их параметры для выявления взаимовлияний геометрии, структуры, электромагнитного и температурного воздействий. Далее разработаны и созданы измерительные печатные платы (ПП) с линиями передачи и на их основе Г-, П- и Т-образные фильтры, а также ПП для трёх интегральных схем (ИС) на базе ядра ARM Cortex M3 зарубежного и отечественного производства, применяемых в критических РЭС, таких как кардиостимуляторы [2].

На основе ранее разработанной методики [3] созданы экспериментальные образцы uTEM- и STEM-камер. Первая предназначена для исследования и испытаний на помехоэмиссию и помехоустойчивость ИС высотой не более 5 мм в диапазоне частот до 5,3 ГГц со значением модуля коэффициента отражения $|S_{11}| \leq -17$ дБ [4, 5]. Вторая позволяет проводить измерения S-параметров, на основе которых вычисляется эффективность экранирования (ЭЭ) различных композитных материалов в диапазоне частот до 12 ГГц с $|S_{11}| \leq -13$ дБ [5–7].

Для совместных климатических и электромагнитных воздействий разработана климатическая электромагнитная реверберационная камера (РК), в основу которой заложена климатическая экранированная камера [3, 8]. Для этого на основе алгоритма [9] разработана и программно реализована группа моделей, позволяющих вычислить распределение электрического и температурного полей в эффективной рабочей зоне в зависимости от электрических и геометрических параметров РК. В результате получены геометрические размеры РК и испытательной зоны внутри неё, которые соответствуют современным стандартам испытаний при незначительном превышении требуемого значения среднеквадратического отклонения на ряде частот. Разработан терморегулятор с поддержкой многофазного режима работы для равномерного локального нагрева или охлаждения внешних стенок камеры [10] и способ синхронизации для терморегулятора [11, 12], позволяющий выполнять общую задачу группой микро-

контроллеров (МК) для создания совместных климатических и электромагнитных воздействий. Разработаны структурная схема, эскизный проект и внешний облик климатической электромагнитной РК. Камера предназначена для изучения помехоэмиссии и помехоустойчивости крупногабаритных объектов при контролируемых климатических воздействиях на них.

Разработаны методики измерения с использованием созданных ТЕМ- [2], uТЕМ- и СТЕМ-камер, а также измерения помехоэмиссии и помехоустойчивости ИС при климатическом воздействии. Выполнены измерения частотных зависимостей уровня эмиссии и S -параметров исследуемых объектов в uТЕМ-камере при воздействии на них температуры от минус 50 до +150 °С в промышленной температурной камере. Оценено влияние электромагнитного и климатического воздействий на электрические параметры объектов. Определены максимальные значения уровней помехоэмиссии и изменения частотных зависимостей S -параметров при воздействии температуры на uТЕМ-камеру с линиями передачи и фильтрами. Получены оценки уровня излучаемой помехоэмиссии при различных типах источника питания [13] и режимах работы отечественных и зарубежного микроконтроллеров (МК). Выявлен рост уровня помехоэмиссии вблизи основной частоты тактирования и кратной ей гармоники, амплитуды которых значительно зависят от температуры МК [14]. Предложены методы и алгоритмы восстановления и программной защиты в случае возникновения сбоев в процессе исследования МК на совместные климатические и электромагнитные воздействия. Выполнены измерения S -параметров в СТЕМ-камере и на их основе получены частотные зависимости ЭЭ композитных и радиопоглощающих материалов. С применением ТЕМ-камеры [3] и специально созданной оснастки собрана DualТЕМ-камера, при помощи которой проведены измерения ЭЭ разнотипных материалов, включая металлическую фольгу и радиоткани. На основе данных измерений разработан и предложен способ для электромагнитного экранирования радиотканью элементов и узлов, расположенных на ПП РЭС.

Проведен анализ взаимовлияния геометрических параметров и свойств диэлектрической и металлической пластин, расположенных между источником и рецептором, при разных расстояниях и расположении. Показано, что с увеличением

диэлектрической проницаемости пластины, расположенной между источником и рецептором, существенно изменяется форма сигнала на рецепторе при незначительном изменении его амплитуды. Исследовано воздействие на рецептор, расположенный за экранирующим корпусом, электромагнитного излучения источника, расположенного внутри корпуса. Установлено, что экранирующие конструкции оказывают существенное влияние на амплитуду напряжения, наводимого на близко расположенные рецепторы. Выполнено исследование влияния геометрических параметров рецептора и источника электромагнитного поля на характеристики рецептора. На основании этого разработана модель, описывающая источник и рецептор как пару несимметричных вибраторных антенн, разделенных электромагнитным барьером в виде металлической пластины и расположенных на ПП внутри uТЕМ-камеры. Проведено сравнение частотных зависимостей S -параметров, полученных при помощи электродинамического моделирования и измерений, показавшее их корректность. Выявлены закономерности влияния геометрических параметров источника и рецептора электромагнитного поля на характеристики рецептора в комплексной системе электромагнитных экранов. Описаны результаты исследования взаимосвязи источника и рецептора в комплексной системе электромагнитных экранов, состоящей из двух частично замкнутых экранирующих корпусов. Создан алгоритм расчета напряженности электрического поля в произвольной точке внутри экранирующей системы. Выполнен анализ комплексной системы экранов при различных вариантах расположения вложенного корпуса и его апертуры. Приведены наихудший и наилучший варианты конструкций комплексной системы электромагнитных экранов. Разработаны и предложены модели систем электромагнитных экранов, обеспечивающих наихудшую и наилучшую помехозащищенность при размещении рецептора или источника электромагнитного излучения во вложенном малогабаритном корпусе. Разработана методика анализа помехоэмиссии в комплексной системе электромагнитных экранов. Сформулированы основные закономерности изменения помехоэмиссии от заданного источника излучения при его размещении в комплексной системе электромагнитных экранов.

Проведена оценка и представлены частотные зависимости ЭЭ типовых частично замкнутых электромагнитных барьеров с учетом влияния диэлектрических и радиопоглощающих материалов, расположенных внутри, снаружи и в апертурах электромагнитных барьеров [15]. С целью снижения уровня электромагнитной эмиссии источника и восприимчивости рецептора разработан ряд моделей и методов для оценки экранирующих свойств типовых конструкций, которые позволяют вычислить ЭЭ корпусов различных геометрических размеров, а также с разной формой и количеством электромагнитных барьеров, расположенных внутри, снаружи и в апертурах экранирующего корпуса [16–20]. Разработана методика оценки ЭЭ типовых экранирующих корпусов на основе S -параметров, измеренных без внесения в полость экранирующего корпуса рецептора или источника ЭМП, отличающаяся возможностью учета высших типов волн, распространяющихся в корпусе. На основе методики разработаны эскизный проект и облик устройства для косвенного измерения ЭЭ металлических корпусов [15].

В настоящее время по результатам проекта опубликовано 35 работ, из них 11 в изданиях, индексируемых WoS и Scopus, одна в журнале, входящем в Q1 Scopus, один патент на изобретение. Материалы по выявленным закономерностям взаимовлияния источника и рецептора электромагнитного излучения вблизи произвольно расположенных и частично замкнутых электромагнитных барьеров в заданных климатических условиях будут опубликованы после завершения проекта (май 2022 г.). Также на завершающей стадии проекта будут представлены результаты исследования воздействия электромагнитного излучения при заданных климатических условиях, а именно при влиянии влажности воздуха на исследуемые объекты.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского
научного фонда (проект №19-79-10162) в ТУСУРе.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Комнатнов, М.Е., Газизов, Т.Р. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры // Доклады ТУСУР. 2014. № 4(34), ч. 1. С. 39–45.
2. Busygina, A. Methods for ensuring the sustainability of pacemakers // Proc. of IEEE 2019 Int. multi-conference on engineering, computer

and information sciences (SIBIRCON), 2019, Novosibirsk, Russia, 21–27 Oct. 2019. P. 1–5.

3. Комнатнов, М.Е. Анализ эффективности экранирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата и создание устройств для испытаний на электромагнитную совместимость: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.07, 05.12.04. Томск, 2016. 216 с. URL: <https://storage.tusur.ru/files/43698/dissertation.pdf>.

4. Demakov, A.V., Komnatnov, M.E. TEM cell for testing low-profile integrated circuits for EMC // IEEE 21th Int. conf. on micro/nanotechnologies and electron devices EDM, Chemal, Russia, 29 June – 3 July 2020. P. 154–158.

5. Демаков, А.В. Совершенствование камер для испытаний на электромагнитную совместимость: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.07. Томск, 2019. 155 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/asd36c21>.

6. Demakov, A.V., Komnatnov, M.E. Development of an improved coaxial cell for measuring the shielding effectiveness of materials // IOP conf. series: materials science and eng. 2020. Vol. 734, N 1 012077, P. 1–5. doi:10.1088/1757-899X/734/1/012077.

7. Заявка 2020131978 Рос. Федерация. Коаксиальная камера для измерения эффективности электромагнитного экранирования радиопоглощающих материалов / Демаков А.В., Комнатнов М.Е., Иванов А.А., Николаев И.И., Газизов Т.Р. № 2020131978; заявл. 29.09.20; опубл. 23.06.21.

8. Пат. 2558706 Рос. Федерация. Климатическая экранированная камера / Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р. № 2014103639/07; заявл. 03.02.14; опубл. 08.07.15, Бюл. № 22.

9. Demakov, A.V., Komnatnov, M.E. Algorithm for an estimation of the electromagnetic field uniformity in the working volume of a reverberation chamber // IEEE 21th Int. conf. on micro/nanotechnologies and electron devices EDM, Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2019. P. 65–69.

10. Методика управления группой элементов Пельтье посредством реверсивных преобразователей с дополнительным ключом управления электропитанием для климатической ТЕМ-камеры / А.А. Собко, А.В. Осинцев, М.Е. Комнатнов Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 323–341.

11. Способ синхронизации группы разнотипных микроконтроллеров с управлением временем синхронной работы / А.А. Собко, А.В. Осинцев, М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 3. С. 51–63.

12. Dubreuil, V., Osintsev, A.V. Designing multiple PID controllers based on an FPGA for controlling the temperature of TEM-cell surfaces // Proc. of IEEE 2019 Int. multi-conference on eng., computer and information sciences (SIBIRCON), 2019, Novosibirsk, Russia, 21–27 Oct. 2019. P. 194–198.

13. Research of radiated emissions of a microcontroller using various power supplies / A.V. Demakov, V.A. Semenjuk, M.E. Komnatnov, T.R. Gazizov // 2021 Int. siberian conf. on control and communications (SIBCON), Kazan, Russia 13–15 May 2021. – P. 1–4.

14. Measurement of microcontroller radiated emissions at different operation modes / A.V. Demakov, A.V. Osintsev, V.A. Semenjuk, M.E. Komnatnov // IEEE 21th Int. Conf. on micro/nanotechnologies and electron devices EDM, Souzga, the Altai Republic, Russia 30 June – 4 July 2021. P. 1–5.

15. Иванов, А.А. Методы, программы и устройство для оценки эффективности экранирования типовых экранирующих конструкций радиоэлектронных средств: дис. ... канд. техн. наук: 2.2.13. Томск, 2021. 182 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/3q9chivd>.

16. Ivanov, A.A., Komnatnov, M.E., Gazizov, T.R. Analytical model for evaluating shielding effectiveness of an enclosure populated with conducting plates // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. 2020, Oct. Vol. 62. Iss. 5. P. 2307–2310.

17. Ivanov, A.A., Komnatnov, M.E. Analytical model of a shielding enclosure populated with arbitrary shaped dielectric obstacles // Journal of physics: conf. series. 2021. Vol. 1889. P. 1–6.

18. Ivanov, A.A., Komnatnov, M.E. Model for estimating the shielding effectiveness of an enclosure with a perforated wall // IOP conf. series: materials science and engineering. 2020. Vol. 734. P. 1–6.

19. Ivanov, A.A., Komnatnov, M.E. Analytical model for estimating the shielding effectiveness of cylindrical connectors // IOP conf. series: materials science and engineering. 2019. Vol. 560. P. 1–6.

20. Иванов, А.А., Комнатнов, М.Е. Полуаналитический метод для оценки эффективности экранирования корпуса с апертурой // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2021. Т. 24, № 1. С. 16–23.

M. E. Komnatnov

The effect of temperature and humidity on the interaction of receptors and sources of electromagnetic radiation near arbitrarily located and partially closed electromagnetic barriers

In this paper, the main results of the project of the same name of the Russian Scientific Foundation carried out in TUSUR, are briefly discusses. The creation of objects and devices for the study of electromagnetic emissions and susceptibility, including for joint climatic and electromagnetic influences, is described. The results of the development of methods for measuring electromagnetic emission and the susceptibility of an object under climatic influence, as well as methods, models and devices for calculating and measuring the shielding properties of electromagnetic barriers are presented. Preliminary results on the identification of the mutual influence of the source and the receptor near arbitrarily located and partially closed electromagnetic barriers are described.

maxmek@mail.ru

А. Д. МОСКОВЧЕНКО, действ. чл. МАН ВШ, д-р филос. наук,
проф. каф. философии и социологии ГФ, ТУСУР, Томск

ТРИУМФ И НИЩЕТА СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ЭФИР, Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ, ЛОГИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Революция в естествознании конца XIX – начала XX века принесла не только грандиозные открытия в физической науке, но и породила «физический идеализм», который отверг «эфирную» материю, что сыграло негативную роль в дальнейшем развитии науки в целом и практики. Формулируется ряд логико-методологических проблем, разрешение которых позволит выйти на понимание разумно-духовной сущности материи.

В результате революции в естествознании конца XIX – начала XX века произошло радикальное изменение смысла понятий и смена логико-методологического фундамента науки. Особенно ожесточенные дискуссии происходили вокруг понятия «эфир». Классическое представление об эфире сложилось еще в Древней Греции: это некая однородная материальная сфера, заполняющее пространство. Но к началу XX века в связи с появлением релятивистской физики, основателем которой стал главным образом А. Эйнштейн (нобелевский лауреат), возобладали представления об эфире как о чем-то фантастическом, не существующем в природе, выдуманном псевдоучеными. При этом основатели новой физики (ядерно-детерминистской) Д. Томсон и Э. Резерфорд (нобелевские лауреаты) продолжали поддерживать эфирную гипотезу в науке. Противостояние детерминистов (признающих эфир) и релятивистов (отвергающих эфир) продолжается до сих пор. Вместе с тем позиция релятивистов, связанная главным образом со специальной и общей теорией относительности, повсеместно поддерживается официальными властями и религиозными деятелями, мировым капиталом и олигархическими структурами. Вмешательство «потусторонних сил» затормозило развитие естествознания в целом и направило в конечном итоге

в сторону формализации, непомерной математизации, а в настоящее время и цифровизации всех областей науки и культуры, что привело к угасанию духовно-разумных ценностей человечества.

Однако в последние десятилетия эфирная проблематика снова возрождается. Крупнейшие физики современности высказывают мысль о том, что без эфирных предпосылок невозможно понять многослойный иерархический характер материального мира. Менделеев Д.И. еще в начале XX века (1905 г.) сумел высказать (опубликовать) свои принципиальные положения об эфирной материи. «Мировой эфир, – отмечал он, – есть субстанция всякого химического элемента и значит – всякого вещества, есть абсолютная истинная материя как Всемирная элементообразующая сущность» [1, 2]. Более того, открыв периодический закон химических элементов, он вынужден был поставить вопрос о физическом обосновании этого закона и вышел на проблему взаимосвязи субстанции химии и субстанции эфира. Менделеев высказал гениальную мысль, что эфир неоднороден и имеет периодическую структурную организацию, которая является прообразом периодизации химических элементов [3].

Есть и другая сторона кризиса современного естествознания – это непомерная математизация физических величин. Еще Гегель в начале XIX века предостерегал против использования в физике приемов математики в силу одной лишь математической полезности и эффективности тех или иных формальных приемов [4, с. 93–94]. Физик-ядерщик профессор Владимир Ильич Поляков в своей капитальной работе (2008 г.) подтверждает мысли великого немецкого философа. Он приводит удивительную по смелости таблицу, где показана антиприродная сущность некоторых открытий лауреатов Нобелевской премии по физике в первой половине XX века: это постулаты теории относительности А. Эйнштейна, лежащие в основе ряда открытий квантовой физики; математические уравнения В. Гейзенберга, не имеющие физической основы, не способные описывать состояния и свойства атомов; принцип запрета Паули, который является восхитительной математической подгонкой без понимания физического смысла, и др. [5, с. 584–589]. На это же обращал внимание выдающийся физик профессор МГУ Владимир Акимович Ацюковский [6, с. 40–63]. Одновременно выходит книга академика РАН Эдуарда Павловича Круглякова, в которой начисто отвергается представ-

ление об эфирной материи, а ученые, придерживающиеся эфирной проблематики, называются им «учеными с большой дороги» [7].

Дискуссия между детерминистами и релятивистами имеет не только физическое, но и политическое звучание, что характерно для посмертной научной судьбы Д.И. Менделеева (1907 г.): таблицу химических элементов, предложенную им, исказили – эфир (первоначальные элементы «короний», «ньютоний») убрали, нулевую группу отменили [3]. В этом ряду трагическая судьба ученого, инженера и философа Павла Флоренского после выхода его работы «Мнимости в геометрии» (1927 г.), где он выступил против теории относительности А. Эйнштейна [8]. Еще пример – категорическое неприятие русской космической мысли и творчества Е.П. Блаватской, которая приоткрывает глубинные многослойные периодические структуры эфирной Вселенной: «Эфир насыщен электроволнами, которые связывают воедино весь Космос в своем непосредственном движении ... это пластичная, разреженная материальная среда, она настолько легка и воздушна, что обнаружить ее экспериментальным путем чрезвычайно трудно» [9, с. 362]. Главным двигателем эфирной материи является солнечная и космическая энергия, положительное и отрицательное электричество (магнетизм), связующее воедино макро-, микро- и мегакосмос, внутренняя сущность которых раскрывается через автотрофно-гетеротрофные процессы в природе и обществе [10].

Система логико-методологических построений релятивистов представляет собой замкнутый круг, где конечные рассуждения и выводы возвращаются к исходным математическим понятиям, а за объективное протекание событий выдается субъективное восприятие их наблюдателем. Явно прослеживается субъективный идеализм в теоретической физике XX века, обозначенный В.И. Лениным как «физический идеализм» [6]. «Физика, – отмечает Ацюковский, – фактически превратилась в некий раздел математики, свободно оперирующей абстрактными понятиями, не имеющими никакого отношения к реальной действительности» [6, с. 7]. При этом математика подменила собой философию, что привело естествознание к методологическому и мировоззренческому кризису. Теоретическая несостоятельность физиков связана с двумя причинами: 1) с тотальной идеализацией

законов классической физики; 2) неспособностью понять иерархическую разумно-духовную организацию вселенской материи. Обе причины обусловлены непониманием физической сущности явлений, что привело к исчезновению эфира из поля зрения ученых. Но Д.И. Менделеев сумел это понять и высказал мысль о том, что эфир неоднороден и является идеальным прообразом реальной периодической системы химических элементов [2].

Признавая несомненные успехи естественно-научного знания на рубеже XIX – XX веков, следует обратить внимание на логико-методологические проблемы, затрагивающие его основы:

1) диалектическая **неразработанность логико-методологического инструментария** привела к отсутствию преемственности физической мысли; классическая физика и новая (квантовая и релятивистская) оказались не связанными друг с другом; отсутствие преемственности привело к отрицанию эфира (эфирной материи), к негативным последствиям логико-методологического характера – до сих пор не сложилась единая система физического знания, объединяющая макро-, микро- и мегамиры;

2) **приоритет абстрактного математического знания** над физической реальностью обусловил замкнутость математического самосознания на внутренних формальных процедурах и вымыслах; математика XX века при всех ее достоинствах сыграла негативную роль в становлении разумно-духовного планетарного космического сознания;

3) **неспособность физиков XX века (что связано главным образом с устранением философии из сферы мыслительной деятельности)** понять духовно-разумную сторону материи во всех ее проявлениях стала причиной неприятия великих достижений в области культуры в целом представителей западной и восточной космических школ, включая творчество русских космистов двух последних столетий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рязанцев, Г.Б. Об одной «ошибке» Д.И. Менделеева. Проблема нулевых // Российское атомное сообщество, сверхновая энергетика. Электронный журнал. 2013. URL: <http://www.atomic-energy.ru/papers/44698>.

2. Менделеев, Д.И. Попытка химического понимания мирового эфира. СПб., 1905. 112 с.

3. Родионов, В.Г. Место и роль эфира в истинной таблице Д.И. Менделеева // Физика и техника. Теории, гипотезы, идеи. М., 1994. С. 11–15.

4. Гегель, Г.В.Ф. Энциклопедия философских наук. Т. 2: Философия природы. М.: Мысль, 1975. 695 с.

5. Поляков, В.И. Экзамен на «Homo Sapiens-II». От концепций естествознаний XX века – к естествопониманию. М.: Академия естествознания, 2007. 596 с.

6. Ацюковский, В.А. Материализм и релятивизм. Критика методологии современной теоретической физики. К 100-летию выхода в свет кн. В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». 3-е изд. М.: Петит, 2009. 256 с.

7. Кругляков, Э.П. «Ученые» с большой дороги. М.: Наука, 2002. 320 с.

8. Флоренский, П.А. Мнимости в геометрии. М.: Лазурь, 1991. 96 с.

9. Блаватская, Е.П. Разоблаченная Изида. М.: Золотой век, 1993. Т. 1. 769 с.

10. Московченко, А.Д. Философия (методология) науки и инженерного образования (на основе биоавтотрофокосмизма): моногр. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. 158 с.

A. D. Moskovchenko

The triumph and poverty of modern natural science. Ether, D.I. Mendeleev, logical and methodological problems

The revolution in natural science at the end of the 19th - beginning of the 20th centuries brought not only tremendous discoveries in physical science, but also gave rise to "physical idealism", which rejected "etheric" matter, which played a negative role in the further development of science in general and practice. The report formulates a number of logical and methodological problems, the solution of which will allow reaching an understanding of the rational and spiritual essence of matter.

maled@sibmail.ru

Р. С. СУРОВЦЕВ, канд. техн. наук, доцент каф. ТУ,
ТУСУР, Томск

ПОЛОСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МЕАНДРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ: ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кратко представлены результаты комплексного исследования полосковых устройств на основе меандра для защиты радиоэлектронных средств от электромагнитных воздействий. Рассмотрены перспективы исследований данного направления.

Современные тенденции развития микроэлектроники обуславливают рост чувствительности радиоэлектронных средств (РЭС) к кондуктивным электромагнитным воздействиям сверхкороткой длительности. Специфика результата воздействия сверхкороткого импульса (СКИ) заключается в том, что наводки от него могут восприниматься в качестве полезных сигналов, нарушая цифровой обмен, а при более высокой амплитуде проникать через традиционные средства защиты и выводить из строя РЭС [1] даже по цепям питания [2]. Поэтому разработка подходов и устройств защиты от таких воздействий не теряет своей актуальности.

Сотрудники кафедры телевидения и управления ТУСУРа около 20 лет занимаются решением задачи защиты РЭС от СКИ. Одним из способов такой защиты является использование модальных искажений (из-за различия скоростей распространения мод сигнала) для разложения СКИ на последовательность импульсов (2 импульса мод в случае двухпроводной линии) в полосковых линиях передачи, что позволяет уменьшить амплитуду СКИ в 2 раза и более [3]. Другим подходом на основе модальных искажений сигнала является разложение СКИ на последовательность уже из 3 основных импульсов (наведенного из-за перекрестной связи и 2 импульсов мод) в полосковых линиях задержки в виде меандра [4]. Между тем второй подход имеет ряд преимуществ по сравнению с первым, основным из которых

является в два раза меньшая длина устройства для разложения СКИ той же длительности. Поэтому его развитие актуально. Однако за 7 лет его исследований накопилось много результатов, которые целесообразно осмыслить и систематизировать для более плодотворного их продвижения. Целью настоящей работы является систематизация результатов исследований данного подхода и обсуждение перспектив дальнейших исследований.

Исследование защитных меандровых линий началось с обнаруженной возможности исключить влияние наведенного сигнала на основной импульс за счет выбора оптимальной длины витка меандра [5]. Затем было показано, что в витке с воздушным диэлектрическим заполнением, когда скорости распространения мод равны, возможно выравнивание амплитуд 2 импульсов (наводки и основного сигнала) на выходе линии за счет сильной связи между проводниками [6]. После этого в витке микрополосковой линии показана такая же возможность для 3 импульсов (наводки и импульсов мод линии) [7]. Ослабление амплитуды СКИ составило 1,62 и 2,41 раза для воздушной и микрополосковой линий соответственно. Для каждой из линий определены простые условия, выполнение которых обеспечивает разложение СКИ на последовательность импульсов с указанным ослаблением.

При дальнейших исследованиях выполнен анализ влияния потерь: сначала в проводниках витка воздушной линии [8], затем в проводниках и диэлектрике витка микрополосковой линии [9]. В результате выявлено, что потери позволяют обеспечить оптимальную связь между проводниками при большем значении разности между ними и это может упростить практическую реализацию таких устройств. По итогам исследований представлены результаты комплексного (численного и экспериментального) анализа во временной и частотной областях витка меандровой микрополосковой линии [4]. Экспериментально доказана возможность защиты РЭС от СКИ за счет использования модальных искажений сигнала в полосковых устройствах в форме меандра. Указанный комплекс исследований позволил победить в конкурсе грантов РФФИ. Целью проекта являлось комплексное исследование возможности разработки новой технологии защиты РЭС от СКИ на основе использования меандровых линий [10].

Дальнейшие исследования велись по ряду направлений, каждое из которых кратко представлено ниже.

Поскольку на начальном этапе все исследования выполнялись для симметричных линий (воздушной и микрополосковой), то продолжением стали аналогичные исследования, но уже для линий с асимметричным поперечным сечением [11–13], где также теоретически и экспериментально доказана возможность защиты. Другим направлением стало исследование возможности применения устройств на основе модального разложения для защиты от электростатического разряда (ЭСР) [14, 15]. Поскольку длительность ЭСР (около 100 пс) существенно больше рассматривавшихся ранее СКИ, то предложено разложение только его пикового выброса длительностью 4 нс. Также ведутся работы по увеличению количества (а значит, уменьшению амплитуды) импульсов разложения сразу в нескольких направлениях: в витке меандра с дополнительными пассивными проводниками [16], в нескольких витках, соединенных каскадно [17], и в гибридных устройствах на основе витка меандра и модального фильтра [18]. В рамках каждого из направлений получены универсальные условия, которые позволяют разложить СКИ на последовательность без наложения импульсов друг на друга для минимизации общей амплитуды на выходе устройства.

Отдельного внимания заслуживает разработка теоретических основ для анализа и синтеза устройств. В рамках данного направления ведется работа по созданию аналитических моделей для вычисления временного отклика без затратного моделирования и многовариантного анализа численными методами при оптимизации устройств защиты. В их основе лежат широко известные модели, предложенные для связанных линий [19, 20], и модели, учитывающие заданное число отражений [21]. Так, получены аналитические выражения для оценки амплитуды и формы импульсного сигнала в витке меандровой линии на основе моделей из [19, 20], а после выполнено сравнение найденных по моделям форм и амплитуд составляющих выходного сигнала с результатами моделирования [22]. На основе моделей из [21] получены аналитические модели для вычисления временного отклика на воздействие напряжения произвольной формы в витке меандровой линии [23]. Определены условия для выравнивания амплитуд составляющих временного отклика в трех вариантах

витка меандра [24]. Условия подтверждены численным моделированием на основе метода моментов и модифицированного узлового метода. Данное направление особенно важно для практики, так как полученные условия можно использовать в качестве критерия целевой функции при оптимизации.

Существенная часть материалов описанных исследований использована в кандидатских диссертациях Суровцева Р.С. и Носова А.В., а также в бакалаврских работах и магистерских диссертациях их учеников. Также в результате цикла исследований запатентовано большое число устройств на основе данного подхода (16 патентов на изобретения), что свидетельствует о его высокой технической новизне.

Одним из наиболее перспективных направлений дальнейших исследований видится детальное изучение структур с асимметричным поперечным сечением, поскольку из-за асимметрии в отклике таких структур появляются дополнительные импульсы разложения, что позволяет еще более ослабить СКИ на выходе устройства. Имеющийся задел, а также актуальность исследования асимметричных структур позволили победить в конкурсе грантов РФФИ. Проект РФФИ № 21-79-00161 направлен на разработку математического аппарата для анализа и синтеза асимметричных структур. Его результатом будет комплекс математических моделей: для аналитического вычисления отклика, расчета времени прихода импульсов разложения, вычисления излучаемых эмиссий. На основе моделей будет разработан комплекс алгоритмов и программ для анализа и синтеза асимметричных структур. Апробация моделей позволит выявить новые закономерности поведения временных характеристик, а их анализ – определить условия выравнивания амплитуд и новые временные соотношения, обеспечивающие разнос импульсов в отклике асимметричных структур. В результате исследований будет разработан ряд методик синтеза устройств на основе асимметричных структур, изготовлены макеты таких структур и проведена апробация полученных ранее результатов с помощью измерений. В завершение комплекса исследований предполагается проработка вопросов практической реализации защиты на основе разных структурных уровней РЭС и с применением разных технологий.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 21-79-00161.

ЛИТЕРАТУРА

1. Три возможных механизма возникновения отказов электронных устройств в результате электромагнитного воздействия / Л.Н. Здухов, Л.Н. Парфёнов, О.А. Тарасов, В.М. Чепелев // Технологии ЭМС. 2018. № 2(65). С. 22–34.
2. Гизатуллин, З.М., Гизатуллин, Р.М. Исследование помехоустойчивости вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания // Радиотехника и электроника. 2016. № 5(61). С. 500–505.
3. Газизов, Т.Р., Заболоцкий, А.М. Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов // Технологии ЭМС. 2006. № 4. С. 40–44.
4. Possibility of Protection against UWB pulses based on a turn of a meander microstrip line / R.S. Surovtsev, A.V. Nosov, A.M. Zabolotsky, T.R. Gazizov // IEEE Transactions in Electromagnetic Compatibility. 2017. N 6(59). P. 1864–1871.
5. Распространение импульса в меандровой линии с неоднородным диэлектрическим заполнением без искажений его формы перекрестными наводками / Р.С. Суровцев, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов, П.Е. Орлов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 4(34). С. 34–38.
6. Surovtsev, R.S., Gazizov, T.R., Zabolotsky, A.M. Pulse Decomposition in the turn of meander line as a new concept of protection against UWB pulses // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Omsk, Russian Federation. 2015. P. 1–6.
7. Surovtsev, R.S., Nosov, A.V., Zabolotsky, A.M. Simple method of protection against UWB pulses based on a turn of meander microstrip line // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. Erlagol. 2015. P. 175–177.
8. Носов, А.В., Суровцев, Р.С. Оценка влияния потерь на разложение сверхкороткого импульса в витке воздушной меандровой линии // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Томск, 2015. Ч. 2. С. 47–52.
9. Surovtsev, R.S., Nosov, A.V., Gazizov, T.T. Influence of losses on ultrashort pulse decomposition in a turn of meander microstrip line // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. Erlagol. 2016. P. 151–154.
10. Суровцев, Р.С. Исследования возможности разработки новой технологии защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхко-

ротких импульсов на основе простых печатных структур / 25-я Международная науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019)». Томск, 2019. С. 36–40.

11. Gazizov, A.T., Zabolotsky, A.M., Gazizov, T.R. UWB pulse decomposition in simple printed structures // *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. 2016. N 4(58). P. 1136–1142.

12. Nosov, A.V., Surovtsev, R.S. Study of protective meander line turn with broad-side coupling // 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). Novosibirsk, 2017. P. 459–462.

13. Экспериментальное подтверждение возможности защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкороткого импульса за счет его разложения в С-секции с лицевой связью / А.В. Носов, Р.С. Суровцев, А.М. Заболоцкий, Т.Т. Газизов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2016. № 3(19). С. 47–50.

14. Nosov, A.V., Surovtsev, R.S., Gazizov, T.R. Investigation of the possibility of protection against electrostatic discharge by using meander microstrip line // *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1015. P. 1–6.

15. Surovtsev, R.S., Nosov, A.V., Gazizov, T.R. Using a turn of a meander microstrip line for ESD protection // *Electrica*. 2021. P. 1–9. DOI: 10.5152/electr.2021.21062.

16. Nosov, A.V., Surovtsev, R.S. Ultrashort pulse decomposition in the turn of a meander microstrip line with a passive conductor // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1862. P. 1–6.

17. Conditions for ultrashort pulse decomposition in multi-cascade protection devices based on meander microstrip lines / G.Y. Kim, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev, T.T. Gazizov, A.E. Maximov // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 1–6.

18. Simulating hybrid protection against ultrashort pulse based on its modal decomposition / A.V. Nosov, A.O. Belousov, R.S. Surovtsev, T.R. Gazizov // *Journal of physics: Conference series*. 2019. Vol. 1353. P. 1–6.

19. You, H., Soma, M. Crosstalk analysis of interconnection lines and packages in high-speed integrated circuits // *IEEE Trans. on circuits and systems*. 1990. Vol. 37. P. 1019–1026.

20. Park, S., Xiao, F., Kami, Y. Analytical approach for crosstalk characterization of multiconductor transmission lines using mode decomposition technique in the time domain // *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. 2010. N 2(52). P. 436–446.

21. Леонтьев, Н.А. Анализ временного отклика в межсоединениях быстродействующих радиоэлектронных схем: дис. ... канд. техн. наук. Томск: ГУСУР, 2000.

22. Сердюк, Е.А., Суровцев, Р.С. Выражения для аналитической оценки формы и амплитуды импульсного сигнала в витке меандровой линии задержки // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Томск, 2018. Т. 1. С. 312–315.

23. Аналитические математические модели для вычисления временного отклика в витке меандровой линии / Е.А. Сердюк, А.В. Носов, Р.С. Суровцев, Т.Р. Газизов // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Томск. 2019. Т. 2. С. 49–52.

24. Суровцев, Р.С. Аналитические условия для выравнивания и уменьшения амплитуд составляющих временного отклика в витке меандровой линии // Радиотехника и электроника. 2022. № 1(61). (В печати.)

R. S. Surovtsev

Stripline devices based on meandr for protection against conducted excitations: obtained results and investigation perspectives

The results of a comprehensive study of stripline devices based on a meander for the protection of radio-electronic equipment against electromagnetic influences are briefly presented. Investigation perspectives of this direction are also considered.

surovtsevrs@gmail.com

Секционные доклады

Секция 1 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

УДК 330.3

С. П. БУРЛАНКОВ, д-р экон. наук, проф. каф. ресторанного
бизнеса РЭУ им. Г. В. Плеханова, Москва

РАЗВИТИЕ КОНКУРЕНТОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СФЕРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Рассмотрены основные факторы, которые оказывают воздействие на объекты на микро-, мезо-, макро- и других уровнях. Эти факторы необходимы в первую очередь для того, чтобы оценить конкурентоустойчивость предприятий технического сервиса, учитывая различные направления их деятельности (универсальность).

Предложена универсальная методика оценки конкурентоустойчивости предприятий в современных условиях, на основе которой выявляется место предприятия на рынке, а в случае низкого уровня устойчивости разрабатывается план выхода из данной ситуации.

Создан метод определения весомости факторов в универсальной методике оценки уровня конкурентоустойчивости. Показанный автором подход оценки конкурентоустойчивости на основе методов системного анализа позволяет создать в динамике научный инструментарий для определения развития компании с целью укрепления ее конкурентных позиций на рынке.

На современном этапе становления нового технологического уклада, когда активно развиваются нанотехнологии, искусственный интеллект и биотехнические объекты, важной составляющей в процессе функционирования этих объектов является система их технического обслуживания и ремонтно-технического сервиса. Сфера технического сервиса имеет достаточно много направлений применения: ремонтно-технический агросер-

вис, автомобильный техсервис (автосервис), вагонотехнический сервис, ремонтно-технический сервис в ЖКХ и т. д.

В зависимости от направлений производства и оказания услуг действуют строго определенные факторы, которые воздействуют на объекты на микро-, мезо-, макро- и других уровнях. Данные факторы необходимы в первую очередь для того, чтобы оценить уровень конкурентной устойчивости предприятий технического сервиса, учитывая различные направления их деятельности (универсальность).

Особенную актуальность данной теме придает ситуация, связанная с пандемией, когда устойчивость предприятий техсервиса проверяется снижением уровня предоставляемых ими услуг. В связи с этим важно разработать универсальную методику оценки конкурентоустойчивости организаций, позволяющую с единых методических позиций определить уровень их функционирования.

С целью решения поставленной проблемы рассматриваются две основные составляющие. Первая касается понятийного аппарата, в котором предложено авторское определение термина «ремонтно-технический сервис», сформулирована сущность понятия конкурентоустойчивости. Во второй излагается универсальная методика оценки конкурентоустойчивости предприятий сферы ремонтно-технического сервиса, позволяющая в современных условиях выявить место предприятия на рынке, а в случае низкого уровня устойчивости разработать план выхода из данной ситуации. Результаты исследований будут важны руководителям предприятий технического сервиса, во-первых, для выявления их устойчивости в современных условиях на рынке оказания услуг, во-вторых, для разработки плана выхода из критической ситуации и, в-третьих, для формирования долгосрочной стратегии развития предприятия.

После факторного анализа и включения в оценку конкурентоустойчивости комплексных и единичных параметров, а также изучения литературных источников [1–6] разработан метод определения их весомости. Для этого применялся экспертный опрос с целью уточнения перечня комплексных и единичных факторов оценки. В роли экспертов выступали инженерно-технические работники, водители, ремонтные рабочие, сотрудники бухгалтерии

и экономической службы, стаж работы которых по эксплуатации и ремонту техники составлял не менее 5 лет.

Экспертный опрос проводился в несколько этапов. На первом уточняли перечень комплексных факторов, затем на основе анализа мнений экспертов уточняли комплексные и единичные факторы в совокупности. На втором этапе перечень комплексных и единичных факторов анализировали эксперты для определения их весомости.

Расчет весомости факторов осуществляли с помощью ряда средних. Затем рассчитывали коэффициент вариации. Результаты расчетов представлены в таблице.

Предложенная оценка конкурентоустойчивости на основе методов системного анализа позволяет создать в динамике научный инструментарий для определения уровня развития компании с целью укрепления ее конкурентных позиций на рынке.

Весомость комплексных и единичных факторов оценки конкурентоустойчивости предприятий сферы ремонтно-технического сервиса

Наименование комплексного фактора	Весомость	Коэффициент вариации	Наименование единичного фактора	Весомость	Коэффициент вариации
1. Уровень финансовой устойчивости предприятия техсервиса	0,3	0,2	1.1. Коэффициент автономии (финансовой независимости)	0,15	0,14
			1.2. Коэффициент капитализации (соотношение заемного и собственного капитала)	0,3	0,24
			1.3. Коэффициент финансовой устойчивости	0,2	0,18
			1.4. Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования	0,2	0,24
			1.5. Коэффициент финансовой независимости в части формирования запасов	0,15	0,22
2. Уровень процесса обслуживания предприятия техсервиса	0,15	0,12	2.1. Своевременность выполнения заявок клиентов	0,6	0,20
			2.2. Уровень номенклатуры предоставляемых услуг для клиентов	0,4	0,21

Продолжение таблицы

Наименование комплексного фактора	Весомость	Коэффициент вариации	Наименование единичного фактора	Весомость	Коэффициент вариации
3. Уровень качества технической эксплуатации предприятия техсервиса	0,35	0,10	3.1. Соблюдение периодичности плановых технических обслуживаний (ТО) и текущих ремонтов (ТР)	0,05	0,17
			3.2. Качество и объем выполнения номенклатуры операций технического обслуживания и текущих ремонтов	0,1	0,14
			3.3. Уровень применения диагностики на предприятии	0,1	0,24
			3.4. Уровень обеспеченности запасными частями	0,05	0,18
			3.5. Уровень качества запасных частей	0,2	0,24
			3.6. Уровень сборки, регулировки и обкатки оборудования	0,15	0,22
			3.7. Уровень квалификации специалистов, проводивших ТО и ремонт	0,1	0,20
			3.8. Уровень обеспеченности другими ресурсами (кроме запасных частей)	0,15	0,24

Продолжение таблицы

Наименование комплексного фактора	Весомость	Коэффициент вариации	Наименование единичного фактора	Весомость	Коэффициент вариации
4. Уровень кадрового потенциала предприятия техсервиса	0,15	0,21	4.1. Классность кадров	0,2	0,22
			4.2. Стаж работы кадров	0,2	0,17
			4.3. Уровень профессиональной подготовки	0,15	0,24
			4.4. Отношение кадров к оборудованию (их признание)	0,2	0,19
			4.5. Количество работников, сменившихся за амортизационный срок службы при обслуживании объекта	0,25	0,21
5. Маркетинговый уровень контакта с клиентами предприятия техсервиса	0,24	0,68	5.1. Отдаленность от обслуживаемого объекта	0,17	0,94
			5.2. Наличие сайта в Интернете, удобство его использования	0,23	0,77
			5.3. Открытость информации, о деятельности компании	0,24	0,82
			5.4. Организация контакта с потенциальными клиентами.	0,21	0,25
			5.5. Уровень качества обработки информации о деятельности конкурентов	0,15	0,65

Окончание таблицы

Наименование комплексного фактора	Весомость	Коэффициент вариации	Наименование единичного фактора	Весомость	Коэффициент вариации
6. Уровень материально-технической оснащенности предприятия техсервиса	0,1	0,1	6.1. Уровень технико-технологической оснащенности предприятия	0,05	0,2
			6.2. Уровень обеспеченности оборотными средствами (<i>запасными частями и материалами на складе</i>)	0,05	0,2

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумпетер, И. Теория экономического развития : пер с нем. М.: Прогресс, 1982. 455 с. С. 8.
2. Маркс, К. Капитал: критика политической экономии. Т. III. С. 7.
3. Понятийный аппарат и факторы конкурентоустойчивости технико-экономических систем / С.П. Бурланков, М.А. Ананьев, П.С. Бурланков [и др.] // Вестник российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2016. № 5. С. 146–152. С. 150.
4. Бурланков, С.П. Развитие системы управления конкурентоустойчивостью предприятий ЖКХ: моногр. / ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева, редакционно-издательский центр. Саранск, НИИГН, РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2017. 136 с.
5. Бурланков, С.П., Долгов, Д.И. Формирование стратегии конкурентоустойчивости на микроуровне // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3 (61). С. 187–191.
6. Бурланков, С.П., Жарова, Е.Н. Теоретические основы управления конкурентоустойчивостью хозяйствующих субъектов в области исследований и разработок // Интеллектуальная собственность. 2016. № 9. С. 21–26.

S. P. Burlankov

Development of competitiveness of technical and economic systems based on the sphere of technical service

The report examines the main factors that affect objects at micro-, meso-macro and other levels. These factors are necessary, first of all, in order to assess the level of competitive stability of technical service enterprises taking into account various areas of their activity (universality).

In order to solve this problem, the author has made a certain approach, according to which the report includes two main components, in the first, the conceptual apparatus is considered, and in the second, a universal method for assessing the competitiveness of enterprises is developed and proposed, which allows in modern conditions to identify the level of competitive stability of a particular enterprise, a particular field of activity and on the basis of this to identify the place of this enterprise in this market, and in the case of a low level of stability, to build a plan for getting out of this situation.

The report has developed an approach to determining the weight of factors in a universal methodology for assessing the level of competitiveness.

Thus, the assessment approach shown by the author, in aggregate, allows us to conclude that the proposed assessment of competitiveness, based on the methods of system analysis, allows us to create a dynamic, scientific tools for assessing the level of the enterprise, as well as to show the level of development of the company in order to strengthen its competitive position in the market.

spbur1@mail.ru

Н. П. ГОРЛЕНКО, чл.-кор. САН ВШ, д-р техн. наук,
проф. ТГАСУ, Томск

Ю. С. САРКИСОВ, чл.-кор. САН ВШ, д-р техн. наук,
проф. ТГАСУ, Томск

Н. Н. ДЕБЕЛОВА, канд. техн. наук, доцент ТГАСУ, Томск

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ

Синтезированы композиционные материалы на основе элементарной серы и мелкодисперсного порошка керамического кирпича. Оба компонента являются отходами различных производств и могут утилизироваться путем синтеза композитов на их основе с последующим применением в качестве строительных материалов. Исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства композитов. Полученные результаты указывают на возможность эффективного применения материалов в строительстве.

Применение элементарной серы в качестве связующего при изготовлении строительных материалов различного технического назначения обусловлено прежде всего тем, что это химически инертный материал, а промышленные запасы его сырья практически не ограничены. В настоящее время из общего объема производства серы порядка 70 млн т/год около 25 млн т/год остается вне производства. В силу особенностей строения серы ее использование в качестве полимерного связующего вещества в сочетании с различными наполнителями позволяет формировать строительные материалы с высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств. Известные композиты, приготовленные на основе вяжущего с использованием серы, обладают рядом положительных свойств: быстрым набором прочности, относительно высокой прочностью на сжатие, способностью отверждаться при отрицательной температуре и под водой, высокими значениями водонепроницаемости, атмосферо-, морозо- и химической стойкостью, низкими значениями тепло- и электропро-

водности, возможностью повторного использования при нагреве [1, 2].

В работе рассмотрены свойства композитов на основе элементарной серы и порошка керамического кирпича в качестве наполнителя с дисперсностью $(2-3) \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. Композит синтезировали путем расплава элементарной серы при температуре $140 \text{ }^\circ\text{C}$ с последующим добавлением фракции подогретого до $120 \text{ }^\circ\text{C}$ наполнителя различного состава. Смесь тщательно перемешивали до визуально однородного состояния и перемещали в металлические формы. Затем смесь уплотнялась и охлаждалась в естественных условиях до комнатной температуры. После этого проводилась распалубка формы. Первичной оценкой эксплуатационных свойств композита являлось значение прочности при сжатии образца. При достижении наибольшего показателя предела прочности проводили дополнительные испытания образцов на изгиб и водопоглощение.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства композитов при различном составе компонентов

Номер состава	Соотношение компонентов, масс. %	$P_{\text{сж}}$, кг/см ²	$P_{\text{изг}}$, кг/см ²	W , масс. %	ρ , г/см ³
1	S : K = 90 : 10	140,2	74,0	1,8	1720,0
2	S : K = 70 : 30	154,7	82,6	2,0	1761,3
3	S : K = 50 : 50	162,3	85,4	2,1	1837,8

Примечание: S – элементарная сера; K – мелкодисперсный порошок керамического кирпича; $P_{\text{сж}}$ – прочность при сжатии; $P_{\text{изг}}$ – прочность при изгибе; W – водопоглощение; ρ – плотность композита.

Как показывают ИК спектроскопические исследования, между связующим и наполнителем осуществляется химическое взаимодействие (рисунки 1).

Так, можно отметить полосы серосодержащих соединений в диапазонах $1200-1100 \text{ см}^{-1}$ и $1040-1060 \text{ см}^{-1}$. Кроме того, в областях 1060 см^{-1} и 1007 см^{-1} появляются узкие малоинтенсивные

полосы, также отвечающие связям серосодержащих соединений. Достаточно интенсивна полоса поглощения в области 3400 см^{-1} , соответствующая гидроксидным группам.

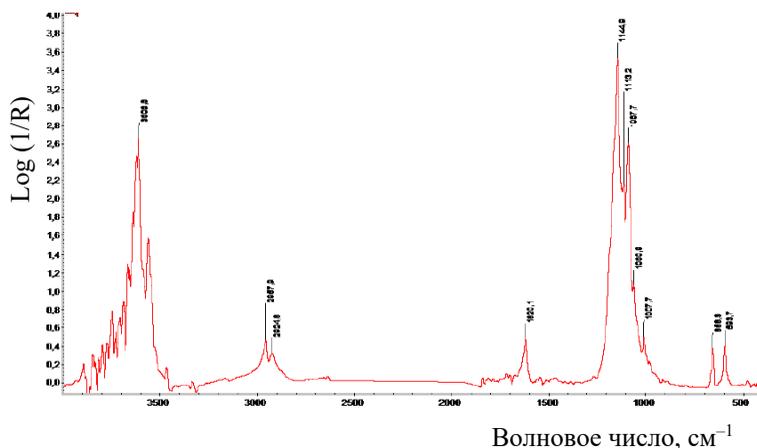


Рисунок 1 – ИК-спектры композита на примере состава 2

Отдельные результаты физико-химических испытаний синтезированных композитов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Эксплуатационные свойства композита на основе состава 3

Водонепроницаемость	Не менее W 12
Время набора марочной прочности, ч	По мере остывания до температуры $40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Время окончательного набора прочности, ч	24
Морозостойкость	Не менее F300
Истираемость, $\text{г}/\text{см}^2$	Не более 0,2–0,3
Термическая стойкость	$90\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таким образом, композиты на основе элементарной серы и молотого отхода керамического кирпича обладают высокими физико-химическими и эксплуатационными характеристиками и

могут эффективно использоваться в качестве строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волгушев, А.Н. Серное вяжущее и композиции на его основе // Бетон и железобетон. 1997. № 5. С. 51.

2. Mohamed, A.M.O., El Gamal, M.M. Sulfur concrete for the construction industry // J. Ross Publishing. 2010. P. 424. Printed in the USA.

N. P. Gorlenko, Yu. S. Sarkisov, N. N. Debelova

Composite materials based on elemental sulfur

Composite materials based on elemental sulfur and fine powder of ceramic bricks were synthesized. Both components are waste from various industries and can be disposed of by synthesizing composites based on them with subsequent use as building materials. The physicochemical and operational properties of composites are investigated. The results obtained indicate the possibility of effective use of materials in construction.

E-mail: gorlen52@mail.ru

М. Ю. КАТАЕВ, чл.-кор. МАН ВШ, д-р техн. наук,
профессор, ТУСУР, Томск
L. A. BULYSHEVA, чл.-кор. МАН ВШ,
Ph. D., ODU, Norfolk, USA
LI DA XU, чл.-кор. МАН ВШ,
Ph. D., Professor, ODU, Norfolk, USA

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

На процессы принятия решений в рекомендательных системах влияет множество факторов, относящихся к внешней и внутренней среде предприятия. Обсуждаются аспекты работы рекомендательных систем на основе бизнес-процессов, которые могут повлиять на процесс принятия решений и результат. К этим аспектам относятся характер текущего состояния предприятия и динамические параметры пространства ресурсов (например, доступность специалистов, материалов и др.). Предлагаемая модель рекомендательной системы на основе бизнес-процессов является достаточно простой по реализации, однако требует пересмотра цифровой политики предприятия. Применение этой модели повышает эффективность принятия решений в управлении производственными процессами.

Рекомендательные системы (РС) помогают пользователям искать решение на основе анализа больших объемов ранее полученных данных и текущей информации. При этом само решение должно быть эффективным и полезным. РС можно охарактеризовать как программный (или программно-аппаратный) инструмент принятия решения на основе выбора из множества альтернатив [1]. Данное исследование является продолжением работ, выполняемых авторами в направлении развития информационной рекомендательной системы поддержки принятия решений при оказании услуг государственным учреждением [2]. Предлагается развивать РС в направлении применения для сбора данных бизнес-процессов. В настоящее время эта тематика весьма популярна [3, 4].

Можно выделить несколько проблем РС как инструмента поддержки принятия решений: 1) субъективный человеческий фактор, влияющий на формирование и выбор альтернатив; 2) отсутствие структурированных наборов данных, связанных с исследуемым объектом (в нашем случае – предприятием). Основные элементы процесса принятия решений приведены на рисунке 1. После принятия решения и его исполнения наступает новый виток сбора данных, анализа и возникает задача контроля принятого решения.

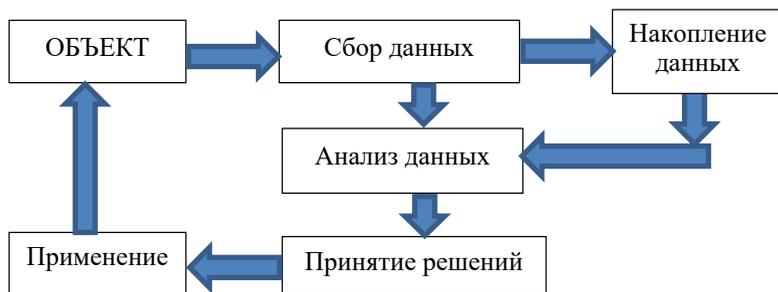


Рисунок 1 – Основные элементы процесса принятия решений

Надо сказать, что текущая ситуация такова, что элементы, представленные на рисунке 1, являются информационно разрозненными между собой. Как правило, данные представляют собой не цифровые показатели, а файлы, где эти показатели расположены (например, DOC, PDF и XLS). Отметим также, что накопление принятых решений в формализованном виде, связанном с набором данных, не происходит, а сохраняются лишь нормативные документы (приказы и т.д.).

Можно выделить две стратегии принятия решений (рисунок 2), которые являются типичными для предприятий. Первая стратегия носит название «творческий подход» и заключается в том, что проводится мозговой штурм, разноуровневые обсуждения, чтобы прийти к единому мнению. Возможен и субъективный вариант подготовки мнений руководящим составом предприятия. Его недостатки в том, что обсуждения могут привести к необъективному выбору или не будут учтены некоторые альтернативы, возможные для реализации.

Вторая стратегия называется «структурированный подход», в основе которого находятся бизнес-процессы. Он основан на обширном списке потенциально эффективных методов изменения и улучшения существующего процесса, с которым связана выбранная цель (человек, технология, ресурс и т.д.).

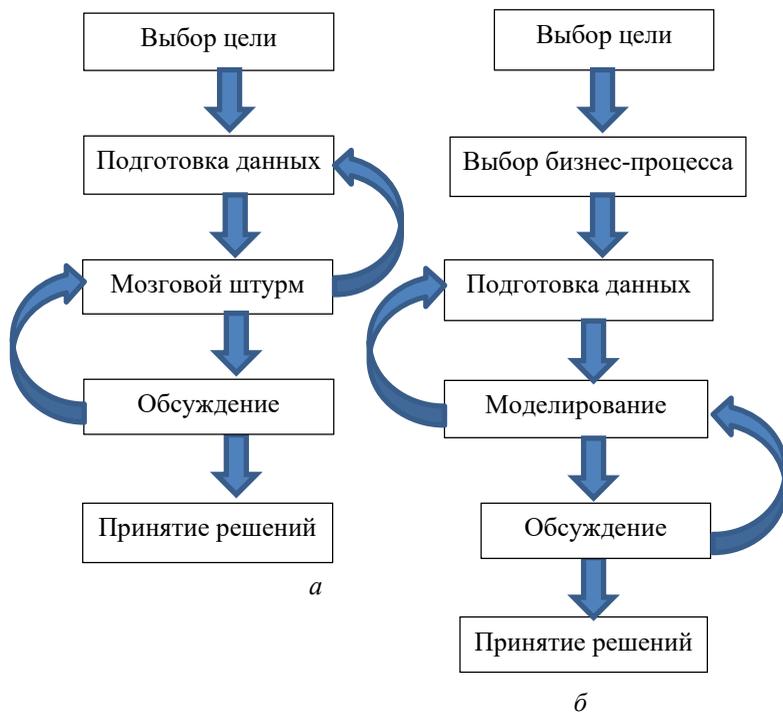


Рисунок 2 – Стратегии принятия решений:
a – творческий подход; *б* – структурированный подход

При структурированном подходе оценивается решение из заранее определенного списка, после чего применяется метод моделирования процесса, в основе описания которого находятся бизнес-процессы. Преимущества этого подхода – уменьшение субъективности и системная, основанная на данных оценка возможного решения. К его недостаткам можно отнести то, что список известных решений может не включать необходимое решение, связанное с текущей ситуацией. Кроме того, математическая модель того или иного бизнес-процесса может содержать несо-

вершенное представление реальности. Поэтому полученные результаты моделирования всегда следует интерпретировать осторожно. К тому же моделирование требует не только большого объема анализируемых данных для различных ситуаций изменения бизнес-процесса, но и времени на настройку и непосредственно расчет.

Несмотря на наличие программ, реализующих рекомендательные системы, окончательные решения принимают люди. При реализации стратегии «творческий подход» (см. рисунок 2,*a*) невозможно сделать обсуждение одного решения многократно и возвращаться к возможным новым решениям. В противоположность этому при использовании структурированного подхода всегда можно вернуться к моделированию для учета тех или иных ограничений и понимания ситуации.

По сравнению с использованием дискретного моделирования событий, которое часто применяется на практике, представленный подход более эффективен, так как работает без каких-либо приближений (интегральных) в моделировании процесса принятия решений [5]. При этом система принятия решений создается как инструмент, который позволит руководителям предприятия получать решения на основе количественной информации. Теоретическая основа идеи РС в связке с бизнес-процессами – это представление о том, что при принятии решений часто невозможно оценить все доступные альтернативы.

На рисунке 3 показано влияние разнообразных факторов на процесс принятия решений человеком. Видно, что одним из факторов является наличие нескольких баз данных, информация которых необходима для поиска, выбора и подготовки наборов данных. Анализ подготовленных наборов данных требует автоматизации, что не всегда возможно реализовать ввиду разнообразных форматов представления данных (DOC, PDF, XLS). Формулирование альтернатив для принятия решений требует наличия шаблонов, которых в настоящее время практически нет, и основной фактор связан с опытом пользователя. Однако при этом могут влиять эмоции и формулировки окажутся субъективными и далекими от реальности. Также и взвешивание альтернатив осуществляется по каким-то критериям, которые не всегда являются нормативными и часто связаны с опытом пользователя и его эмоциональным состоянием.

Снижению субъективности в принятии решения помогает глубокая и многоступенчатая обработка информации (см. рисунок 2,б). На первом этапе проводится подготовка массива данных, доступного для изучения и оценивания. Полученный массив данных просматривается для формулирования набора потенциальных альтернатив, среди которых определяется подмножество кандидатов альтернатив (по множеству соображений). Это подмножество возникает на стадии моделирования бизнес-процесса с разнообразными вариантами параметров, часть из которых связана с полученным набором данных.

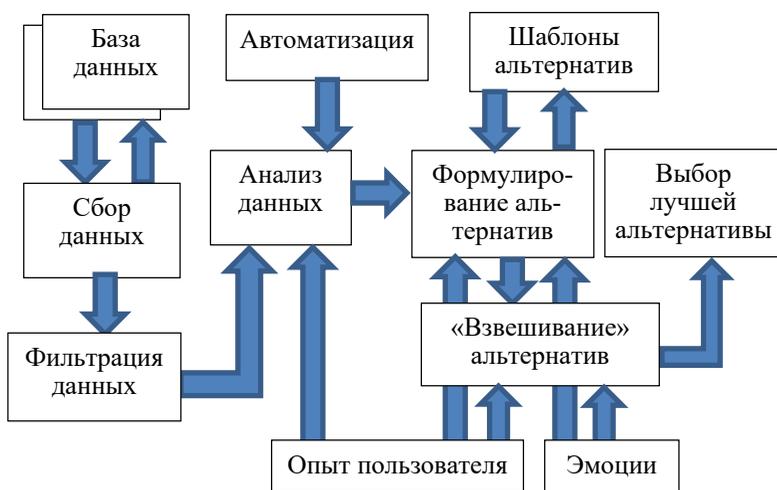


Рисунок 3 – Влияние разнообразных факторов на процесс принятия решений человеком

Информация о выбранных альтернативах рассматривается в ходе обсуждения (или единолично), оценивается и принимается та или иная альтернатива. Вышеупомянутые действия могут повторяться, этот процесс по сути линейный и он завершается за конечное число итераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ким, Ф. Рекомендательные системы на практике. М.: ДМК Пресс, 2020. 448 с.

2. Катаев, М.Ю., Лосева, Н.В., Булышева, Л.А. Структура информационной рекомендательной системы поддержки принятия решений при оказании услуг государственным учреждением // Доклады ТУСУР. 2018. Т. 21, № 2. С. 83–87.

3. Процессно-ориентированный подход к управлению предприятием / М.Ю. Катаев, Ю.Б. Ифутин, А.А. Емельяненко, В.А. Емельяненко, А.В. Бородин // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313, № 6. С. 20–23.

4. Катаев, М.Ю., Емельяненко, В.А., Емельяненко, А.А. Система поддержки принятия решения при планировании деятельности предприятия, использующего процессно-ориентированную модель управления // Управление экономическими системами (электронный научный журнал). 2012. № 47.

5. Паклин, Н.Б., Орешков, В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2013. 706 с.

M. Yu. Kataev, L. A. Bulysheva, Li Da Xu

Making decisions in recommender systems based on business processes

Decision-making processes in enterprises, in recommendation systems are influenced by many factors related to the external and internal environment. This paper discusses some aspects of the work of recommender systems based on business processes that can affect the decision-making process and the result. These aspects include the nature of the current state of the enterprise and the dynamic characteristics of the resource space (for example, the availability of specialists, materials, etc.). The proposed model of a recommendation system based on business processes is quite simple to implement, however, it requires a revision of the digital policy of the enterprise. Taking this model into account makes it possible to obtain high efficiency of decision-making in the management of production processes.

kmy@asu.tusur.ru

М. Ю. КАТАЕВ, чл.-кор. МАН ВШ, д-р техн. наук,
профессор, ТУСУР, Томск
А. Е. BULYSHEV, чл.-кор. МАН ВШ,
Dr.Sci., ODU, Norfolk, USA

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО ПРИБОРА SENTINEL-2

Представлены результаты по разработке программного обеспечения для расчета вегетационных индексов на основе многоспектральных изображений, полученных со спутника Sentinel-2. Разработанная программа позволяет получать и накапливать спутниковые изображения, производить тематическую обработку в виде расчета вегетационных индексов.

Все более актуальным становится обсуждение состояния окружающей среды (атмосферы и поверхности) и изменения глобального климата нашей планеты. В настоящее время данные, полученные при помощи геоинформационных систем (ГИС), используются для анализа состояния поверхности Земли и решения ряда фундаментальных и прикладных задач метеорологии и экологии. Изображения, поступающие со спутников, орбитальных станций, хранят в себе объективную информацию о состоянии отдельных участков планеты, анализируя и обрабатывая которую, ГИС способны синтезировать удобные для человека данные. На основе этих данных специалисты могут осуществлять сбор информации о состоянии исследуемой территории, необходимой для принятия управленческих решений. При помощи спутниковых данных (изображений) решаются задачи, в число которых входит оценка состояния атмосферы и поверхности [1], мониторинг сельскохозяйственных угодий, лесных ресурсов, водных объектов и др. Наблюдение состояния поверхности планеты, мониторинг окружающей среды способствуют заблаговременно выявлению чрезвычайных ситуаций и катастроф, а также исследованию влияния деятельности человека на экологическое состояние планеты [2]. С целью решения одной из таких задач разработано программное обеспечение для расчета вегета-

ционных индексов на основе данных, полученных со спутника Sentinel-2 (<https://sentinel.esa.int>).

Sentinel-2 – семейство спутников дистанционного мониторинга поверхности Земли. Спутники созданы Европейским космическим агентством в рамках программы наблюдения и защиты окружающей среды «Коперник». Семейство включает два спутника – Sentinel-2A и Sentinel-2B, запущенные 23 июня 2015 г. и 7 марта 2017 г. соответственно. Спутники имеют на борту мультиспектральную камеру MSI (спектральные каналы которой приведены в таблице) с разрешением 10, 20 и 60 м, позволяющую производить дистанционное зондирование в 13 спектральных каналах в диапазоне от 0,443 до 2,19 мкм. Данные со спутника находятся в открытом доступе и имеют коррекцию рельефа и атмосферы [3].

Спектр MSI делится на три диапазона: первый диапазон длин волн 200–400 нм соответствует близкому УФ-излучению, второй – 400–700 нм – видимому спектру, третий диапазон – 700–2200 нм – близкой ИК-области спектра. Изначально мультиспектральная камера принимает изображения в градациях серого для различных длин волн.

Для получения привычного цветного пространства RGB-изображения необходимо учитывать три области длин волн в соответствии с цветовой моделью RGB. В таком случае красно-оранжевой части спектра будет соответствовать диапазон 700–620 нм, желто-зеленой – 590–500 нм, а сине-фиолетовой – 450–500 нм [4]. Из таблицы можно увидеть, что второй канал мультиспектральной камеры Sentinel-2 имеет длину волны 490 нм, что попадает в сине-фиолетовый диапазон, третий канал имеет длину волны 560 нм, что лежит внутри желто-зеленой области спектра, и четвертый канал, имеющий длину волны 665 нм, находится в красно-оранжевой области. Таким образом, в качестве яркостной составляющей RGB-модели необходимо взять 4, 3 и 2-й каналы изображения, полученного со спутника Sentinel-2. Такое изображение будет иметь естественные цвета.

В дистанционном зондировании Земли важную область занимают вегетационные индексы, которые могут быть рассчитаны по многоспектральным изображениям, полученным мультиспектральной камерой MSI. Вегетационные индексы позволяют выявить особенности развития фитомассы растений, если прово-

дить обработку изображений в разное время (фенологический цикл). В зависимости от величины, которая изменяется в диапазоне $[-1,+1]$, индексы показывают наличие густой и здоровой растительности (диапазон значений 0,5–1) и бедной растительностью территории (диапазон значений 0,1–0,3).

Спектральные диапазоны спутника Sentinel-2

Каналы	Длина волны, мкм	Разрешение, м	Полоса пропускания, нм
Канал 1 – видимый	0,443	60	27/45 (2A/2B)
Канал 2 – видимый	0,490	10	98
Канал 3 – видимый	0,560	10	45/46 (2A/2B)
Канал 4 – видимый	0,665	10	38/39 (2A/2B)
Канал 5 – ближний ИК	0,705	20	19/20 (2A/2B)
Канал 6 – ближний ИК	0,740	20	18
Канал 7 – ближний ИК	0,783	20	28
Канал 8 – ближний ИК	0,842	10	115
Канал 8A – ближний ИК	0,865	20	20
Канал 9 – ближний ИК	0,945	60	20
Канал 10 – ближний ИК	1,375	60	20
Канал 11 – ближний ИК	1,610	20	90
Канал 12 – ближний ИК	2,190	20	180

Вегетационные индексы используются для сравнения одной и той же территории, например сельскохозяйственных полей, в разные периоды времени, начиная с момента их засеивания и в течение всего сезона до созревания и уборки урожая. В период развития растений после посадки вегетационный индекс растет, а в период созревания он начинает уменьшаться. Следовательно, сравнивая изображения, можно определить, когда необходимо убирать урожай. Большинство разработанных индексов используется для определения растительности и отделения ее от таких объектов, как реки, дороги, дома или сухая почва [5].

Для анализа данных измерений спектральных каналов Sentinel-2 требуется создать программное обеспечение, способное обрабатывать изображения и рассчитывать вегетационные индексы. Схема программы получения и обработки изображений Sentinel-2 представлена на рисунке 1.

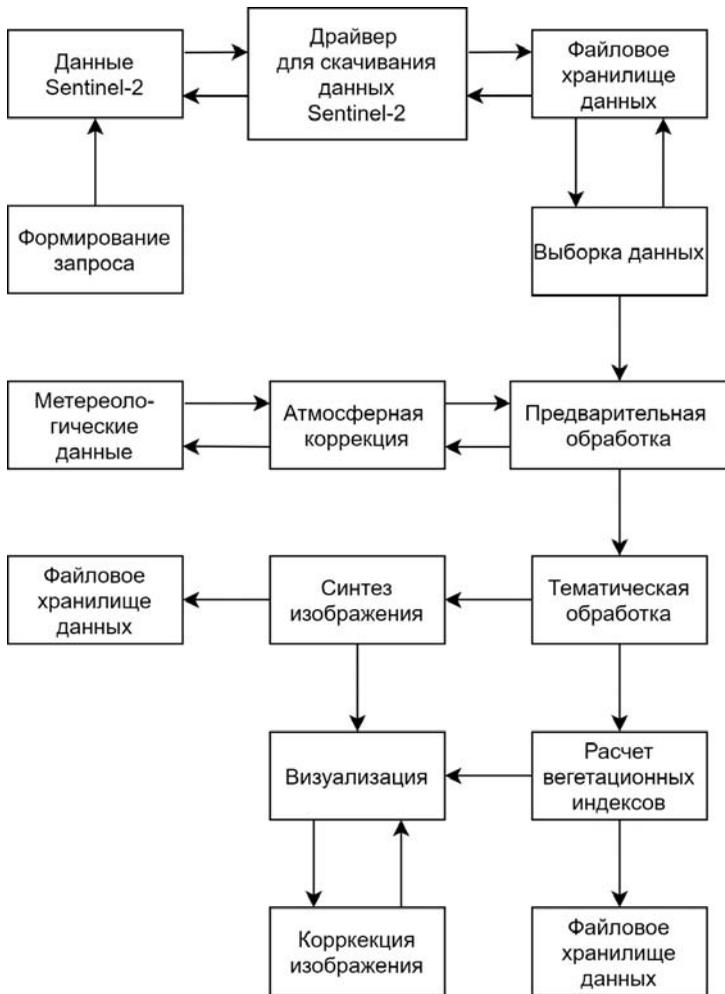


Рисунок 1 – Схема обработки спутниковых данных

Сначала получают спутниковые изображения из наборов данных Европейского космического агентства (EOS) и помещают в файловое хранилище. После выбора изображений они проходят атмосферную и геометрическую коррекцию. Далее выполняется расчет вегетационных индексов, которые в последующем можно визуализировать в различных цветовых пространствах (RGB,

HSV и др.) и сохранить в отдельный файл для сравнения и анализа.

Индекс Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) рассчитывается по формуле

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}), \quad (1)$$

где NIR – значение яркостной составляющей в ближней ИК-области спектра; RED – значение яркостной составляющей в красной области спектра.

Индекс для растительности принимает только положительные значения в диапазоне 0,1–1. Данный индекс позволяет хорошо выделять растительность в разное время вегетации, в результате чего приобрел популярность в сельском хозяйстве для оценки развития и состояния различных культур.

Индекс Perpendicular Vegetation Index (PVI) рассчитывается по формуле

$$\text{PVI} = (\text{NIR} - a \cdot \text{RED} - b) / \sqrt{(1 + a^2)}, \quad (2)$$

где a – коэффициент уклона линии почвы; b – градиент линии почвы.

Значения индекса PVI лежат в диапазоне от минус 1 до 1.

Индекс Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI) рассчитывается по формуле

$$\text{IPVI} = \text{NIR} / (\text{NIR} + \text{PRED}). \quad (3)$$

Индекс принимает значение от 0 до 1 и для растительности его значение лежит в диапазоне от 0,6 до 0,9.

На рисунке 2 представлен главный интерфейс программы.

Рабочая область программы поделена на четыре части: главное меню, панель загружаемых изображений, предпросмотр и статус-панель. В главном меню содержатся следующие пункты: файл, правка, вид и справка. Они используются для работы с основным функционалом программы. Панель изображений позволяет загружать различные изображения в разных форматах, таких как jpg, jpeg, png, tiff и др. При открытии изображений Sentinel-2 на второй панели отображается номер канала, дата съемки и разрешение. Панель предпросмотра позволяет увеличить загруженные изображения для детального изучения элементов поверхности.

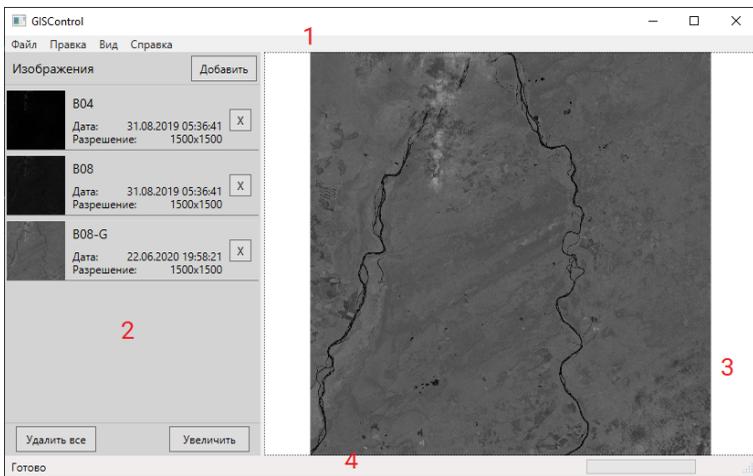


Рисунок 2 – Интерфейс программы: 1 – главное меню; 2 – панель изображений; 3 – просмотр изображения; 4 – статус-панель

Статус-панель отображает текущее состояние программы. В программе доступны следующие виды коррекции: яркость, контрастность, гамма-коррекция серого и инверсия. Элементы опции «Правка» представлены на рисунке 3.

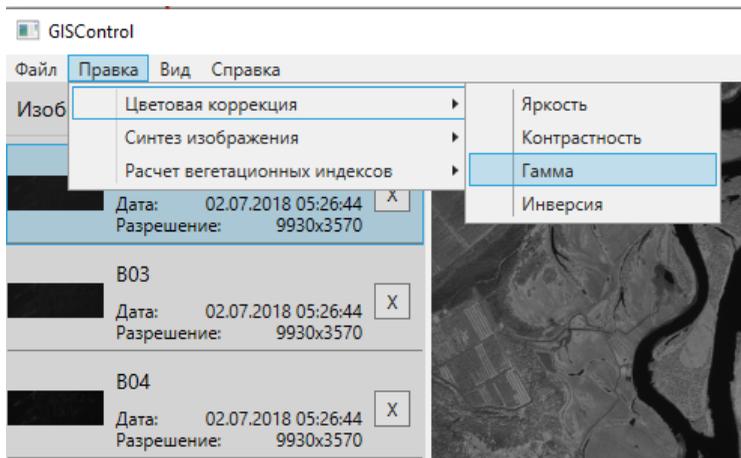


Рисунок 3 – Главное меню программы, выбор опции «Правка» и элемента меню «Цветовая коррекция»

Разработанная программа предназначена для оценки состояния растительного покрова лесных массивов и сельскохозяйственных угодий. При ее помощи выполнена обработка спутниковых изображений Томской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. 560 с.
2. Кашкин, В.Б., Сухинин, А.И. Цифровая обработка аэрокосмических изображений: учеб. пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. 278 с.
3. Егоров, В.А., Барталев, С.А., Курятникова, Т.С. Метод радиометрической коррекции искажений отражательных характеристик земного покрова в данных спутниковых измерений, вызванных влиянием рельефа местности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, №. 5. С. 192–201.
4. Коберниченко, В.Г., Тренихин, В.А. Методы синтеза изображений на основе данных дистанционного зондирования Земли различного разрешения // Успехи современной радиоэлектроники. 2007. №. 4. С. 22–31.
5. Payero, J.O., Neale, C.M.U., Wright, J.L. Comparison of eleven vegetation indices for estimating plant height of alfalfa and grass // Applied Engineering in Agriculture. 2004. Vol. 20, N 3. 385 p.

М. Yu. Kataev, A. E. Bulyshev

SENTINEL-2 satellite device data processing program

This paper presents the results of work on the development of software for calculating vegetation indices based on multispectral images obtained from the Sentinel-2 satellite. The result of the development is a program that allows obtaining and accumulating satellite images, performing thematic processing in the form of calculating vegetation indices. This program was developed at the TUSUR Center for Space Monitoring of the Earth.

kmy@asu.tusur.ru

Н. П. КИСЛЕНКО, канд. техн. наук, доц. каф. ПМ
НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В РОССИЙСКОМ ВУЗЕ СЕГОДНЯ: КАК ПРЕОДОЛЕТЬ НЕДОСТАТКИ?

Анализируется опыт развития дистанционных образовательных технологий в российских вузах, сформулированы основные требования к организации учебного процесса в дистанционном или смешанном режиме.

Стремительный переход высшей школы к преимущественно дистанционному формату работы, связанный с пандемией COVID-19, позволяет подвести первые итоги этого процесса и предварительно оценить опыт, полученный участниками образовательного пространства.

Существует немало отечественных и зарубежных исследований [1, 2], приводящих результаты опросов студентов или преподавателей и очевидным образом выявляющих как недостатки, так и преимущества вынужденного повышения роли «дистанта». И в научных, и в публицистических статьях наиболее часто отмечаются следующие проблемы:

- затруднение конструктивного обсуждения и полноценной групповой работы в онлайн-формате, отсутствие живого контакта студента с преподавателем и преподавателя с аудиторией;
- отсутствие мотивации вовлечения студентов в учебный процесс;
- дефицит личного общения с другими студентами и между преподавателями и студентами;
- сложность адаптации к учёбе в домашней обстановке;
- увеличение учебной нагрузки, нарушение режима труда и отдыха, связанное с переходом на дистанционный формат;
- снижение объективности оценки знаний студентов;
- нестабильная работа интернета и онлайн-ресурсов;
- плохая структурированность цифровой образовательной среды, отсутствие для неё единых стандартов в рамках вуза.

К преимуществам дистанционной формы работы студенты и преподаватели чаще всего относят:

- значительно увеличившееся количество электронных учебных материалов, с которыми можно работать самостоятельно в удобное для себя время;
- экономию времени и средств вследствие сокращения поездок;
- улучшение навыков самостоятельной работы и организации своего времени.

Как устранить хотя бы часть недостатков, объективно присущих дистанционной форме обучения в том виде, как она сложилась в российских вузах сегодня? Имеющийся опыт внедрения и поддержки дистанционных образовательных технологий в НГАСУ (Сибстрин) позволяет наметить организационные и учебно-методические пути частичного преодоления проблем:

- создание единой для организации и структурированной образовательной среды дистанционного обучения на основе приложения, позволяющего интегрировать документы и мультимедийные материалы, размещать контрольные задания и работы учащихся, а также контролировать посещаемость курсов. Например, удобным и экономичным по затратам на внедрение и обучение программным продуктом представляется бесплатная открытая система управления обучением Moodle;
- обеспечение учебным учреждением администрирования образовательной системы и технической поддержки пользователей;
- организация занятий по расписанию независимо от формы обучения;
- доступность электронных курсов на текущий семестр в полном объёме, удобная для учащихся, остающихся на дистанционной форме обучения, и сочетаемая с календарным планированием занятий;
- сочетание заранее подготовленных лекционных видеоматериалов продолжительностью до 40–50 мин с их последующим групповым обсуждением в онлайн-режиме, так как прямые трансляции видеолекций – не всегда оптимальный вариант, особенно если возможны проблемы со связью или преподаватель не имеет опыта работы в прямом эфире;
- введение единых требований к обратной связи с учащимися; в зависимости от специфики курса это могут быть голосовые сообщения, переписка в чате, по E-mail и т.д.;

▪ применение дистанционного обучения не в чистом виде, а в сочетании с классическими занятиями.

Сегодня педагогика и методика дистанционного обучения только формируется, поэтому комплексный подход вуза к его организации представляется особенно важным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высшая школа России: вынужденный и плановый переход на удалённый формат в период пандемии (опыт социологического анализа) / И.А. Алешковский [и др.] // Высшее образование в России. 2021. Т. 30, № 5. С. 120–137.

2. Концептуальная записка: Образование в эпоху COVID-19 и в последующий период // Организация Объединённых Наций, август 2020 г. URL: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/policy_brief_-_education_during_covid-19_and_beyond_russian.pdf

N. P. Kislenko

E-learning in a Russian university today: how to overcome the problems?

The article analyzes the experience of the development of e-learning technologies in Russian universities, formulates the basic requirements for the organization of the educational process in a distance or mixed form.

kis@sibstrin.ru

Т. В. МАЛЬЦЕВА, д-р физ.-мат. наук,
проф. каф. строительной механики ТИУ, Тюмень

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

На основе цифровой трансформации образования и использования растущего потенциала цифровых технологий рассмотрена актуализированная рабочая программа курса прикладной математики, в которой показано расширение основного содержания с помощью цифровых инструментов образовательных технологий, что обеспечит формирование цифровых компетенций обучающихся.

Цифровые технологии являются основным драйвером всех экономик страны [1], образуются новые профессии, усиливается набор компетенций выпускников вузов перечнем информационных (цифровых) навыков. Главными задачами в области высшего образования являются его качество и доступность [2]; обеспечение присутствия РФ в числе десяти ведущих стран мира по объему научных исследований и разработок, в том числе за счет создания эффективной системы высшего образования [3].

С целью ускоренного внедрения цифровых технологий в сфере строительства, гарантированного трудоустройства выпускников необходима актуализация рабочих программ курсов путем наполнения их информационными и сквозными технологиями. В данной работе на примере курса «Прикладная математика» образовательной программы магистратуры для направления «Строительство» [4] показано наполнение контентной части курса сквозными технологиями для формирования цифровых компетенций в рамках общепрофессиональных компетенций (ОПК), например ОПК-2 – способность анализировать, критически осмысливать и представлять информацию, осуществлять поиск научно-технической информации, приобретать новые знания, в том числе с помощью информационных технологий. Если разложить данную компетенцию на составляющие «знать», «уметь», «владеть», то можно выделить текст, который будет отражать внедрение цифровых технологий (курсив).

Знать: методики сбора данных в открытых источниках (*Internet*), информационные технологии для обработки научно-технической информации.

Уметь: осуществлять поиск и систематизировать научно-техническую информацию о рассматриваемом объекте с использованием информационных технологий, *обрабатывать данные в Microsoft Excel, обсуждать полученные результаты в zoom.*

Владеть: навыками сбора, систематизации исходной информации для оценки работы строительных конструкций и объектов строительства, *способами выполнения необходимых расчетов и визуализации результатов расчета с использованием Microsoft Excel, BIM-технологий ПО Revit, методами представления информации в виде презентации Power Point.*

Темы лекционных, практических занятий и самостоятельная работа студентов также будут дополнены IT- и цифровыми инструментами, объем которых составит 20 % рабочей программы курса. Рабочая программа курса состоит из трех разделов: «Математическое моделирование в исследовательской деятельности»; «Моделирование различных процессов и явлений»; «Методы обработки статистической информации». Рассмотрим на примере второго раздела внесение цифровой составляющей в контактной работе преподавателя со студентами (курсив).

Тема 2.1. Численное моделирование. Разностные методы решения дифференциальных уравнений первого порядка в частных производных. Формулы Эйлера, *реализация формул в Microsoft Excel.*

Тема 2.2. Моделирование статических процессов. Моделирование в задачах о сжатии, изгибе, устойчивости стержней. Постановка задачи, методы решения, *реализация алгоритмов решения в Microsoft Excel, интерпретация результатов. Анализ данных в цифровой форме в Microsoft Excel, рекомендации.*

Тема 2.3. Моделирование тепловых процессов. Моделирование в задачах о распространении тепла в элементах строительных конструкций. *Реализация алгоритмов решения в Microsoft Excel, интерпретация результатов. Анализ данных в цифровой форме в Microsoft Excel, рекомендации.*

Тема 2.4. Моделирование волновых процессов. Моделирование динамических процессов в объектах строительства. *Реа-*

лизация алгоритмов решения в *Microsoft Excel*, интерпретация результатов. *Анализ данных в цифровой форме в Microsoft Excel, рекомендации.*

Обучение осуществляется традиционно или с использованием современных информационных технологий и интернета на платформах *zoom*, *skype*, *webinar*. Для формирования умений и навыков рассматриваются сквозные кейсы, в которых интегрируются несколько дисциплин, например «Современные методы мониторинга, обследования, испытания, диагностики и оценка состояния транспортных сооружений», «Механика деформируемого твердого тела», «Прикладная математика», «Информационно-коммуникационные технологии».

Пример задания из кейса. Квадратная железобетонная плита толщиной 10 см и размерами в плане $0 < x; y < 1$ м, имеющая температуру T_0 , помещена в две среды с температурой T_1 и T_2 . Определить изменение температуры плиты в плане. Провести анализ изменения температуры с визуализацией результатов и сопоставлением с данными эксперимента.

Для самостоятельной работы студентам предлагаются следующие задания.

1. Сбор данных в открытых источниках по мониторингу, обследованию, диагностике и т.д. (*Internet*), обработка и анализ с помощью *Microsoft Excel*.

2. Решение сквозных кейсов, используя *Microsoft Excel*, BIM-технологии *ПО Revit*, обсуждение и защита решений в *zoom*, оформленных в виде презентаций *Power Point*.

3. Подготовка к промежуточной аттестации (зачету) с помощью интерактивной игры *Kahoot.in* [5].

Фонд оценочных средств дополнительно содержит не менее 10 вопросов по IT- и сквозным технологиям (тесты), задачи с элементами геймификации, сквозные кейсы. Индикаторы компетенций проверяются: «знать» – тестами, «уметь» – решением задач, «владеть» – решением кейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

2. Об образовании в Российской Федерации: федер. закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ.

3. Указ президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

4. <https://educon2.tyuiu.ru/course/view.php?id=13414>

5. <https://kahoot.com/>

T. V. Maltseva

Digital instruments in teaching applied math

Based on the digital transformation of education and the use of the growing potential of digital technologies, this work considers an updated work program of the applied mathematics course, which shows the expansion of the main content of the program with the help of digital tools of educational technologies, which will ensure the formation of digital competencies of students.

maltsevatv@tyuiu.ru

В. И. ОТМАХОВ, д-р техн. наук, проф.
каф. аналитической химии НИ ТГУ, Томск
Ю. С. САРКИСОВ, чл.-кор. САН ВШ, д-р техн. наук, проф.
каф. физики, химии и теоретической механики ТГАСУ, Томск

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ, МИГРАЦИИ
И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОГО ЧЕЛОВЕКА,
В ОБЪЕКТАХ ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ
ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рассмотрены закономерности периодических зависимостей концентрации химических элементов в зольном остатке волос человека, волосяного покрова животных, в травах, листьях и ягодах, распространенных на территории Томской области, от порядкового номера элемента в таблице Д.И. Менделеева. Показано, что распределение химических элементов у мужчин и женщин не одинаково и имеет свои особенности, равно как и у населения различных территорий проживания. Установлено, что в существенной мере это зависит от генетических и физиологических характеристик организма, изменчивости среды обитания, перенесенных за время существования болезней и других факторов воздействия. Для объектов растительного происхождения рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КБП) и биохимическая активность (БХА) исследуемой провинции. На основе анализа объектов животного происхождения построены лепестковые диаграммы распределения химических элементов и определены избыточные и дефицитные элементы у людей в данной среде обитания. Выдвинута гипотеза, что экстремумы на исследуемых кривых могут служить своеобразным кодом данной местности, отражающим их взаимосвязь с различными факторами генетической и экологической природы.

В настоящее время существует множество способов определения химических элементов и их распределения в живых орга-

низмах. В НИ ТГУ разработан способ определения элементного состава биологических объектов методами дуговой и плазменной атомно-эмиссионной спектроскопии зольного остатка волос человека, волосяного покрова животных и компонентов различных видов растений с использованием спектрометра «Гранд» [1].

Анализ приведенных в таблице 1 данных показывает, что концентрация химических элементов как у мужчин, так и у женщин с возрастом снижается. Однако для ряда элементов характерны исключения, которые связаны с индивидуальными особенностями организма.

Установлено влияние среды обитания и экологических особенностей местности на содержание макро- и микроэлементов в волосах жителей города Томска.

На построенных периодических зависимостях распределения химических элементов обнаружены экстремумы. Причем минимальные экстремумы в большинстве своем имеют нечетные порядковые номера, а максимальные – четные. Выведенные закономерности можно представить в виде кода комбинаций экстремумов максимального и минимального значения, соответствующих им порядковых номеров атомов.

Например, в биологической цепочке «лось – тысячелистник» и «лось – сосна» обнаружены следующие ряды:

Mg-Si-Ca-Zn/Co-Ag-W
12-14-20-30/27-47-74

Mg-Ca-Fe-Zn/Co-As-Ag-W
12-20-26-30/27-33-47-74

Тысячелистник и сосна дополняют друг друга, обеспечивая всесторонний элементный баланс для лося. Данный пример хорошо иллюстрирует способность потребителя использовать несколько объектов для восполнения баланса химических элементов: в сосне лось «добывает» железо и мышьяк, а в тысячелистнике – кремний при практическом совпадении всех остальных элементов.

На основании проведенных исследований распределения химических элементов в объектах растительного происхождения рассчитаны КБП и БХА. Все исследуемые объекты удалось классифицировать по группам захвата и интенсивности накопления химических элементов. Эти данные представлены в таблице 2 на примере трав, распространенных на территории Томской области.

Таблица 1 – Распределение химических элементов зольного остатка волос у мужчин и женщин разного возраста, мкг/г

Элемент	Мужчины			Женщины		
	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет
Ca	663 (289–1474)	393 (312–3081)	300(249–306)	4468 (3093–5251)	3110 (572–4747)	996 (694–1606)
Mg	54(32–76)	50(30–337)	36(33–38)	252(131–326)	302(153–639)	61(59–252)
P	128(89–311)	100(84–221)	182(117–248)	122(100–176)	123(118–125)	81(39–97)
Si	44(33–324)	167(52–393)	185(72–297)	240(122–397)	123(10–187)	459(43–465)
Zn	173(97–336)	129 (109–214)	172(118–225)	268(156–476)	767 (130–1337)	80(43–141)
Al	8(5–12)	4,5(4,1–2,1)	3,1(4,6–12)	15(4,3–21)	6(4,6–12)	6,2(6–7,1)
Fe	13,4(10–19)	11(6,1–20)	7,3(4,9–9,7)	10,6(5,3–24)	17,7(11–156)	14(4,2–28)
Cu	6,2(2,8–12)	4,7(3,9–7,8)	4,3(2,4–6,2)	7,7(5,9–17)	7,7(5,1–14)	3(2,6–3,2)
Mn	1,03(0,6–1,5)	0,64(0,47–3)	0,45(0,39–0,50)	4,6(2,5–7,7)	4,3(0,9–24)	3,3(1,4–5)
As	0,21 (0,17–0,44)	0,6(0,01–1,8)	0,11(0,05–0,17)	0,1(0,04–0,67)	Не обнаружено	Не обнаружено
Pb	0,52(0,3–1,1)	0,37 (0,22–0,96)	0,68(0,05–1,3)	0,5(0,30–0,72)	0,12 (0,05–0,16)	0,19(0,05–0,86)
Ti	2,24(1,5–5,2)	2,3(1,5–3,2)	1,4(0,9–1,9)	1,9(1–6,1)	2,8(0,14–3)	0,58(0,43–3,5)

Окончание таблицы 1

Элемент	Мужчины			Женщины		
	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет
B	0,06 (0,025–0,1)	0,14 (0,02–0,26)	0,006 (0,002–0,01)	0,03 (0,004–0,01)	0,06 (0,01–0,29)	0,01 (0,008–0,02)
Bi	0,05 (0,002–0,09)	0,1 (0,03–0,86)	0,019 (0,01–0,027)	0,1 (0,01–0,2)	Не обнар.	0,15 (0,05–0,58)
Cd	0,05(0,01–0,1)	Не обнар.	0,006 (0,002–0,009)	0,5(0,1–1)	Не обнар.	Не обнар.
Co	0,05 (0,01–0,1)	0,01 (0,006–0,08)	0,013 (0,008–0,017)	0,05(0,01–0,1)	Не обнар.	Не обнар.
Cr	0,17 (0,1–0,6)	0,11 (0,08–0,35)	0,085 (0,04–0,13)	0,19 (0,1–0,32)	0,059 (0,029–0,21)	0,01(0,09–0,2)
Sn	0,19(0,1–0,4)	0,11(0,07–0,13)	0,031 (0,018–0,044)	0,77(0,5–12)	0,46(0,14–2,2)	0,12(0,04–0,26)
Mo	0,01 (0,003–0,035)	0,05 (0,01–0,20)	0,82 (0,07–1,8)	0,3(0,12–0,49)	0,14 (0,12–0,17)	Не обнар.
Ni	0,11 (0,05–0,13)	0,05 (0,01–0,18)	0,067 (0,034–0,1)	0,19 (0,12–0,31)	0,56 (0,28–0,76)	0,32(0,02–3,2)
Zr	0,08 (0,015–0,2)	0,05 (0,02–0,18)	0,015 (0,0004–0,03)	0,61(0,1–9,4)	0,32(0,13–1)	0,06(0,02–0,08)

Таблица 2 – Распределение КБП по группам захвата и накопления для растений

Показатель	Энергичное накопление	Сильное накопление	Слабое накопление и средний захват	Слабый захват	Очень слабый захват
Подорожник (поле)	P	K	B, Mg, Ca, As, Mo, Sb, Ba	Mn, Cu, Zn, Ag, Cd, W	Al, Si, Ti, Cr, Fe, Co, Zr
Подорожник (дорога)	P	B, Mo	Mg, K, Ca, Mn, Cu, Sr, Ag, Ba, Bi	Be, Al, Si, Ti, Cr, Fe, Co, Zn, Zr, Cd, Sn, W	Be, Si, W
Крапива (поле)	P, Mo	Be, B, K, Ca, As, Cd, Sn, Pb	Mg, Ni, Sr, Ag, Bi	Si, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ba, W	Al, Ti, Cr, Zr
Крапива (дорога)	–	B, P, K, Ca	Mg, Mn, Ni, Sr, Mo, Ag, Ba, Bi	Si, Cu, Zn, As, Zr, Cd, W	Al, Ti, Fe, Co, Sn
Папоротник	P	K, Ba	Be, B, Mg, Ca, Mo	Si, Mn, Co, Ni, Cu, Sr, Ag, Bi	Al, Ti, Cr, Fe, Zn, Zr, Cd, W
Мох	Ca	Mg, P, Ca, Cr, Zn, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, W, Pb, Bi	Be, B, Al, Si, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, As, Sr, Zr, Sn	–	–

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– любой биологический объект стремится сохранить свой элементный баланс и распределение химических элементов за счет адаптации всех форм жизнедеятельности и поведения, чтобы сохранить самого себя;

– поддержание баланса химических элементов – это динамический процесс для всего живого: часть элементов выделяется, часть – поглощается извне. Потребитель подсознательно выбирает объект потребления, что указывает на существование химического фактора выбора объекта потребления;

– источников накопления химических элементов может быть несколько;

– в каждом живом организме происходит принудительная трансформация и подстраивание любого химического элемента к существующей в нем структуре распределения либо элемент полностью отвергается;

– многообразие в природе – фундаментальная форма самозащиты всего живого. Это справедливо как в количественном отношении внутри одного вида или популяции, так и в качественном отношении в межпопуляционном взаимодействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Периодические зависимости распределения химических элементов в зольном остатке волос человека / В.И. Отмахов, Ю.С. Саркисов, А.Н. Павлова, А.В. Обухова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85, № 1. Ч. II.

V. I. Otmakhov, Yu. S. Sarkisov

Features of the accumulation, migration and distribution of chemical elements in living human organisms, in objects of animal and plant origin on the territory of the Tomsk region

The paper considers the regularities of the periodic dependences of the concentration of chemical elements in the ash residue of human hair, the hair of animals and in herbs, leaves and berries, common in the Tomsk region from the ordinal number of the element in the table of D.I. Mendeleev.

sarkisov@tsuab.ru

З. А. СКРИПКО, д-р пед. наук, профессор,
профессор каф. общей физики ТГПУ, Томск

ВНЕДРЕНИЕ ПРОФИЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ШКОЛЕ

Рассмотрен процесс организации профильного обучения в средней школе. Сделан обзор внедрения профильного обучения, отмечены низкие темпы этого процесса. Предложена организация учебного процесса в классах гуманитарного профиля.

В 2002 году был принят приказ Министерства образования Российской Федерации «Об утверждении Концепции профильного обучения на старшей ступени общего образования» [1]. Он широко обсуждался педагогической общественностью, был поддержан в целом органами управления образованием субъектов Российской Федерации и доработан. Основная идея обновления старшей ступени общего образования состоит в том, что образование должно стать более индивидуализированным, функциональным и эффективным.

Профильное образование предполагает построение учеником собственной образовательной траектории, соответствующей его желанию и потребностям, что отражено в приказе Министерства образования и науки РФ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» (с изменениями и дополнениями) [2]. Минюст зарегистрировал проект этого федерального государственного стандарта образования (ФГОС) для 10–11 классов. В соответствии с Концепцией профильного образования такой подход является средством дифференциации и индивидуализации обучения. В результате изменений в структуре, содержании и организации образовательного процесса предполагается учитывать интересы, склонности и способности учащихся, создавать условия для обучения старшеклассников в соответствии с их профессиональными интересами и намерениями продолжать образование.

Рациональное обновление учебного плана старших классов возможно только при условии сокращения количества изучаемых предметов и введения интегрированных учебных курсов, построенных на основе программ учебных предметов, не являющихся профилирующими для данного контингента учащихся. Кроме того, объединение материала определенных предметов позволит избежать повторения некоторых тем. Такое дублирование существует в курсах физики и астрономии, физики и химии и др.

Стандарт предполагает наличие обязательных предметов – это математика, русский язык и литература, иностранный язык, основы безопасности жизнедеятельности и физкультура. Еще три предмета школьник должен выбрать самостоятельно из шести предметных областей.

Однако если ученик выбрал гуманитарные предметы, то он обязан взять курс «Естествознание», в котором даются базовые знания по естественным наукам (физике, химии, биологии). Именно это положение нашло большое одобрение среди учеников 10–11 классов и их родителей. Не секрет, что естественно-научные дисциплины, в частности физика, являются одними из самых сложных для многих учащихся предметом. Это подтверждают опросы студентов-филологов ТГПУ [3]: около 80 % из них считают курс физики непонятным, неинтересным, большая часть его им в жизни не пригодилась. Курс «Естествознание» интегрированный, в нем естественно-научные теории рассматриваются в наиболее общих проявлениях в различных областях материального мира. В процессе изложения материала курса подчеркивается единство науки, заключающееся не только в наличии общих законов, но и в единстве методов научного описания, многообразии сторон реально протекающих процессов. Это обуславливает взаимосвязь всех разделов, даже традиционное разделение на физику, химию, биологию становится условным.

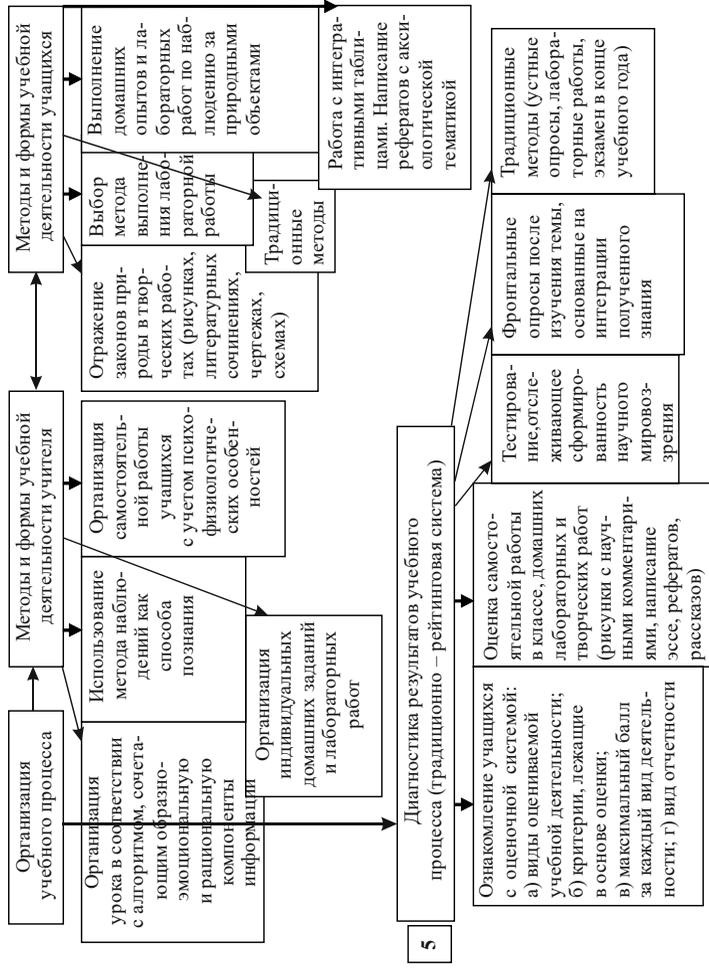
Целью курса «Естествознание» для старших классов гуманитарного профиля является формирование основ естественно-научного мировоззрения учащихся. Задачи курса – освоение естественно-научного подхода к изучению окружающего мира, развитие рационального мышления.

Как уже отмечалось, эта идея имела положительный отклик среди школьников и их родителей. Хотя в настоящее время разработаны учебники и учебно-методические пособия для курса

«Естествознание» (Алексашина И.Ю., Габриелян О.С.) и многие школьники хотели бы обучаться в профильных классах, организация профильного обучения осуществляется низкими темпами. О низких темпах данного процесса говорят многочисленные публикации. Так, в [4] показано, что в Курской области доля образовательных учреждений, не имеющих профильных классов, в 8 раз больше, чем имеющих такие классы. Низкие темпы организации профильного обучения можно объяснить сложностью и длительностью организации всех элементов содержательного, методического, методологического, организационного характера.

Мы предлагаем для классов гуманитарной направленности, не снижая качества и объема изучаемого материала, использовать технологию обучения естествознанию, базирующуюся на идеях личностно-ориентированного обучения, гуманизации и гуманитаризации педагогического процесса, учете индивидуальных свойств личности ученика, дифференцированном подходе к обучению (рисунок) [3].

Данная технология является комплексной и отвечает всем требованиям, предъявляемым к педагогическим технологиям. Она относится, скорее, к предметному частнометодическому уровню, так как рассматривает совокупность методов и средств, используемых для воспитания и обучения учащихся естествознанию с учетом их психофизиологических различий. Гуманитарный подход является эффективным и для учеников, которые должны освоить базовую программу наряду со всеми в процессе преподавания, в частности физики, в условиях, где невозможно организовать профильные классы.



Организация учебного процесса курса «Естественнознание» в классах гуманитарного профиля

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство образования Российской Федерации: приказ от 18 июля 2002 года № 2783 «Об утверждении Концепции профильного обучения на старшей ступени общего образования».
2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 4133.
3. Скрипко, З.А. Естественно-научная подготовка учащихся социально-гуманитарной направленности в системе начального профессионального образования: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. М., 2008. 326 с.
4. Управление профильным обучением в условиях реализации ФГОС СОО / под общ. ред. Г.Н. Подчалимовой. Курск: Учитель, 2019. 80 с.

Z. A. Skripko

The introduction of specialized education in the Russian school

The process of organizing specialized education in secondary school is considered. An overview of the introduction of specialized training is made, the low rates of this process are noted. The organization of the educational process in humanitarian classes is proposed.

violin@tspu.edu.ru

И. А. ТРУБЧЕНИНОВА, ассистент каф. ТУ,
ТУСУР, Томск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОВЕНЬ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рассмотрено применение дистанционных образовательных технологий в реализации образовательного процесса для студентов очной формы обучения в условиях распространения коронавирусной инфекции. Проанализирована успеваемость студентов 3-го курса кафедры телевидения и управления ТУСУРа в периоды очного обучения, обучения с применением исключительно дистанционных образовательных технологий, с применением смешанной формы обучения. Предложены меры по повышению качества образования на кафедре телевидения и управления ТУСУРа.

В настоящее время применение дистанционного обучения стало не только трендом и показателем развития учебного заведения, но и крайней необходимостью. В связи с эпидемиологической обстановкой в мире все образовательные учреждения вынуждены были перейти на обучение с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Актуально рассмотреть применение ДОТ для реализации образовательного процесса и его влияние на успеваемость студентов.

Дистанционные образовательные технологии реализуются с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном взаимодействии обучающихся и преподавателей [1]. Для этого создается электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) – совокупность электронных, информационных и образовательных ресурсов, информационных технологий, которые обеспечивают освоение обучающимися образовательных программ [2]. Одним из элементов ЭИОС является система дистанционного обучения (СДО). СДО ТУСУРа дает возможность создавать электронный курс по дисциплине,

загружать в него теоретический материал, практические задания и вспомогательные материалы, проводить промежуточный контроль, организовывать онлайн-занятия с применением видеоконференцсвязи. В СДО важными факторами являются техническая оснащенность участников образовательного процесса и навыки работы с этой платформой.

Ранее проводилась оценка влияния ДОТ на качество обучения, были описаны недостатки перехода в дистанционный формат и пути их устранения [3], однако не осуществлен анализ успеваемости студентов при обучении с применением ДОТ и в смешанной форме.

Цель настоящей работы – оценить влияние ДОТ на успеваемость обучающихся на примере студентов 3-го курса кафедры телевидения и управления (ТУ) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

В настоящее время в ТУСУРе реализуется смешанный формат обучения, при котором лабораторные и практические занятия проходят в очной форме, а лекционные – с применением ДОТ. Такая организация обучения является оптимальной в сложившейся эпидемиологической обстановке, так как позволяет реализовывать полноценную практическую подготовку, которая крайне важна для технических специальностей, но в то же время исключает образование скоплений большого количества студентов. Кроме того, при проведении анкетирования студентов на кафедре ТУ 65 % опрошенных пожелали, чтобы часть дисциплин преподавалась с применением ДОТ на постоянной основе [3].

Для оценки влияния ДОТ на успеваемость студентов были проанализированы две группы 3-го курса по направлениям подготовки 11.03.01 «Радиотехника» (гр. 149-4) и 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (гр. 119). Данные группы были выбраны по той причине, что за первые 2 года обучения они осваивали образовательную программу в трех форматах: очном, исключительно с применением ДОТ, в смешанном.

Распределение форматов обучения данных групп представлено в таблице 1.

Результаты успеваемости студентов направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника» представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Распределение форматов обучения по семестрам

Период обучения	Курс	Формат обучения
Осенний семестр 2019/2020 уч. г. (1)	1	Очный
Весенний семестр 2019/2020 уч. г. (2)	1	Очный + исключительно с применением ДОТ
Осенний семестр 2020/2021 уч. г. (3)	2	Исключительно с применением ДОТ + смешанный
Весенний семестр 2020/2021 уч. г. (4)	2	Смешанный
Осенний семестр 2021/2022 уч. г. (5)	3	Исключительно с применением ДОТ + смешанный

Результаты успеваемости студентов направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи представлены в таблице 3.

По результатам успеваемости видно, что при переходе на обучение с применением ДОТ происходит ее резкий спад: в группе 149-4 на 0,91 балла, в группе 119 на 0,88 балла. В группе 149-4 отмечается дальнейший спад успеваемости на 0,44 балла, что связано с накоплением долгов у студентов. Большое количество долгов после обучения с применением ДОТ сказалось на освоении образовательной программы в последующих семестрах. В связи с этим 13 студентов группы являлись неуспевающими по результатам 3-го семестра. Уровень успеваемости по результатам 4-го семестра возрос на 1,08 балла, что связано с волной отчислений неуспевающих студентов, адаптацией студентов к смешанному формату обучения и полным техническим оснащением студентов для занятий.

В группе 119 в связи с уходом в академический отпуск и отчислением по собственному желанию 9 студентов отмечается увеличение успеваемости на 1,05 балла по результатам 3-го семестра. Однако по результатам 4-го семестра наблюдается спад успеваемости на 0,4 балла, который связан увеличением количества неуспевающих студентов в группе (средний балл < 3).

Таблица 2 – Успеваемость студентов направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника» по семестрам

Семестр	Кол-во студентов	Успеваемость	Кол-во студентов со ср. баллом <3	Кол-во студентов со ср. баллом от 3 до 3,5	Кол-во студентов со ср. баллом от 3,5 до 4	Кол-во студентов со ср. баллом от 4 до 4,5	Кол-во студентов со ср. баллом >4,5
1	21	3,51	1	9	8	3	0
2	21	2,6	8	7	2	4	0
3	20	2,16	13	3	2	2	0
4	14	3,24	3	3	4	3	1

Таблица 3 – Успеваемость студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по семестрам

Семестр	Кол-во студентов	Успеваемость	Кол-во студентов со ср. баллом <3	Кол-во студентов со ср. баллом от 3 до 3,5	Кол-во студентов со ср. баллом от 3,5 до 4	Кол-во студентов со ср. баллом от 4 до 4,5	Кол-во студентов со ср. баллом >4,5	Кол-во студентов со ср. баллом 5
1	23	3,43	3	9	7	4	0	0
2	23	2,55	10	6	3	2	1	1
3	14	3,6	2	3	5	1	2	1
4	14	3,2	4	2	5	3	0	0

Для большей части группы также характерна адаптация к смешанному формату обучения, полное техническое оснащение студентов для занятий, повышение уровня самостоятельности в обучении.

По результатам проведенного анализа предложены следующие меры для повышения качества образования студентов на кафедре ТУ:

- организовать анкетирование студентов для выявления дисциплин, с которыми у них возникли наибольшие трудности;

- в рамках дисциплины «Учебно-исследовательская работа студентов» проводить семинары с привлечением профильных специалистов, посвященные темам, с которыми у студентов возникают затруднения;

- организовать систему тьюторства в рамках кафедры с привлечением магистрантов и аспирантов 1-го и 2-го годов обучения.

Основная цель данных мер – устранить пробелы в знаниях, возникшие из-за трудностей перехода на обучение с применением ДОТ.

На основании проделанной работы можно сделать вывод, что большая часть студентов адаптировалась к освоению образовательной программы с применением ДОТ. Формат дистанционного обучения позволил повысить уровень самостоятельности студентов, но ограничил количество личных коммуникаций между студентом и преподавателем, что немаловажно для образовательного процесса. ДОТ являются технологичным, доступным и нужным ресурсом в организации образовательного процесса, однако их применение должно быть сбалансировано, чтобы не вредить качественному освоению образовательной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об образовании в Российской Федерации: федер. закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.

2. Об утверждении Порядка проведения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ: приказ Минобрнауки России от

23.08.2017 № 816. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/71770012/paragraph/1:0>.

3. Трубченинова, И.А. Оценка влияния дистанционных образовательных технологий на качество обучения студентов очной формы обучения в условиях пандемии // Материалы XXVI Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-26-2020). Томск: Изд-во ТУСУРа, 2020. С. 17–20.

I. A. Trubcheninova

Assessment of distance educational technologies impact on the level of achievement for full-time students

The use of distance learning technologies in the implementation of the educational process for full-time students in the context of the spread of a new coronavirus infection is considered. The progress of 3rd year students of the department of TU TUSUR during the period of full-time study, with the use of distance educational technologies, with the use of blended learning is analyzed. Measures are proposed to improve the quality of education at the department of TU TUSUR.

irina.a.trubcheninova@tusur.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХУРОВНЕВЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

Представлено вычислительное моделирование обработки результатов двухуровневых измерений силы тяготения по профилю. Доказано, что смена знака горизонтальной координаты вектора, уравнивающего направления, указывает на расположение изолированного тела с контрастной избыточной плотностью в сравнении с плотностью вмещающих пород.

При проведении гравиметрической разведки возможна такая ситуация, когда два или несколько изолированных близко расположенных или погруженных на достаточную глубину рудных интрузий или соляных куполов при профильной съемке показывают единственный экстремум, а при съемке по площади они неразличимы по изолиниям.

Дополнительную информацию можно получить при помощи измерений горизонтальных градиентов V_{xz} и V_{yz} – смешанных вторых частных производных потенциала гравитационного поля [1].

Математическое моделирование и обработка таких измерений приводит к задачам векторной гравиразведки [2, 3].

В ряде работ предложен метод, основанный на математическом моделировании и компьютерной обработке многуровневых стратифицированных измерений, выполненных одновременно не менее чем на двух уровнях. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что при определенных соотношениях плотностей изолированных тел и их расположении возможно доказательство их отделимости [4, 5].

Рассмотрим упрощенную постановку задачи – интерпретацию измерений по профилю. Результатом таких измерений будет график.

В вычислительном эксперименте моделируется ряд измерений по профилю, выполненных на двух фиксированных уровнях над поверхностью.

Будем полагать, что гравитирующие тела имеют форму равных по высоте вертикальных заглубленных на одинаковую величину столбов с равной постоянной избыточной плотностью. «Подшву» столба будем считать удаленной в бесконечность. Вмещающие породы образуют среду с постоянной плотностью, заметно контрастной с плотностью неоднородностей. Линия раздела – гравиактивная граница, выражена резко. Расположение тел, координатных осей и знаковых точек показано на рисунке 1.

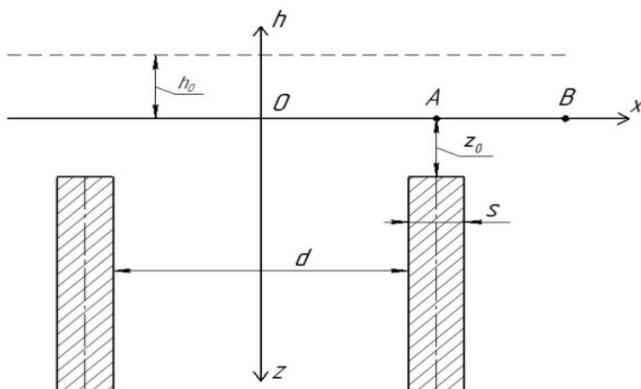


Рисунок 1 – Схема расположения неоднородностей в форме двух заглубленных столбов (линейные размеры приводятся к одной единице измерения)

При обработке измерений по профилю аномалия силы тяжести на поверхности вычисляется по формуле

$$\mathbf{g} = V_z(x, 0) = \gamma \iint_{\Omega} \int \rho(x', z') \frac{z' dx' dz'}{\left(\sqrt{(x-x')^2 + (z')^2} \right)^3}, \quad (1)$$

где $\rho(x, z)$ – линейная плотность: $\rho(x, z) = \rho(x, 0, z)$.

Для вычисления силы тяжести на постоянной высоте $z = -h$ формула имеет вид

$$\mathbf{g} = V_z(x, 0) = \gamma \iiint_{\Omega} \rho(x', z') \frac{z' dx' dz'}{\left(\sqrt{(x-x')^2 + (z'+p)^2} \right)^3}. \quad (2)$$

Интегралы (1) и (2) вычисляются приближенно. Для этого трехмерное пространство разбивается на элементарные ячейки – воксели кубической формы. При обработке измерений по профилю воксели – квадраты, их отождествим с элементами $dx' dz'$, полагая для вычислений $dx' = dz' = 1$. Примем для вокселей обозначение $M(m, n)$, отождествляя их с точками – центрами соответствующих элементов. В области избыточной плотности положим $\rho(m, n) = 0,5$, в остальной части нижней полуплоскости $\rho(m, n) = 1$. В верхней полуплоскости $\rho(m, n) = 0$.

Вычислим вариацию силы тяжести с поправкой на разность высот между вокселями $M(0, n)$ и $M(-m_0, n')$:

$$g_z(0, n) - g_z(h_0, n').$$

Разделив величину вариации на длину отрезка между вокселями $M(0, n)$ и $M(-m_0, n')$, получим величину напряженности поля тяготения между этими точками. Таким образом, получен вектор $\mathbf{v}(n, n')$, который интерпретирует напряженность силы тяжести.

Для каждой точки оси Ox (при каждом n) имеем совокупность векторов напряженности $\mathbf{v}(n, n')$. Вычислив векторную сумму векторов $\mathbf{v}(n, n')$ по всем индексам n' , получим вектор уравнивающего направления

$$\mathbf{R}(n) = \sum_{n'} \mathbf{v}(n, n').$$

Поле векторов уравнивающих направлений дает качественное решение обратной задачи отделимости. На рисунке 2 показан результат тестового расчета для случая слабой отделимости пары изолированных тел.

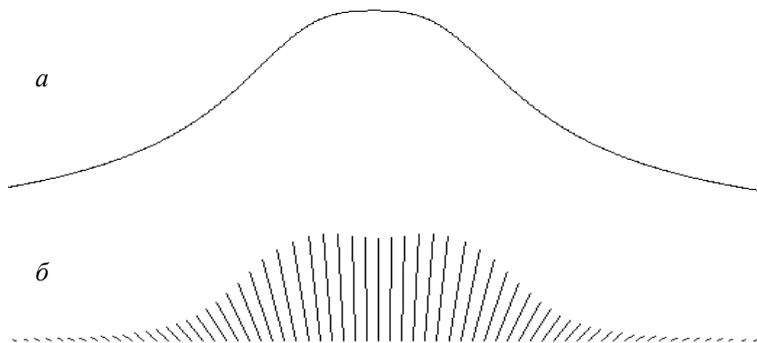


Рисунок 2 – Слабая делимость изолированных тел при положительной избыточной плотности с коэффициентом контрастности 0,4:

a – график аномалии силы тяжести $g_z(x)$;

б – поле векторов уравнивающих направлений.

Расстояние между изолированными телами $d = 75$,
заглубление $z_0 = 15$, высота $h_0 = 5$

ЛИТЕРАТУРА

1. Маловичко, А.К., Тарунина, О.Л. Высшие производные гравитационного потенциала и их применение при геологической интерпретации аномалий. М.: Недра, 1972. 52 с.
2. Бычков, С.Г. Методы обработки и интерпретации высокоточных гравиметрических наблюдений при решении геологических задач: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. 264 с.
3. Hecimovic, Z., Basic, T. Terrain effect on gravity field parameters using different terrain models // Newton's Bulletin. 2005. N 3. P. 92–102.
4. Зеркаль, С.М., Чашин, О.Н. Вычислительные модели обратных геофизических задач: моногр. / отв. науч. ред. В. А. Чеверда. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2020. 105 с.
5. Зеркаль, С.М., Чашин, О.Н. Вычислительная технология гравиметрического моделирования // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: тр. V междунар. науч.-практ. конф., 14 апреля 2021 г. Новокузнецк: СибГИУ, 2021. С. 81–87.

O. N. Chashchin

Application of two-level gravimetric measurements to detail the geological structure of the upper part of the section

A computational simulation of processing the results of two-level measurements of the gravitational force by profile is presented. It is proved that the change of the sign of the horizontal coordinate of the vector of the balancing direction indicates the location of an isolated body with a contrasting excess density in comparison with the density of the host rocks.

oleg-chashhin@yandex.ru

О. Н. ЧАЩИН, канд. физ.-мат. наук, доц. НГАУ, Новосибирск

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОНЯТИЯ «ПОТЕНЦИАЛ» В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

Термин «потенциал» в экономической теории выражает одно из фундаментальных понятий. Применительно к производственным и макроэкономическим процессам в качественном виде потенциал отображает совокупность возможностей в целом, то есть имеет интегральную структуру. По мере практического использования понятие потенциала преобразовалось от качественного представления к количественной характеристике с дополнительными определениями в соответствии с разделом экономической науки или конкретным сегментом практической финансово-экономической или производственной деятельности.

В современной экономической науке и практике получило широкое применение методик, основанных на оценке и использовании потенциала. Содержание термина варьируется в зависимости от цели исследования и постановки задачи. При этом в рассмотрении принимаются специальные виды потенциалов достаточно сложной структуры, отдельные составляющие которых могут интерпретироваться как частные потенциалы.

Понятия «экономический потенциал» и «ресурсный потенциал» использовались с начала 1970-х годов и утвердились в отечественной экономической литературе до настоящего времени, что связано с переходом к рыночному механизму хозяйствования.

Одно из первых определений экономического потенциала как совокупности ресурсов предложил А.И. Анчишкин. По его мнению, экономический потенциал характеризуют «производительные ресурсы, их объем, структура, технический уровень и качество...» [1].

В новой экономической энциклопедии Е.Е. Румянцевой [2] даётся определение потенциала в экономике: *совокупность различных видов ресурсов, включая материальные, финансовые, интеллектуальные, научно-технические и иные, с помощью кото-*

рых можно получить определенные результаты, например интеллектуальный потенциал, производственный потенциал, предпринимательский потенциал.

Слово «возможность», понимаемое как экономическая категория, выражает наличие условий и (или) обстоятельств, способствующих достижению определенной цели. Следовательно, о потенциале и потенциальных возможностях имеет смысл говорить применительно к выраженной цели. В экономических вопросах в качестве цели естественно полагать повышение эффективности производства, улучшение качества жизни и другие желаемые результаты.

Шалановым Н.В. дается обобщенное, абстрактное определение потенциала объекта произвольной природы: «Потенциал многомерного динамического объекта есть количественная мера уровня его развития, оцененная по совокупности показателей, описывающих его» [3].

По определению Н.В. Шаланова, потенциал представляет собой интегральную характеристику состояния системы (производственной, экономической, социальной). Такое представление согласуется с мнением известного экономиста Л.И. Абалкина: «... потенциал – это обобщенная, собирательная характеристика ресурсов» [4].

Определение количественных значений – это неоднозначная задача многофакторного анализа с нечеткими значениями, соответствующими измерениям в порядковой шкале. Решение такой задачи требует привлечения знаний и опыта экспертов, применения аппарата теории статистического вывода и системного анализа, экспертной меры [5, 6].

Интегральное значение рейтинга (индекса численного значения потенциала) определяется как взвешенное среднее квадратическое по формуле

$$R = \sqrt{K_1 x_1^2 + K_2 x_2^2 + \dots + K_n x_n^2},$$

где K_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – весовые коэффициенты, отражающие значимость соответствующего фактора, представляют средние значения экспертных оценок значимости; x_i – усредненные экспертные оценки частных потенциалов.

Эволюция интерпретации термина «производственный потенциал» представлена в таблице.

Варианты определений понятия «производственный потенциал»

Автор	Определение
А.И. Анчишкин, 1973	Набор ресурсов, принимающих в процессе производства форму факторов производства
Д.А. Черников, 1981	Совокупность ресурсов без учета реальных взаимосвязей, складывающихся в процессе производства
Э.Б. Фигурнов, 1982	Совокупность ресурсов, в результате использования которых производится определенное количество материальных благ
Д.К. Шевченко, 1984	Совокупность производственных ресурсов, соединенных в процессе производства, обладающих определенными потенциальными возможностями по производству продукции
В.И. Свободин, 1987	Совокупность совместно функционирующих ресурсов, обладающих способностью производить определенный объем продукции
И.И. Лукинов, 1988	Количество и качество ресурсов, которыми располагает та или иная экономическая система
В.М. Проскуряков, 1991	Максимально возможный объем производства продукции при эффективном использовании задействованных ресурсов
Т.В. Бондарева, 2006	Наиболее вероятный объем выпуска продукции, который может быть получен на основе определенных основных фондов, при определенном обеспечении их рабочей силой и природными ресурсами
Е.Е. Румянцева, 2011	Объем производства продукции при полной загрузке и наиболее эффективном использовании имеющихся производственных мощностей

ЛИТЕРАТУРА

1. Анчишкин, А.И. Прогнозирование темпов и факторов экономического роста социалистической экономики. М.: Экономика, 1973. 151 с.

2. Румянцева, Е.Е. Новая экономическая энциклопедия. 4-е изд., стер. Гл. XII. М.: Инфра-М, 2011. 882 с.

3. Шаланов, Н.В. Концептуальный подход к формированию цены на инновационный продукт. Новосибирск: НГТУ, 2008. 28 с.

4. Абалкин, Л.И. Новый тип экономического мышления. М.: Экономика, 1987. 189 с.

5. Баланчук, Т.Т., Чащин, О.Н., Шаланов, Н.В. Применение экспертной меры для определения количественных значений экономического потенциала // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-17-2011): докл. (материалы) 17-й междунар. науч.-практ. конф., Томск, 28–30 сентября 2011 г. Томск: В-Спектр, 2011. С. 155–159.

6. Чащин, О.Н., Шаланов, Н.В., Баланчук, Т.Т. Оценивание инновационного потенциала региона с использованием экспертной меры // Современные проблемы телекоммуникаций: материалы рос. науч.-техн. конф. Новосибирск: СибГУТИ, 2012. С. 217–220.

O. N. Chashchin

Transformation of the concept of "potential" in economics

The term "potential" in economic theory expresses one of the fundamental concepts. Applied in a qualitative form to production and macroeconomic processes, the potential reflects the totality of opportunities "as a whole", that is, it has an integral structure. In the process of practical use, the concept of potential has been transformed from a qualitative representation to a quantitative characteristic with additional definitions in accordance with a section of economic science or a specific segment of practical financial, economic or industrial activity.

oleg-chashhin@yandex.ru

Л. Н. ШАБАТУРА, д-р филос. наук, проф.,
проф. каф. ГНТ ТГУ, Тюмень

СУЩНОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Сформулированы сущность и содержание интеллектуальных ресурсов с философской точки зрения, определены и подчеркнуты роль и значение философии в сопряжении с культурой, показаны прогностические варианты цивилизационного развития, рассмотрены проблемы развития и использования интеллектуальных ресурсов в современных реалиях.

Бурно и динамично развивающаяся современная цивилизация, все более устремляясь к технико-технологическому совершенствованию, оставляет по-прежнему нерешенными проблемы человека и, что особенно важно, его культурного развития и духовного восхождения. Именно культура, и в первую очередь ее духовная составляющая, способна разрешить, а в лучшем случае не допустить разрастание и само появление глобальных, и еще не ставших такими, проблем человечества. Однако упрощенное понимание культуры, ее сущности, роли и значения уводит от острой необходимости культивирования души, взращивания духовности, утверждения и производства исконных духовных ценностей. Современная система образования также в основном устранилась от формирования целостного духотворения человека, одухотворенной личности, делегировав эту роль не только семье, религиям, а, что еще печальнее, различным духовным практикам и сомнительным увлечениям. Об острой необходимости формирования светской духовной культуры мало кто из практиков говорит, а в современной науке имеются лишь незначительные фрагментарные, узкопредметные публикации на эту тему. А ведь науке известна закономерность соответствия цивилизационного и социокультурного развития, настоятельно требующая духовно-нравственного развития личности и гуманизации общества. В противном случае вся цивилизация подвергается

тотальному риску и обречена на самоуничтожение. Поэтому односторонняя цивилизационная (техничко-технологическая) направленность использования интеллектуальных ресурсов также может способствовать усугублению ситуации.

Богатейшие запасы природных ресурсов Сибирских регионов, их разработка и использование не способствовали актуализации интеллектуальных ресурсов и до настоящего времени в муниципальных образованиях их по-прежнему не учитывают, не содействуют развитию и эффективному их использованию даже для наполнения доходной части бюджетов. В то время, когда другие страны, не располагая таким объемом природных ресурсов, как наша Россия (особенно Сибирь), очень плотно и эффективно развивают, коммерциализируют, продуктивно используют интеллектуальные ресурсы, но также, к великому сожалению, в основном не задумываются о безопасности и будущем цивилизации.

Разработанный нами классификатор интеллектуальных ресурсов дает их общее представление, которое отличается от традиционно принятого в науке и практике так называемого человеческого капитала более объемным философским наполнением и содержанием. Следует разделять личностный, или индивидуальный, интеллектуальный ресурс и объективно существующий всеобщий, к которому относится весь накопленный человечеством созидательный опыт, знания, научные и технико-технологические изобретения, разработки и достижения. Особо необходимо подчеркнуть то, что философия дает не только системные, комплексные, универсальные знания, умения и навыки владения ими. Она формирует необходимую культуру мышления, с чего, на наш взгляд, и начинается вся культура, и в первую очередь культура понимания, культура отношения, выбора, принятия решений, культура повседневного поведения, действий, деятельности и жизнедеятельности в целом. Сформированное научно-философское мировоззрение в основе своей и представляет личностный интеллектуальный ресурс, но не только. Не все личности, обладающие таким мировоззрением, способны порождать новые идеи, создавать их комплексы, интегративные структуры и технологии, проводить мысленные эксперименты, открывать и применять новые методы и методологии. Это личности активные, пытливые, устремленные, творчески мыслящие, находящи-

еся в постоянном поиске нового, интересного, необычного, ценного, значимого. Но таких личностей современное российское образование выпускает все меньше и меньше, по мнению работодателей, хотя наша страна, как подтверждает история (это тоже интеллектуальный ресурс), славилась развитым и несравненным творчеством своих граждан, их уникальными творческими способностями. Поэтому к компонентам интеллектуальных ресурсов следует по праву отнести идею, творчество, инициативу, интенцию, методологию и саму философию. Основой формирования, развития и внедрения интеллектуальных ресурсов является развитая культура мышления, включающая умение реформировать реальные и создавать необходимые, соответствующие условия. Но на практике, особенно в современных компаниях топливно-энергетического комплекса, эти компоненты почти истреблены путем копирования, принятия, повсеместного внедрения и использования заимствованного западного менеджмента. Поскольку такие компании являются флагманами российской экономики, то действующие в них управленческие модели и стили автоматически заимствуются другими управленческими структурами, прочно и надолго закрепляются как чужеродные модели, вступающие в противоречия с традиционной отечественной культурой. Однако не только наука, но и сама, хотя и не такая продолжительная, история функционирования подобных компаний, фирм подтверждает и ярко демонстрирует все более нарастающее отчуждение работников. Такое положение дел приводит работающих к молчаливому согласию с любыми принятыми решениями, безучастию, безынициативности, безмолвному равнодушию, снижению и угнетению творческого потенциала, нарастанию личностной, производственной и социальной анемии. Никакие призывы и даже имеющиеся или внедряемые впоследствии системы поощрения не способны восполнить эти утраты. Доминирующий в рыночной экономике авторитарный стиль управления искореняет и конструктивную критику, которая способна поднять планку интеллектуального ресурса, так же как и проявленные управленцами мудрость и мужество в признании своих ошибок и ограничений, что также усугубляет положение подчиненных, ограничивает использование и развитие интеллектуальных ресурсов. Кто позволяет себе критиковать даже конструктивно и задушно, зачастую расплачивается сокращением

или увольнением. Поэтому народная мудрость феодальных времен «Молчание – золото, слово – серебро» стала актуальной и в XXI веке.

Философия всегда была устремлена на поиск, утверждение и доказательство истины как универсальной ценности, и в этой части она крайне необходима в системе образования в достаточном объеме, а не в том усеченном варианте, который в настоящее время содержат утвержденные и действующие федеральные образовательные стандарты любого поколения. Да и формирование общекультурных и универсальных компетенций в своей сущности не предусматривает этого, хотя зло имеющейся неправды, лжи и негативных явлений, ими порождаемых и так часто встречающихся нам в повседневности, необходимо немедленно искоренять для обеспечения всестороннего развития и совершенствования человека, человекообразных систем, гармонизации и безопасности миропорядка. Интеллектуальные ресурсы как одна из категорий национального богатства должны стать импульсом цивилизационного и особенно социокультурного развития региональных и государственных систем нашей великой Родины – России.

L. N. Shabatura

Essence, development and use problems intellectual resources

The essence and content of intellectual resources from a philosophical point of view is developed, the role and significance of philosophy in conjunction with culture is defined and emphasized, predictive options for civilizational development are shown, problems of the development and use of intellectual resources in modern realities are considered.

shabatura@tsogu.ru

Секция 2

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

УДК 621.396

А. АЛХАДЖ ХАСАН, мл. науч. сотр., ТУСУР, Томск,
С. П. КУКСЕНКО, доцент каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ТЕСТОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЕЙ В СИСТЕМЕ TALGAT

Сравниваются опубликованные результаты моделирования полуволнового и волнового диполей с результатами, полученными в системе TALGAT. Представлены распределения тока и частотные зависимости реальной и мнимой частей входного импеданса. Результаты показали хорошее совпадение.

Одной из развивающихся отечественных систем компьютерного моделирования является TALGAT [1]. Она предназначена для моделирования различных электромагнитных задач, включая задачи электромагнитной совместимости, методом моментов (МоМ) [2]. Это объясняется тем, что МоМ непрерывно эволюционирует, так как способен дать приемлемые результаты, используя меньше ресурсов, чем другие методы. Однако для уверенности в результатах моделирования необходимо как можно более полное тестирование программной реализации модели [3]. В системе TALGAT реализована модель для вычисления токов в произвольной проводной структуре. В ней используются тонкопроводная аппроксимация, ступенчатые функции в качестве базисных и дельта-функции в качестве тестовых. Имеются результаты верификации данной реализации [3], но без учета равенства нулю токов на концах проводов.

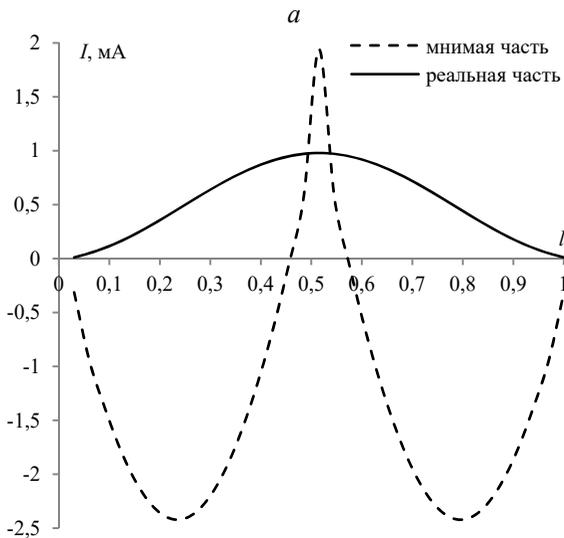
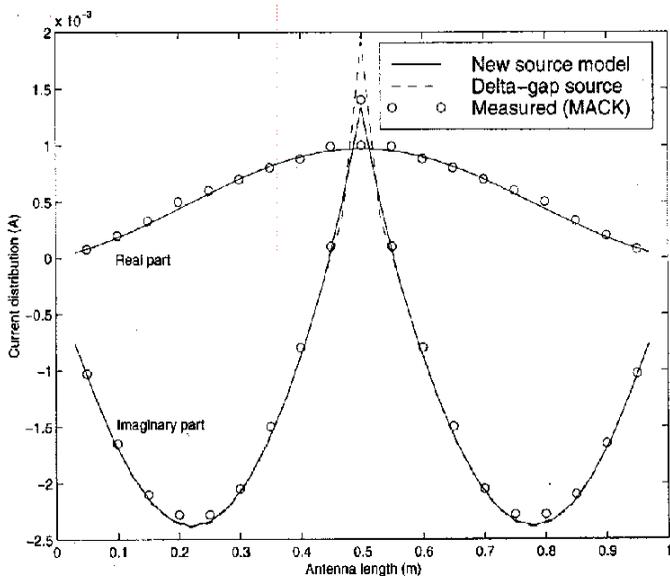
Цель работы – сравнить результаты, полученные в системе TALGAT, учитывая условия равенства нулю токов на концах диполя, с опубликованными в научной литературе результатами, использованными для верификации в [3].

Для анализа выбраны работы, в которых наиболее полно приведены исходные данные [4, 5]. Однако не всегда этих данных было достаточно, поэтому значения некоторых параметров устанавливали самостоятельно, что обуславливало неопределенность. Опубликованные в [4] и полученные в системе TALGAT составляющие тока для волнового ($L = \lambda$) и полуволнового ($L = \lambda/2$) диполей на частоте 300 МГц при радиусе проводов 7,022 мм в зависимости от $l = \lambda/2$ приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. Длина каждого сегмента $s = L/k$, где k принято равным 31 и 15 соответственно. На концах диполя добавлены два сегмента длиной $s/2$ для равенства нулю токов. Результирующая длина сегмента $(L - s)/k$. Видно, что в первом случае совпадение можно считать отличным, а во втором – удовлетворительным.

В [5] приведены зависимости модуля тока вдоль полуволнового диполя ($L = \lambda_0/2$) при радиусе провода $a = 0,003369 \lambda_0$ от $l = L/\lambda_0$ и частотные зависимости реальной и мнимой частей входного импеданса от f/f_0 . Эти результаты, а также полученные в системе TALGAT при разных сегментациях приведены на рисунках 3 и 4 соответственно.

Следует отметить, что в [5] не указано значение частоты f_0 , относительно которой рассчитывалась длина диполя. Поэтому использовано значение 300 МГц. Число k было фиксированным при изменении частоты и равнялось 15, 31, 61. Также добавлены два сегмента для равенства нулю токов на концах диполя. Из полученных результатов определена оптимальная длина сегмента $(L-s)/61$, меньшее значение которой становится меньше радиуса провода, что приводит к некорректным вычислениям.

При сравнении результатов видна сходимость данных моделирования с ростом k . Совпадение с опубликованными результатами в целом удовлетворительное. Результаты проведенного моделирования ближе к опубликованным, чем представленные в работе [3]. Расхождение с опубликованными, по всей видимости, объясняется различными исходными данными. В частности, нет данных о зазоре источника и числе сегментов. Кроме того, использовали различные подходы к моделированию источника.



б

Рисунок 1 – Зависимости реальной и мнимой частей тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda$ от l из [4] (*а*) и полученные в системе TALGAT (*б*)

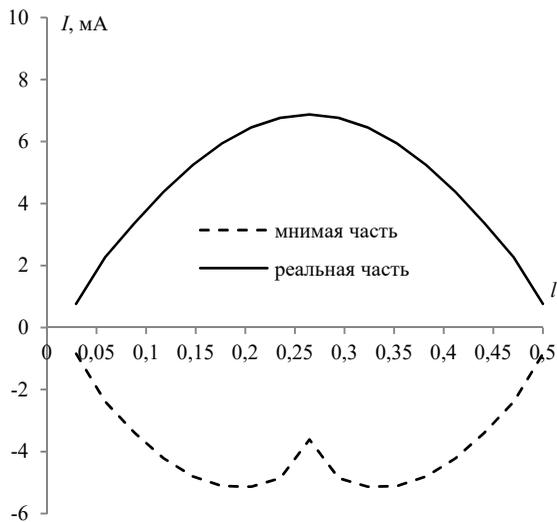
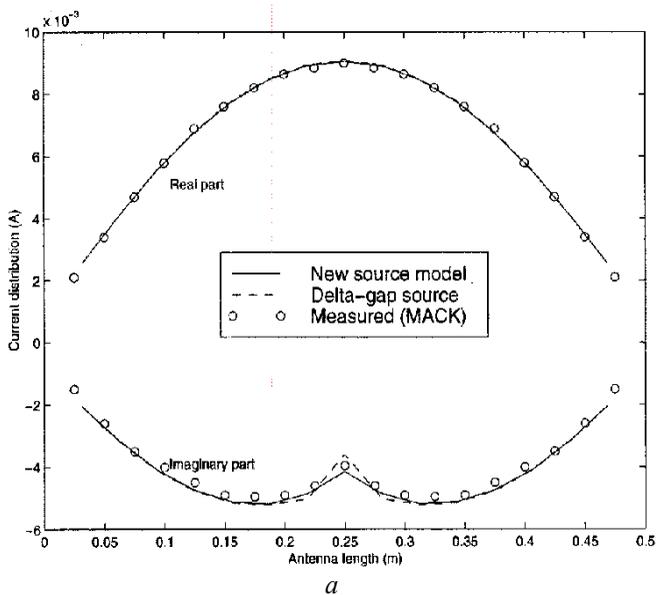


Рисунок 2 – Зависимости реальной и мнимой частей тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda/2$ от l из [4] (а) и полученные в системе TALGAT (б)

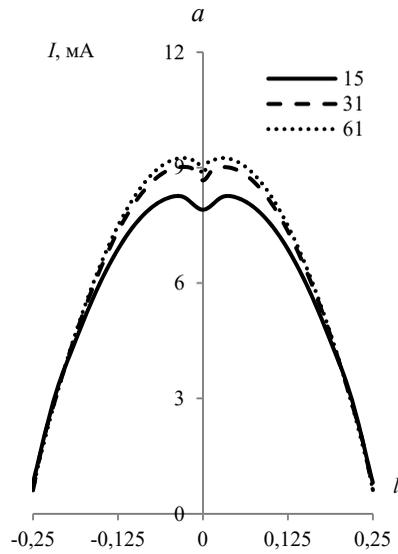
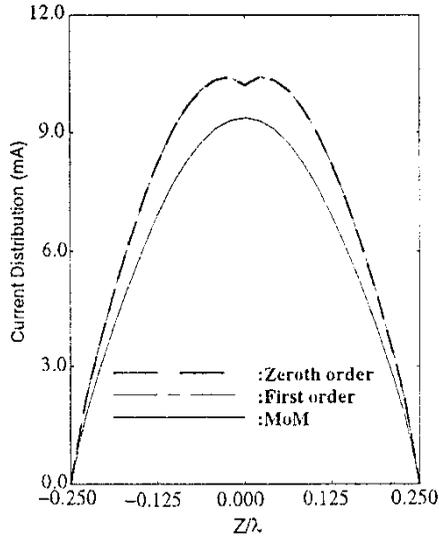


Рисунок 3 – Зависимости модуля тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda_0/2$ от l , приведенные в [5] (а) и полученные в системе TALGAT при $k = 15, 31, 61$ (б)

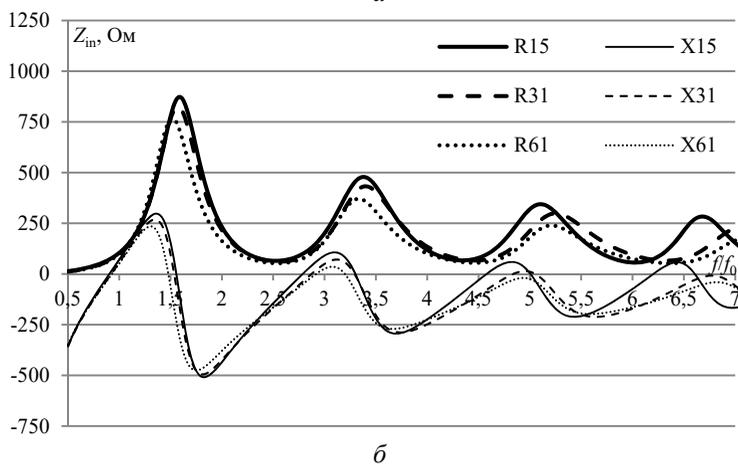
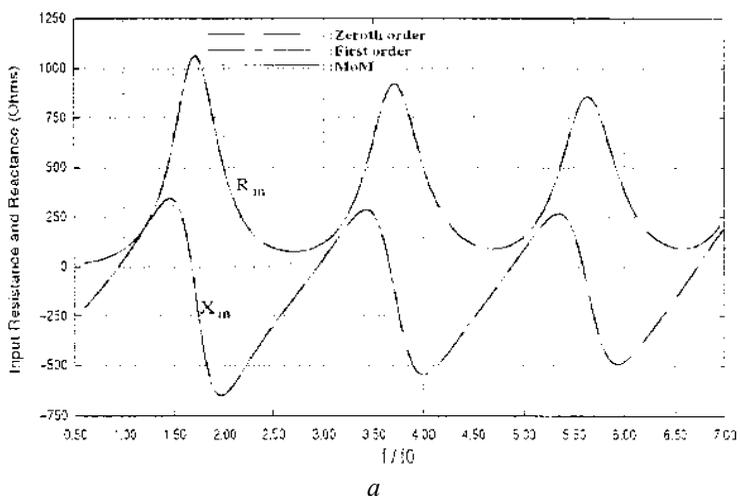


Рисунок 4 – Зависимости реальной (R_k) и мнимой (X_k) частей импеданса диполя длиной $L=\lambda_0/2$ от f/f_0 , полученные в [5] (а) и в системе TALGAT при $k = 15, 31, 61$ (б)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0039.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование элементов критичной радиоэлектронной аппаратуры: новые подходы, модели и алгоритмы, их реализация и применение / Т.Р. Газизов [и др.] // *Наноиндустрия*. 2020. Т. 13, № S5-2 (102). С. 425–432.
2. Harrington, R.F. *Field computation by moment methods*. NY: Macmillan, 1968. 240 p.
3. Газизов, Т.Р. Уменьшение искажений электрических сигналов в межсоединениях и преднамеренных электромагнитных помех: дис. ... д-ра техн. наук. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010.
4. Cui, T.J., Chew, W.C. Accurate model of arbitrary wire antennas in free space, above or inside ground // *Electrical and Computer Engineering*. 2000, April. Vol. 48. P. 482–493.
5. Wei, C., Inagaki, N., Di, W. A new numerical technique with application to analysis of wire antennas // *Proc. of Int. Symp. on Antennas and Propagation*, Chiba, Japan, September 24–27, 1996. P. 1157–1160.

A. Alhaj Hasan, S. P. Kuksenko

Test simulation of dipoles in the TALGAT system

The published results for half-wave and wave dipoles are compared with the results obtained in the TALGAT system. The results of current distribution and frequency dependences of the real and imaginary parts of the input impedance are obtained. The results were in good agreement.

alhaj.hasan.adnan@tu.tusur.ru

А. В. БУСЫГИНА, ст. преподаватель, ТУСУР, Томск

ПОДХОД К ПОДБОРУ БИОМЕДИЦИНСКИХ СОСУДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Рассмотрено поглощение электромагнитной энергии биологическим объектом (мозговая ткань) при воздействии электромагнитного поля, возбуждаемого ТЕМ-камерой. Проведен сравнительный анализ распределения удельного электромагнитного поглощения при разных параметрах чашек Петри.

Тенденции развития современных электронных устройств приводят к увеличению интенсивности воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на человека. Поэтому актуально исследовать воздействие ЭМИ на биологические объекты (БО). Мнения по вопросу безопасности ЭМИ разделяются, и в связи с недостаточностью экспериментальных доказательств радиочастотные (РЧ) электромагнитные поля (ЭМП) классифицированы как «возможно канцерогенные для человека» [1].

В настоящее время одним из устройств, позволяющих оценить влияние электромагнитного поля на исследуемые объекты, является ТЕМ-камера [2] и ее вариации для биомедицинских исследований [3–5]. Прежде чем приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо провести ряд расчётов и имитационное моделирование поглощения электромагнитной энергии БО в ТЕМ-камере. Особое внимание уделяется выбору оптимальных параметров биомедицинских сосудов для проведения исследований, так как они способны исказить данные эксперимента при размещении их внутри ТЕМ-камеры [6], а также оптимальным параметрам БО.

Цель работы – определить оптимальные параметры чашек Петри (диаметр и высоту стенки) для обеспечения наибольшей однородности распределения коэффициента удельного электромагнитного поглощения (УЭП) внутри биологического объекта.

Ранее выявлено, что наиболее подходящим сосудом для проведения экспериментов по влиянию ЭМП на БО является пластиковая чашка Петри с толщиной стенок 0,25 мм [7]. В качестве критерия при оценке влияния ЭМП использовался коэффициент УЭП. При моделировании поглощения электромагнитной энергии БО обнаружено, что при толщине слоя БО 5 мм на его верхней и нижней поверхностях наблюдается выраженная неравномерность распределения УЭП [7]. Из этого можно сделать вывод, что необходимо уменьшить толщину слоя БО для достижения большей равномерности распределения УЭП.

Подробно методика расчета УЭП приведена в [7]:

$$УЭП = \frac{\sigma E^2}{\rho},$$

где σ – удельная проводимость, См/м; ρ – плотность материала, кг/м³; E – напряжённость электрического поля, В/м.

Характеристики БО для моделирования поглощения электромагнитной энергии приведены в таблице 1. Параметры модели ТЕМ-камеры: волновое сопротивление 50 Ом, КСВН<1,2, диапазон частот до 2 ГГц [7]. Для моделирования УЭП использовался метод конечных элементов.

Таблица 1 – Характеристики биологического объекта

Биологический объект	ρ , кг/м ³	ε_r	σ , См/м	η , Ом	E , В/м
Мозговая ткань	1030	45,8	1,1	55,8	4,21
E – значение, полученное при расчетах в [7].					

Чтобы определить оптимальную толщину слоя БО, позволяющую достичь наибольшей равномерности, выполнено моделирование поглощения электромагнитной энергии для БО толщиной 5, 4, 3, 2 и 1 мм. Моделирование проводилось без чашек Петри и с чашками Петри. Как отмечено ранее, наиболее подходящим сосудом является чашка Петри из пластика толщиной 0,25 мм. Характеристики материала чашки Петри представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики материала чашки Петри

Материал чашки	ε_r	ρ , кг/м ³	k , Вт/К/м	C , кДж/К/кг	σ , См/м
Пластик	3,6	1190	0,2	1,3	0,02
ε_r – диэлектрическая постоянная; ρ – плотность материала, кг/м ³ ; k – теплопроводность, Вт/К/м; C – теплоёмкость, кДж/К/кг; σ – удельная проводимость, См/м.					

При моделировании без чашек Петри определена оптимальная толщина слоя БО, обеспечивающая минимальные расхождения значений УЭП на верхней и нижней поверхностях слоя. Результаты моделирования представлены в таблице 3, из которой можно сделать вывод, что при толщине слоя БО 1 мм расхождение значений УЭП минимально.

Таблица 3 – Моделируемые значения УЭП (мВт/кг) при различной толщине слоя БО

Моделируемые значения УЭП	Толщина слоя, мм				
	5	4	3	2	1
На верхней поверхности БО	18,6	26,5	8,7	8,2	4,2
На нижней поверхности БО	14	19,2	6,84	9,4	4,1

Для дальнейшего моделирования использовался слой БО толщиной 1 мм, помещенный в чашку Петри. Результаты моделирования распределения УЭП представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что при высоте стенки 5 мм и диаметре 10 мм чашки Петри расхождений не наблюдается, из чего можно сделать вывод, что чашка Петри с данными параметрами оптимальна для проведения натуральных экспериментов в ТЕМ-камере. Незначительные расхождения имеются при высоте стенки 9 мм и диаметре 10 мм, высоте стенки 3 мм и диаметре 15 мм.

Представленный подход может стать частью методики подбора биомедицинских сосудов для проведения исследований биологического действия электромагнитных излучений.

Таблица 4 – Моделируемые значения УЭП (мВт/кг) для слоя БО толщиной слоя 1 мм при различных параметрах чашки Петри

Диаметр, мм	Высота стенок, мм								
	3			5			9		
	Max	Max на БО	Δ	Max	Max на БО	Δ	Max	Max на БО	Δ
10	11,8	11,55	0,25	14,04	14,04	0	9,11	9,1	0,01
15	16,6	16,59	0,01	20,4	20,37	0,03	28,34	28,09	0,25
25	39,2	35,49	3,71	43,7	37,28	6,42	19,9	15,33	4,57
35	9,26	9,24	0,02	10,5	8,54	1,96	12,6	9,84	2,76

Max – значение, полученное при моделировании; Max на БО – значение на поверхности БО.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0041.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields / R. Baan [et al.] // The Lancet Oncology. 2011. Vol. 12, N 7. P. 624–626.
2. Crawford, M.L. Generation of standard EM fields using TEM transmission cells // IEEE Trans. on Electromagnetic Comp. 1974. Vol. EMC–16, N 4. P. 189–195.
3. Komnatnov, M.E., Gazizov, T.R. Environmental shielded TEM chamber for biomedical testing // Proc. of the IEEE MTT-S Int. Microwave Workshop Series on RF and Wireless Techn. for Biomed. and Healthcare Applic. (IMWS-BIO), London, Great Britain, December 2014. P. 1–4.
4. Комнатнов, М.Е., Газизов, Т.Р. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры // Доклады ТУСУР. 2014. № 4(34), ч. 1. С. 39–45.
5. Komnatnov, M.E., Busygina, A.V. Module for visual control of in vitro results of the joint impact of climatic and electromagnetic factors on living tissue // 16th Int. Conf. on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015, Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2015. P. 576–579.

6. Busygina, A.V., Komnatnov, M.E., Matveyenko, O.A. Problems of investigations in the sphere of electromagnetic fields impact on biological objects // Siberian Scientific Medical Journal. 2016. Vol. 36, N 1. P. 48–54.

7. Busygina, A.V., Bebyakina, E.V., Komnatnov, M.E. Simulation of absorption of electromagnetic energy by biological object in vessels // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July, 2016. P. 646–649.

A. V. Busygina

Approach to the selection of biomedical vessels for researching the electromagnetic fields influence on biological objects

The absorption of electromagnetic energy by a biological object (brain tissue) under the influence of an electromagnetic field excited by a TEM-cell is considered. A comparative analysis of the SAR distribution for different parameters of the Petri dish was carried out.

bav-tusur@mail.ru

УДК 621.3

А. В. ГРЕБЕНЮК, инженер-технолог лаборатории печатного монтажа, изготовления фотошаблонов и автоматизации технологических процессов, АО «НПЦ «Полус», Томск
А. А. БУЛДАКОВ, начальник лаборатории печатного монтажа, изготовления фотошаблонов и автоматизации технологических процессов, АО «НПЦ «Полус», Томск

ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ЗАПУСКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ПРОИЗВОДСТВО

Отражены особенности применения отечественного программного обеспечения DeltaCAM для подготовки и запуска печатных плат в производство.

Значимыми этапами, которые определяют качество печатных плат (ПП), являются грамотный подбор элементной базы, разработка принципиальной электрической схемы, трассировка рисунка ПП, компоновка слоев и организация экранирования с учетом применения различных материалов. За это отвечают разработчики и конструкторы ПП. Однако не менее важным фактором, влияющим на качество ПП, является организация подготовки их топологии для производства. В задачи технологов входят определение способа изготовления ПП и составление соответствующего технологического процесса, проверка конструкции ПП, создание файлов для расчерчивания фотошаблонов на фотоплоттерах, сверления и фрезерования заготовок ПП на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), проведения электроконтроля на специализированной установке.

Многие годы для организации этих задач использовалось программное обеспечение (ПО) CAMtastic в составе PCAD 2006, но в связи с тенденцией постоянного усложнения конструкций ПП и уплотнения их топологии, а также отсутствием поддержки со стороны производителя данное ПО перестало справляться с поставленными перед ним задачами. С такими же проблемами столкнулись разработчики и конструкторы, использующие модули, входящие в состав CAMtastic. Еще одной причиной отказа

от него послужило постановление правительства, ограничивающее использование импортного ПО в Российской Федерации [1].

Анализ рынка ПО, разработанного в Российской Федерации, помог подобрать подходящий продукт, способный выполнять задачи, поставленные перед разработчиками и конструкторами. Это система автоматизированного проектирования (САПР) Delta Design компании ЭРЕМЕКС и модули, входящие в ее состав: топологический трассировщик печатных плат Topological Router (ТороR) и пакет моделирования электронных схем и схемотехнического проектирования SimOne [2]. Модули успешно прошли тестирование и признаны пригодными для выполнения задач по разработке электрической схемы и трассировке рисунка ПП в АО «НПЦ «Полюс». В 2020 г. в САПР Delta Design добавлен специализированный редактор DeltaCAM, позволяющий выполнять просмотр и редактирование производственных файлов [2].

Специалистами лаборатории печатного монтажа, изготовления фотошаблонов и автоматизации технологических процессов АО «НПЦ «Полюс» составлен план по тестированию пробной версии редактора DeltaCAM с привязкой к конструкции ПП, оборудованию и технологиям, применяющимся при их изготовлении. План согласован с разработчиками компании ЭРЕМЕКС. Он включает получение тестовой версии ПО DeltaCAM и проверку ее работоспособности по следующим функциям: импорту слоев ПП из PCAD 2006, редактированию производственных данных, автоматическому анализу топологии и поиску мест замыканий или обрывов печатных проводников, проверке на минимальный зазор и ширину элементов печатного рисунка через встроенный редактор правил, экспорту файлов сверления и фрезерования на станки с ЧПУ и т. д. [3].

По результатам тестирования установлено, что основная часть инструментов ПО DeltaCAM функционирует корректно и выполняет свои задачи с привязкой на конструкции ПП, технологии и оборудование, используемое в АО «НПЦ «Полюс». Из пунктов плана не удалось выполнить только задачу по корректному экспорту файлов сверления и фрезерования на станки с ЧПУ. Разработчикам ПО отправлены рекомендации, позволяющие устранить данную проблему. Для увеличения функционала ПО DeltaCAM разработчикам также предложено внедрить в его состав инструмент по мультиплицированию слоев ПП на заго-

товки конкретного размера, применяющиеся при изготовлении ПП, и проведению маркирования заготовок как обозначениями в виде символов, так и с помощью сверления набора отверстий.

Сегодня можно утверждать, что у ПО DeltaCAM нет отечественных аналогов, импортные варианты с подобным функционалом имеют более высокую стоимость и предназначены для работы только с англоязычным интерфейсом. Технологи, разработчики и конструкторы АО «НПЦ «Полус» продолжают совместную работу с компанией ЭРЕМЕКС по улучшению функционала САПР Delta Design и модулей, входящих в его состав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Постановление правительства Российской Федерации от 16.11.2015 № 1236.

2. Официальный сайт компании ЭРЕМЕКС. URL: <https://www.eremex.ru/about/свободный>.

3. Попов, С. DeltaCAM – инструмент подготовки производственных файлов // САПР и графика. 2021. № 9. С. 22–28.

A. V. Grebenuk, A. A. Buldakov

Application of domestic software for the preparation and launch of printed circuit boards into production

This article reflects the features of the use of domestic software DeltaCAM for the preparation and launch of printed circuit boards in production.

Grebenuk1994@mail.ru

М. И. КАТКОВА, магистрант, ТУСУР, Томск,
А. АЛХАДЖ ХАСАН, аспирант, ТУСУР, Томск
С. П. КУКСЕНКО, доцент каф. ТУ, ТУСУР, Томск

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ В ФОРМЕ ЧАЙКИ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ

Сравниваются опубликованные экспериментальные и аналитические результаты для диаграммы направленности и частотной зависимости адмиттанса антенны в форме чайки с результатами, полученными с помощью метода моментов. Показана сходимость результатов с уменьшением длины сегмента. Получено хорошее совпадение.

Известно, что использование систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет значительно сократить время проектирования и уменьшить цену создаваемого объекта. Численные методы, на которых основаны САПР, развивались с эволюцией компьютеров, но невозможно сказать, что существует универсальный метод, подходящий для решения всех задач электродинамики. Поэтому оптимален тот метод, который способен дать приемлемые результаты при имеющихся ресурсах [1].

Метод моментов (МоМ) [2] широко используется в САПР и считается эффективным, несмотря на его ограничения. Он является численным методом формирования матричных уравнений. В нем исследуемое интегральное уравнение, которое описывает исходное поле проводной антенны, раскладывается по полной системе базисных ортогональных функций. Далее задача сводится к тому, чтобы решить систему линейных алгебраических уравнений с N неизвестными, как правило, представляющими собой коэффициенты некоторого разложения тока. Хотя существуют другие методы, такие как метод конечных элементов и метод конечных разностей во временной области, МоМ предпочтительней для ряда решаемых задач. Он имеет простой алгоритм и малые затраты на дискретизацию и поэтому развивается [3].

Однако, когда речь идет о моделировании антенн, существуют методы, основанные на упрощении решения интегрального уравнения антенны [4, 5]. Например, метод, формулирующий одно интегральное уравнение с ядром замкнутой формы, исключив граничные условия, для получения распределения тока в кусочно-линейной антенне [6]. Этот способ отличается от других, например [7], тем, что он не вводит дополнительные ограничения и дает точные результаты без обычных двойных численных интегрирований, что подтверждено хорошим совпадением теоретических и экспериментальных результатов.

Для САПР важно расширять базу тестовых структур с оптимальными параметрами их моделирования. В частности, такая работа начата для отечественной системы TALGAT [8]. При этом важно сравнение с опубликованными результатами измерений или моделирования. Цель работы – исследовать влияние длины сегмента на характеристики антенны в форме чайки с помощью МоМ в TALGAT и сравнить результаты с полученными в [6].

Геометрия антенны представлена на рисунке 1,а. Антенна имеет длину L , причем $L/\lambda = 0,75$, и радиус провода $a = 0,005\lambda$ на частоте $f_0=3$ ГГц; $h_1 = 0,0714\lambda$, $h_2 = 0,4286\lambda$, $h_3 = 0,25\lambda$; $\alpha = 50^\circ$. В TALGAT данная антенна моделировалась при тех же параметрах, но длина зазора, не указанная в [6], взята $0,005\lambda$ (рисунок 1,б, в).

Полученные авторами [6] и наши результаты для диаграммы направленности (ДН) антенны в плоскости XY представлены на рисунке 2, а для частотной зависимости адмиттанса – на рисунке 3. Моделирование выполнялось при изменении длины сегмента λ/k , где $k=10, 20, 40, 80, 160, 180$, до сходимости (рисунок 4). В результате выявлена оптимальная длина сегмента $\lambda/180$, меньшее значение которой становится меньше радиуса провода, что приводит к некорректным вычислениям.

Из рисунка 2 видно, что результаты хорошо согласуются между собой. Сходимость в максимуме ДН наблюдалась в TALGAT при $k = 40$ и выше, а различие в минимуме боковых лепестков менее 3 дБ. Рисунок 4 показывает, что при $k = 20, 40, 80, 160, 180$ различие в значениях максимума напряженности поля антенны составило 33, 10, 6, 2, 0 %.

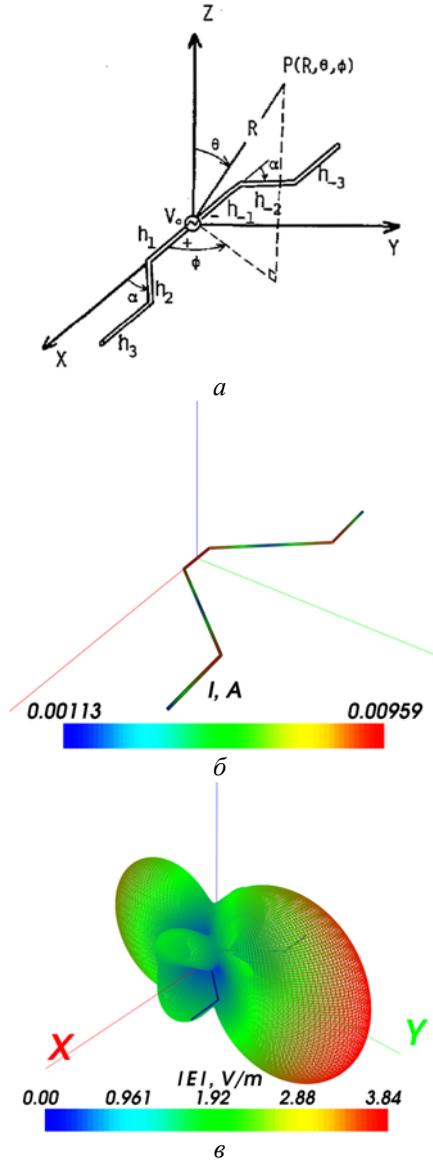
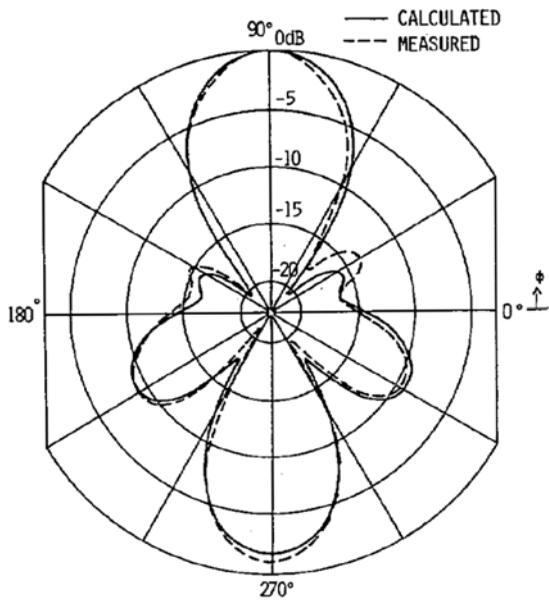
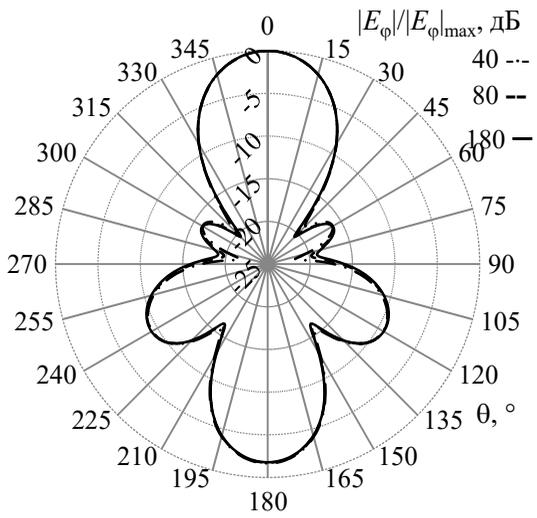


Рисунок 1 – Антенна в форме чайки [6] (а),
 распределения тока в антенне (б) и трехмерной ДН (в),
 полученные в системе TALGAT при $k=180$

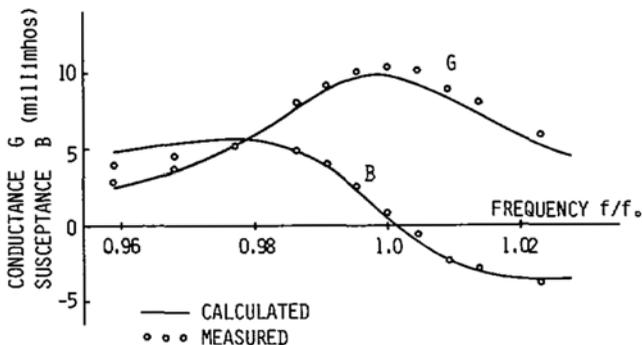


a

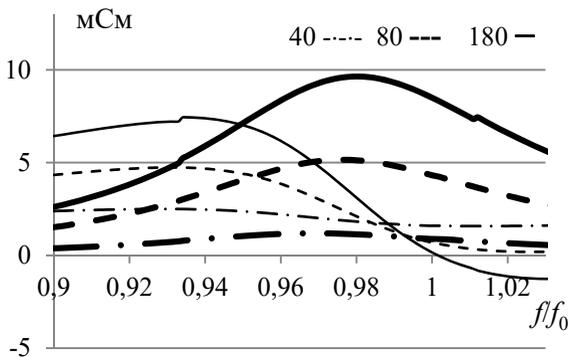


b

Рисунок 2 – Диаграммы направленности антенны в плоскости XY, полученные теоретически (—) и экспериментально (---) в [6] (a) и в системе TALGAT при разных k (b)



a



б

Рисунок 3 – Действительная и мнимая части адмиттанса антенны в зависимости от частоты f/f_0 , полученные теоретически (—) и экспериментально (°) в [6] (a) и в системе TALGAT при разных k (б)

Сходимость адмиттанса гораздо хуже, лишь при $k=160-180$, как видно из рисунка 3. Даже при оптимальной длине сегмента результаты отличаются от результатов измерения, например, на частоте f_0 различие составило примерно 20 % для действительной части и выше 100 % для мнимой. Это может объясняться тем, что длина зазора была фиксирована и это привело к сдвигу по частоте.

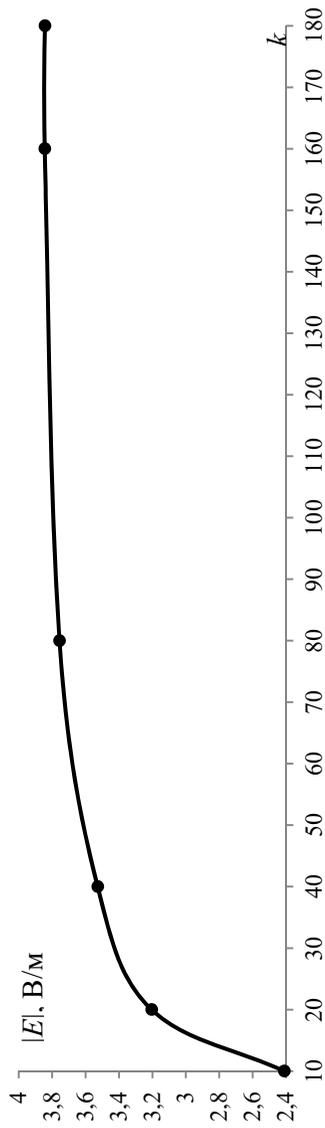


Рисунок 4 – Сходимость максимального модуля напряженности поля антенны

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0039.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко, А.П., Никишин, В.Н. Аналитические и численные методы прочностного анализа и проектирования автомобильных конструкций: учеб. пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2015. 130 с.
2. Harrington, R.F. Field computation by moment methods. NY: Macmillan, 1968. 240 p.
3. Куксенко, С.П. Электромагнитная совместимость: численные методы решения задач : учеб. пособие. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. С. 152–161.
4. Mei, K. On the integral equations of thin wire antennas // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1965. Vol. 13, N 3. P. 374–378.
5. Simpson, T. The theory of top-loaded antennas: Integral equations for the currents // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1971. Vol. 19, N 2. P. 186–190.
6. Kominami, M., Rokushima, K. On the integral equation of piecewise linear antennas // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1981. Vol. 29, N 5. P. 787–792.
7. Egashira, S., Taguchi, M. On the analysis of the umbrella antennas using the Hallen-type integral equation // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1980. Vol. 28, N 3. P. 393–397.
8. Моделирование элементов критичной радиоэлектронной аппаратуры: новые подходы, модели и алгоритмы, их реализация и применение / Т.Р. Газизов [и др.] // Наноиндустрия. 2020. Т. 13, № S5-2 (102). С. 425–432.

M. I. Katkova, A. Alhaj Hasan

Modeling a seagull antenna method of moments

The published experimental and analytical results for the radiation pattern and frequency dependence of the admittance of a gull-shape antenna are compared with the results obtained using the method of moments. The convergence of the results with decreasing segment length is shown. A good match is obtained.

alhaj.hasan.adnan@tu.tusur.ru

В. П. КОСТЕЛЕЦКИЙ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
Е. Б. ЧЕРНИКОВА, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПАЧКИ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ В ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ СТРУКТУРАХ

Выполнено моделирование отклика модального фильтра (МФ) и меандровой линии (МЛ) с зеркальной симметрией поперечного сечения на воздействие пачки сверхкоротких импульсов (СКИ) с периодами повторения 0,5, 1 и 2 нс. Показано, что в исследуемых структурах пачка СКИ раскладывается на последовательность импульсов меньшей амплитуды. Выявлено, что при фиксированных значениях периода повторения и общей длительности каждого отдельного импульса из пачки их полное разложение возможно при периоде повторения не менее общей длительности последовательности импульсов разложения одного СКИ.

Радиоэлектронные средства (РЭС) разной степени сложности находят широкое применение в различных областях, в том числе военной, космической, телекоммуникационной и др., что приводит к обострению проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) [1]. Нарушение нормального функционирования РЭС в результате воздействия помех еще более актуализирует данную проблему. Если уровень помех слишком высок или оборудование не защищено должным образом, то нарушается электромагнитная обстановка в целом [2].

Одним из направлений обеспечения ЭМС является защита от кондуктивных помех, длительность которых находится в субнаносекундном диапазоне. Такие помехи носят название сверхкоротких импульсов [3]. Кроме того, серьезное внимание уделяют защите от преднамеренных электромагнитных воздействий. Поскольку традиционные защитные устройства обладают рядом недостатков (недостаточное быстродействие, паразитные параметры, сложность и дороговизна), актуален поиск новых подходов к защите от СКИ и их дальнейшее совершенствование.

Известна технология модальной фильтрации, исследуемая и применяющаяся для защиты от СКИ. Ее принцип основан на делении СКИ на импульсы меньшей амплитуды из-за разности задержек мод путем применения связанных линий передачи с неоднородным диэлектрическим заполнением [4]. Предложен подход к совершенствованию модальной фильтрации за счет использования зеркальной симметрии. Он реализован в новых устройствах: зеркально-симметричном модальном фильтре [5] и зеркально-симметричной меандровой линии [6].

Основными параметрами СКИ являются максимальное значение амплитуды напряжения, длительность импульса и крутизна его фронта, вид и ширина спектра, а также количество следующих друг за другом импульсов и временные интервалы между ними [7]. Ранее при исследовании возможности разложения СКИ в зеркально-симметричных МФ и МЛ в качестве воздействия использовался одиночный импульс. Однако в реальной ситуации СКИ генерируются в виде пачки с определенной частотой следования или периодом повторения [8]. При этом вероятность ошибки возрастает с увеличением частоты повторения помехи [9]. В этой связи актуален анализ модального разложения пачки СКИ в зеркально-симметричных МФ и МЛ. Цель работы – выполнить такое исследование.

Моделирование выполнялось в ПО ADS 2020. Временные характеристики получены с помощью обратного преобразования Фурье [10]. Сначала были проведены измерения S -параметров исследуемых структур при помощи векторного анализатора цепей «Панорама» P4226 в частотном диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц. Далее в ПО ADS задавалось двухпортовое устройство, определяемое частотными характеристиками, полученными при измерениях, после чего на его вход подавалось воздействие в виде пачки СКИ. Эквивалентные схемы зеркально-симметричных МФ и МЛ представлены на рисунках 1,а и б соответственно. Поперечное сечение приведено на рисунке 1,в, где w и t – ширина и толщина проводников (1075 мкм и 35 мкм); s – расстояние между проводниками (700 мкм); h – толщина диэлектрика (1000 мкм); ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость (4,5). В качестве воздействия выбран сигнал, состоящий из последовательности 4 импульсов с периодами повторения T , равными 0,5, 1 и 2 нс. Амплитуда каждого импульса равна 1 В, длитель-

ности фронта спада и плоской вершины – 50 пс, общая длительность $t_{\Sigma} = 150$ пс.

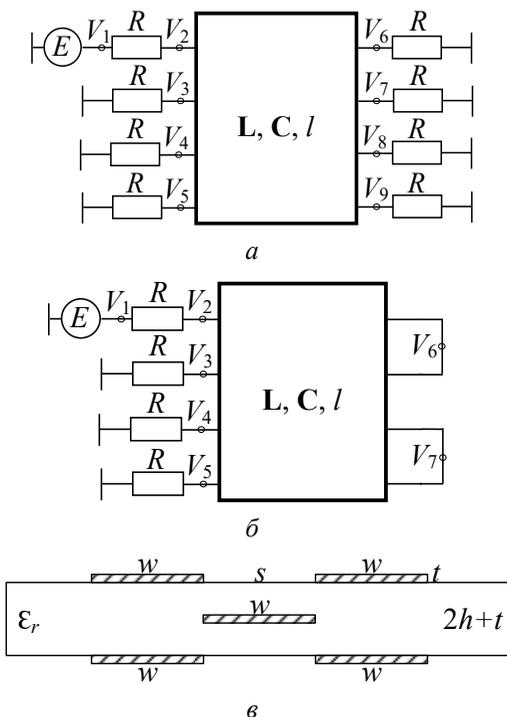


Рисунок 1 – Эквивалентные схемы зеркально-симметричных МФ (а) и МЛ (б) и их поперечное сечение (в)

На рисунке 2 представлены результаты моделирования зеркально-симметричных МФ и МЛ при воздействии пачки СКИ, а в таблице – амплитуды U_{\max} на выходе структур.

Из рисунка 2 следует, что при уменьшении значения T на выходе МФ и МЛ происходит наложение последовательностей импульсов разложения отдельных СКИ из пачки, что приводит к увеличению результирующего значения максимальной амплитуды.

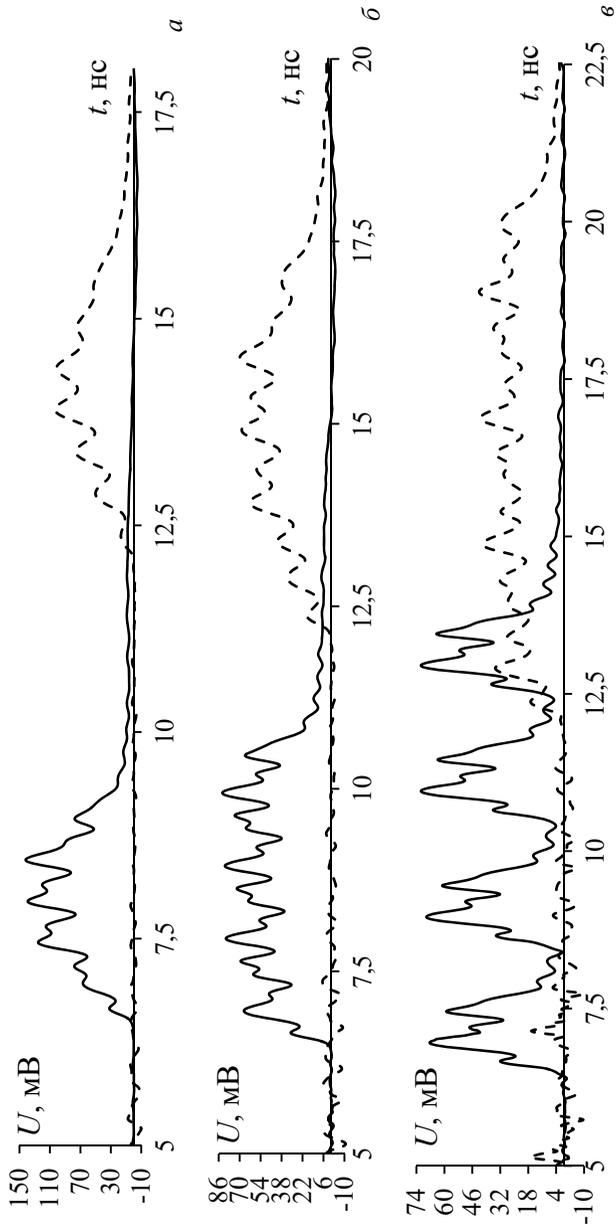


Рисунок 2 — Формы напряжений на выходе зеркально-симметричных МФ (—) и МЛ (---) при воздействии пачки СКИ с периодами повторения 0,5 нс (*a*), 1 нс (*б*) и 2 нс (*в*)

Амплитуды на выходе исследуемых структур

Период повторения импульсов в пачке СКИ, нс	0,5	1	2
U_{\max} на выходе зеркально-симметричного МФ, мВ	141,39	82,27	69,45
U_{\max} на выходе зеркально-симметричной МЛ, мВ	100,97	69,71	41,71

При периоде 2 нс наблюдается деление каждого импульса из пачки СКИ на отдельную последовательность импульсов разложения. На основании этого сделан вывод, что при фиксированных значениях T и длительности каждого отдельного импульса из пачки их полное разложение возможно, если значение T больше или равно общей длительности последовательности импульсов разложения одного СКИ.

Таким образом, зеркально-симметричный МФ ослабляет СКИ в 3,53; 6,08 и 7,19 раза, а зеркально-симметричная МЛ – в 4,95; 7,17 и 11,98 раза при $T= 0,5, 1, 2$ нс соответственно. Более эффективное ослабление в зеркально-симметричной МЛ объясняется тем, что в ней временной интервал между импульсами разложения одного СКИ Δt в 2 раза больше, чем в МФ.

*Работа выполнена в рамках проекта FEWM-2020-0041
Министерства науки и высшего образования России.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Kučera, M., Šebök, M. Electromagnetic compatibility analysing of electrical equipment // Diagnostic of electrical machines and insulating systems in electrical engineering (DEMISEE). 2016. P. 1–6.
2. Уилльямс, Т. ЭМС для разработчиков продукции. М.: Технологии, 2003. 540 с.
3. Study and classification of potential IEMI sources / N. Mora, F. Vega, G. Lugrin, F. Rachidi, M. Rubinstein // System and assessment notes. 2014, 8 July. N 41. 92 p.
4. Заболоцкий, А.М., Газизов, Т.Р. Теоретические основы модальной фильтрации // Техника радиосвязи. 2014. № 3. С. 79–83.
5. Using reflection symmetry to improve the protection of radio-electronic equipment from ultrashort pulses / E.B. Chernikova, A.O. Belousov, T.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky // Symmetry. 2019. Vol. 11(7), N 883. P. 1–25.

6. Черникова, Е.Б. Зеркально-симметричная меандровая линия, защищающая от сверхкоротких импульсов // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 2. С. 280–293.

7. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В.Д. Добыкин, А.И. Куприянов, В.Г. Пономарев, Л.Н. Шустов. М.: Вузовская книга, 2007. 468 с.

8. Макаренко, С.И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки: моногр. СПб.: Научно-технологические технологии, 2020. 337 с.

9. Три возможных механизма возникновения отказов электронных устройств в результате электромагнитного воздействия / Л.Н. Здухов, Ю.В. Парфенов, О.А. Тарасов, В.М. Чепелев // Технологии электромагнитной совместимости. 2018. № 2(65). С. 22–34.

10. Experimental time-domain study for bandpass negative group delay analysis with lill-shape microstrip circuit / R. Vauche, R.A.B. Meftteh, F. Haddad, J. Nebhen, W. Rahajandraibe, F. Wan, S. Lallechere, B. Ravelo // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 24155–24167.

V. P. Kosteletskii, E. B. Chernikova

Modal decomposition of a pack of ultrashort pulses in reflection symmetric structures

Simulation of the response of the modal filter (MF) and the meander line (ML) with reflection symmetry of the cross-section to the excitation of a pack of ultrashort pulses (USPs) with periods of 0,5, 1 and 2 ns is performed. It is shown that in the investigated structures the packet of USP is decomposed into a sequence of pulses of lower amplitude. It was found that with fixed values of the period and the total duration of each individual pulse from the pack, their complete decomposition is possible with a period not less than the total duration of the sequence of pulses of the decomposition of one USP.

kosteletskiy.vp@gmail.com

А. М. ЛАКОЗА, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
В. П. КОСТЕЛЕЦКИЙ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
А. М. ЗАБОЛОЦКИЙ, д-р техн. наук, проф. каф. ТУ,
ТУСУР, Томск

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА НА ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В СИНФАЗНОМ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ РЕЖИМАХ

Исследовано влияние расположения активных, пассивных и опорных проводников на амплитуды напряжений на выходе устройства защиты при воздействии помехового импульса длительностью 300 пс в синфазном и дифференциальном режимах. Наименьшие амплитуды на выходе модального фильтра составили 148 мВ в синфазном и 124 мВ в дифференциальном режиме при половине э.д.с. воздействия 500 мВ.

Современные тенденции миниатюризации электронного оборудования приводят к увеличению плотности монтажа. Как следствие, ухудшается электромагнитная совместимость. Требования по уменьшению габаритных размеров касаются и помехозащитных устройств, в том числе модальных фильтров (МФ), принципы работы которых основаны на модальных искажениях [1]. Поскольку для серийных устройств защиты необходимо обеспечивать ослабление помеховых импульсов как в дифференциальном, так и в синфазном режиме [2], а изменение структуры устройства на последних этапах производства связано с высокими затратами, требуются решения, позволяющие добиться улучшения защитных характеристик с минимальным вмешательством в конструкцию.

Цель работы – исследовать влияние расположения проводников нового МФ на амплитуду напряжений на выходе устройства защиты в синфазном и дифференциальном режимах.

Для поиска оптимальной конфигурации проводников МФ выполнено моделирование четырех видов поперечных сечений

(рисунок 1) в синфазном и дифференциальном режимах воздействия.

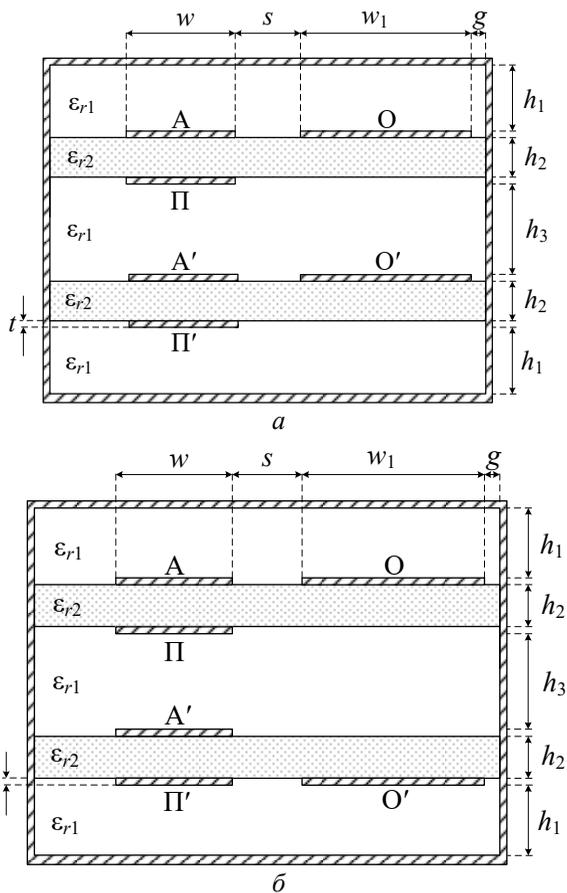


Рисунок 1 – Поперечные сечения структур МФ 1 (*a*),
 МФ 2 (*б*), МФ 3 (*в*) и МФ 4 (*г*)
 (начало, окончание см. на с. 136)

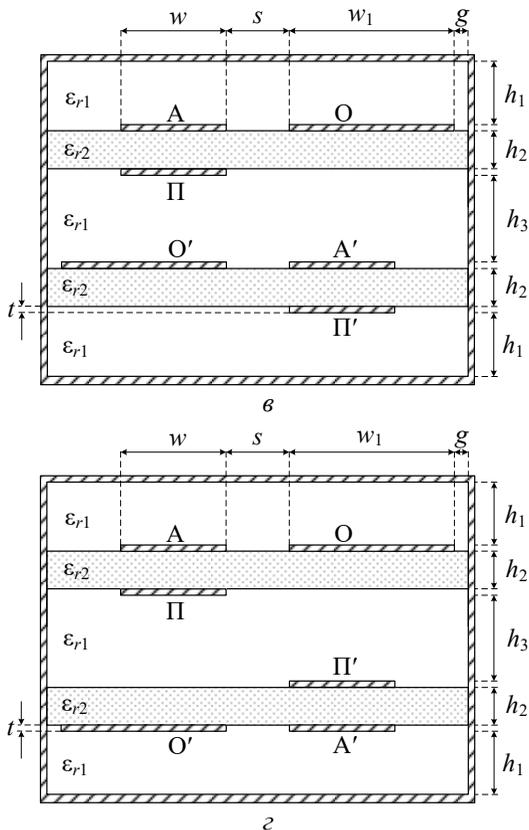
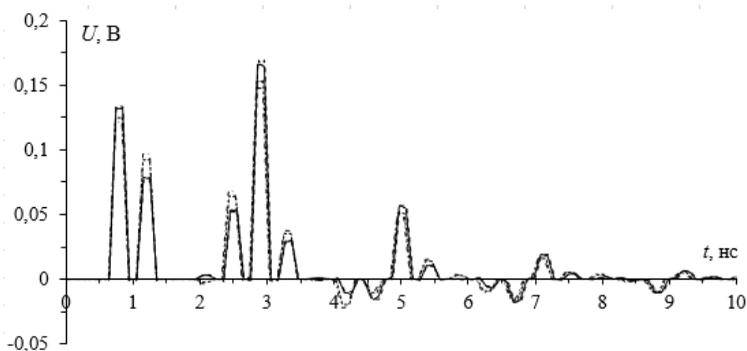


Рисунок 1 – Окончание (начало см. на с. 135)

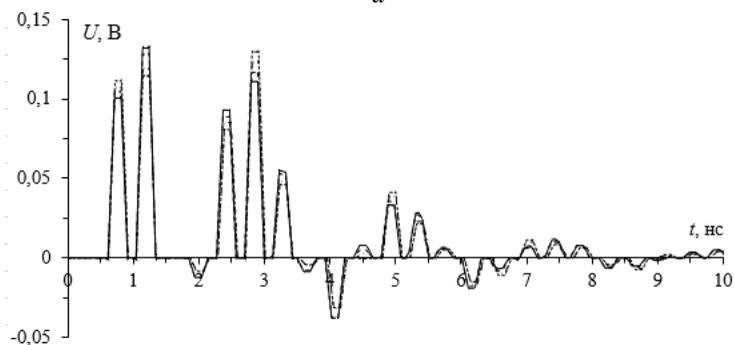
Данные МФ были отобраны после предварительного моделирования как показавшие наилучшие результаты. Предложена конструкция нового МФ, отличающаяся обеспечением ослабления в обоих режимах, однако она еще мало исследована [3]. В качестве тестового сигнала использован трапециевидный импульс с амплитудой э.д.с. $E_0 = 1$ В и длительностью 300 пс по уровню 0,5 [4]. Исследования проводились при следующих значениях параметров: $h_1 = 6$ мм, $h_2 = 4,3$ мм, $h_3 = 3$ мм, $w = 3$ мм, $w_1 = 6$ мм, $s = 0,5$ мм, $g = 4,2$ мм, $t = 0,035$ мм, $\epsilon_{r1} = 1$ и $\epsilon_{r2} = 4,7$. Длина исследуемых структур 110 мм. Внутренние сопротивления генератора $R_{Г}$ и нагрузки $R_{Н}$ 50 Ом.

Каждое поперечное сечение состоит из двух структур, содержащих два параллельных проводника (активный и пассивный) и дополнительный опорный проводник, а также электрический экран [4]. При моделировании предполагалось, что электрический экран соединен с опорными проводниками.

Вычисления выполнялись в системе TALGAT без учета потерь в диэлектриках [5]. Полученные временные отклики на выходе МФ в синфазном и дифференциальном режимах при воздействии сверхкороткого трапецевидного помехового импульса длительностью 300 пс представлены на рисунке 2, а амплитуды напряжения сведены в таблицу.



a



б

Рисунок 2 – Формы напряжения на выходе МФ 1 (—), МФ 2 (---), МФ 3 (-.-) и МФ 4 (···) в синфазном (*a*) и дифференциальном (*б*) режиме

Амплитуды напряжения (мВ) на выходе МФ в синфазном и дифференциальном режимах

Режим	Модальный фильтр			
	1	2	3	4
Синфазный	165	169	153	148
Дифференциальный	132	128	130	124

Из анализа данных таблицы и рисунка 2 следует, что в синфазном режиме для всех МФ амплитуда выходного напряжения определяется четвертым импульсом. В дифференциальном режиме для МФ 1 и МФ 2 она определяется вторым импульсом, а для МФ 3 и МФ 4 – четвертым. Амплитуды напряжения на выходе МФ 1 составили 165 мВ и 132 мВ для синфазного и дифференциального режима соответственно, для МФ 2, МФ 3 и МФ 4 аналогичные значения составили 169 и 128, 153 и 130, 148 и 124 мВ соответственно.

Таким образом, взаимное расположение проводников МФ оказывает существенное влияние на амплитуду выходного напряжения в синфазном и дифференциальном режимах. При прочих равных параметрах лучшим оказался МФ 4.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-70020.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gazizov, T.R., Zabolotsky, A.M. New approach to EMC protection //18th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility. 2007. P. 273–276.
2. Analysis and reduction of common-mode and differential-mode EMI noise in a Flyback switch-mode power supply (SMPS) / M. Miloudi, A. Bendaoud, H. Miloudi, S. Nemnich, H. Slimani // 20th Telecommunications Forum (TELFOR). 2012. P. 1080–1083.
3. Патент на изобретение 2748423 Российская Федерация. Плосковая структура, защищающая от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / Костелецкий В.П., Заболотский А.М. № 2020126543. Заявл. 10.08.20; опубл. 25.05.21, Бюл. № 15.
4. ГОСТ 28213-89 (МЭК 68-2-27-87). Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Введ. 1990-03-01. М.: Стандартинформ, 2006.

5. Kuksenko, S.P. Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // Journal of physics: conference series. 2019. P. 1–7.

A. M. Lakoza, V. P. Kosteletskii, A. M. Zabolotsky

Influence of the arrangement of the conductors of the modal filter on the attenuation of an ultrashort pulse in the common and differential modes

The influence of the location of active, passive and reference conductors on the voltage amplitudes at the output of the protection device under the excitation of an interference pulse with a duration of 300 ps is investigated in the in-phase and differential modes. The lowest amplitudes at the output of the modal filter were 148 mV in common mode and 124 mV in differential modes with half of e.m.f. of 500 mV.

alexandrlakoza@mail.ru

А. В. ОСИНЦЕВ, мл. науч. сотр., ТУСУР, Томск

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СТЕНОК ТЕМ-КАМЕРЫ

Разработаны алгоритм и программа, с помощью которой выполнено имитационное моделирование и визуализация процесса нагрева стенки климатической ТЕМ-камеры в однофазном и многофазном режимах работы нагревательных элементов. Результаты можно использовать для визуализации процессов нагрева стенок ТЕМ-камеры путем построения градиента температур по данным прецизионных датчиков температуры в режиме реального времени.

Для оценки надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) проводят различные испытания, в том числе на климатические и электромагнитные воздействия. Такие испытания позволяют выявить сбои и деградационные изменения электронной компонентной базы (ЭКБ) при различных климатических условиях. Организация совместных климатических и электромагнитных воздействий приблизит испытания к реальным условиям эксплуатации РЭА [1, 2].

Разрабатываемая климатическая экранированная ТЕМ-камера [3, 4] предназначена для испытаний РЭА на помехоэмиссию и помехоустойчивость в диапазоне частот до 2 ГГц при температуре от минус 50 до +150 °С. В качестве устройства, контролирующего температуру поверхности ТЕМ-камеры, используется термоэлектрический преобразователь (ТЭП). Для расчета оптимального количества ТЭП, гарантирующих нагрев поверхности до установленной температуры, требуется выполнить имитационное моделирование, учитывающее размеры и материал стенок ТЕМ-камеры, а также количество ТЭП при разных режимах работы.

Цель работы – создать имитационную модель для приближенного вычисления температуры стенок климатической экранированной ТЕМ-камеры с возможностью визуализации процесса изменения температуры.

Для приближенного расчета теплового рассеяния на поверхности ТЕМ-камеры разработан алгоритм (рисунок 1) и его программная реализация. Алгоритм совмещает вычисления в однофазном и многофазном режимах работы нагревателей. Он основан на аналитической модели вычисления температуры прямоугольной пластины с расположенными на ней четырьмя ТЭП. Модель создавалась путем решения краевой задачи методом Дирихле [5, 6].

Работа алгоритма заключается в следующем. При инициализации параметров задаются глобальные параметры, такие как начальная температура и размеры стенки, количество и координаты нагревателей, температура каждого нагревателя. Далее строится сетка и выбирается режим работы: отображение ранее полученного результата или выполнение нового вычисления. При выборе однофазного режима работы нагревателей проводится инициализация нагревателей и в цикле выполняется решение краевой задачи методом Дирихле. Процесс вычисления в цикле останавливается, как только срабатывает одно из условий, либо достигается установленная точность, либо выполняется максимальное количество итераций. Достижение заданной точности определяется по погрешности между решениями на соседних итерациях.

При выборе многофазного режима нагрева стенки происходит поочередная работа каждого нагревателя с длительностью воздействия, определенной на этапе инициализации параметров. Блок алгоритма «Работа нагревателей n -й фазы» выполняет операцию нагрева пластины текущей (активной) фазы нагревателя к вычисленной на предыдущей итерации работы блока «Решение краевой задачи». После окончания вычислений полученные результаты записываются в файл для дальнейшей обработки. Результаты нагрева стенки ТЕМ-камеры от четырех источников тепла при однофазном и многофазном (4 фазы) режимах представлены на рисунке 2.

При моделировании в однофазном режиме число итераций составило 156, а в многофазном – 15000. Для согласования температурных карт с различным числом нагревателей необходимо нормирование данных по температуре. Оно выполняется в цикле при обходе по элементам сетки для расчета температурного градиента.

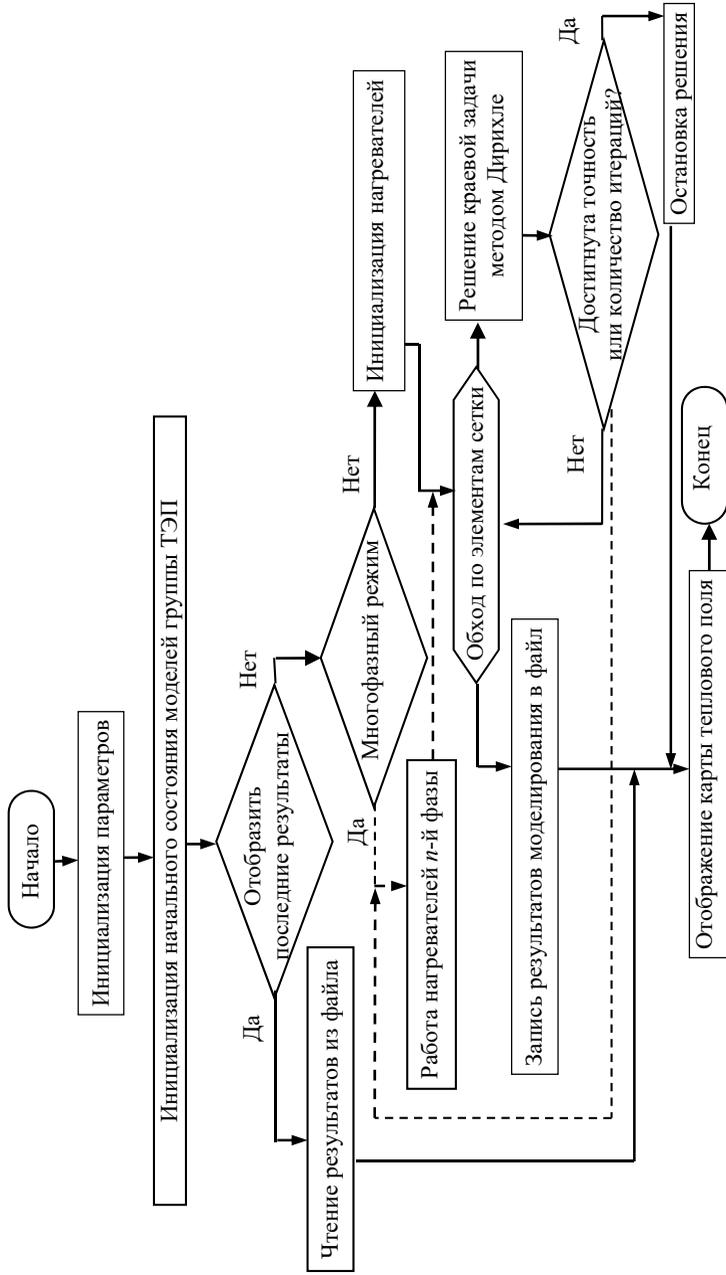
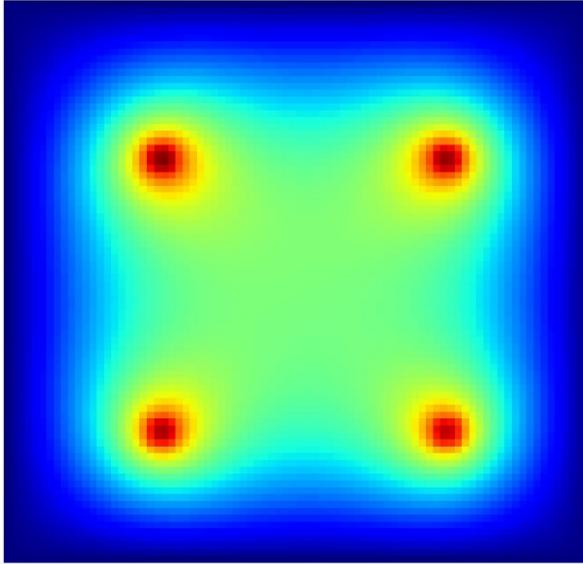


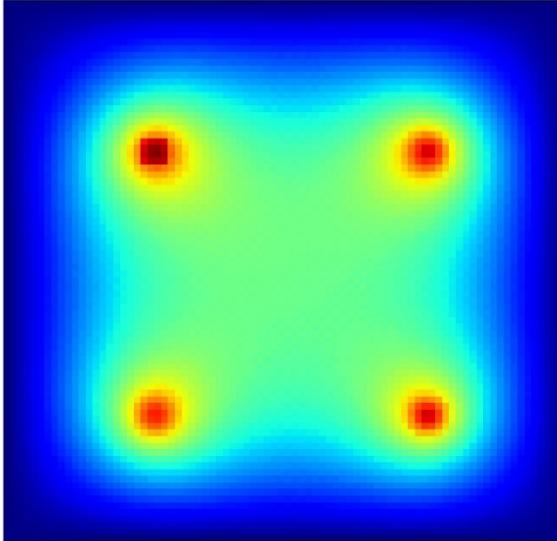
Рисунок 1 – Алгоритм вычисления теплового рассеяния на поверхности ТЕМ-камеры с использованием многофазного (----) и однофазного (—) режимов работы

Нагревателей: 64



a

Нагревателей: 64



б

Рисунок 2 – Результаты моделирования в однофазном (*a*) и многофазном (*б*) режимах нагрева

Результаты моделирования подтверждают полученные ранее результаты [7], из которых следует, что при работе четырех ТЭП в однофазном режиме обеспечивается более высокая скорость нагрева пластины по сравнению с многофазным режимом. В многофазном режиме лучше удержание и контроль температуры поверхности, происходит равномерный нагрев пластины с точностью 0,5 °С, что важно при нагреве и удержании температуры СВЧ-волноводов, а также ТЕМ-камеры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №19-79-10162) в ТУСУРе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Analysis of EMI effect on flash memory IC / H.-N. Lin, C.-W. Kuo, C.-K. Cheh, J.-S. Chen // Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), May. 2012. P. 757–760.
2. Комнатнов, М.Е., Газизов Т.Р. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры // Доклады ТУСУР. 2014. № 4(34). С. 39–45.
3. Комнатнов, М.Е., Газизов, Т.Р. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов // Техника радиосвязи. 2014. № 3(23). С. 84–91.
4. Пат. 2627985 Российская Федерация. Камера для совместных климатических и электромагнитных воздействий на биологический объект / Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р., Бусыгина А.В., Собко А.А., Осинцев А.В., Матвеев О.А. № 2015141198. Заявл. 28.09.15; опубл. 14.08.17.
5. Касьянов, Е.Ю., Копасев, А.В. О решении задачи Дирихле для некоторых многомерных областей методом воспроизводящих ядер // Известия вузов. Математика. 1991. № 6. С. 17–20.
6. Алгазин, О.Д., Копасев, А.В. Решение смешанной краевой задачи для уравнения Лапласа в многомерном бесконечном слое // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2015. № 1. С. 3–13.
7. Osintsev, A.V., Sobko, A.A., Komnatnov, M.E. Multiphase power supply when inverting currents for group of Peltier elements // Journal of Physics: Conference Series. 2018. P. 1–6.

A. V. Osintsev

Simulation model for calculating the heating of TEM-chamber walls
Simulation modeling and visualization of the process of heating the walls of the environmental TEM-chamber in single-phase and multiphase

modes of operation of heating elements have been carried out. The developed software can be used as a part of the control panel of a climatic chamber to visualize the heating processes of its walls by constructing a temperature gradient from data from precision temperature sensors in real time.

kubenet@gmail.com

И. Е. САГИЕВА, мл. науч. сотр., ТУСУР, Томск
Б. Е. НУРХАН, магистрант, ТУСУР, Томск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ С БОКОВЫМИ ЗАЗЕМЛЕННЫМИ ПРОВОДНИКАМИ СВЕРХУ

Выполнено моделирование микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху. Вычислены зависимости погонной задержки τ и волнового сопротивления Z от параметров линии при изменении температуры T от -50 до 150 °С с шагом 25 °С. Представлены результаты влияния температуры на параметры линии. Приведены относительные модули их отклонений.

Радиоэлектронная аппаратура (РЭА) используется во многих областях жизнедеятельности и при разных климатических условиях. Надежное функционирование РЭА обеспечивается, когда её элементы находятся в определенном диапазоне температур T . Отклонение температуры от номинальной может привести к ухудшению работы РЭА. Важной задачей является получение стабильных характеристик линий передачи. В этой связи актуальна минимизация чувствительности характеристик к изменению параметров. Так, в [1] рассмотрены модифицированные микрополосковые линии (МПЛ), позволяющие минимизировать чувствительность погонной задержки τ и волнового сопротивления Z до нуля. Однако влияние температуры на их чувствительность не исследовалось. Цель данной работы – выполнить такое исследование на примере МПЛ с боковыми заземленными проводниками сверху [2].

В системе TALGAT [3] построена геометрическая модель поперечного сечения исследуемой линии (рисунок 1). Неизменные параметры исследуемой линии: ширина сигнального проводника $w=0,3$ мм, толщина сигнального и боковых заземленных проводников $t=18$ мкм, ширина боковых заземленных проводников $w_1=1$ мм, толщина диэлектрической подложки $h=1$ мм, относительная диэлектрическая проницаемость подложки $\epsilon_r = 5,6$.

Изменяемые параметры: разнос проводников $s=0,1-0,9$ мм, высота боковых заземленных проводников $h1=0,1-0,9$ мм.

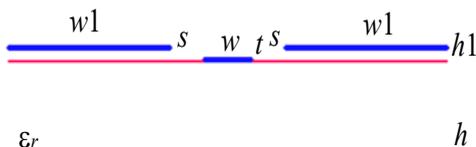


Рисунок 1 – Поперечное сечение микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху

Выполнено моделирование чувствительности характеристик τ и Z исследуемой линии по температурной модели из [4, 5]. Диапазон изменения температуры принят от -50 до 150 °С с шагом 25 °С. В таблице 1 приведены параметры поперечного сечения исследуемой линии с учетом влияния на них температуры при $s = 0,1$ мм и $h1 = 0,1$ мм.

Таблица 1 – Параметры поперечного сечения линии при изменении температуры

$T, ^\circ\text{C}$	$w, \text{мм}$	$w1, \text{мм}$	$t, \text{мкм}$	$s, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	ϵ_r
-50	0,2996	0,9987	17,977	0,09987	0,994	5,82
-25	0,2997	0,9991	17,984	0,09991	0,996	5,75
0	0,2998	0,9995	17,992	0,09995	0,998	5,67
25	0,3	1	18	0,1	1	5,6
50	0,3001	1,0004	18,007	0,10004	1,001	5,53
75	0,3002	1,0008	18,015	0,10008	1,003	5,45
100	0,3003	1,0012	18,022	0,10012	1,005	5,38
125	0,3005	1,0017	18,030	0,10017	1,006	5,30
150	0,3006	1,0021	18,038	0,10021	1,008	5,23

Из таблицы 1 видно, что влияние температуры на параметры $t, w, w1, h, s$ пренебрежимо мало, а на ϵ_r существенно. Поэтому основное воздействие на характеристики τ и Z будет оказывать

параметр ε_r из-за его существенного влияния на погонную емкость структуры.

Для наглядного отображения влияния температуры на τ и Z выбраны значения $T = -50, 25$ и 150 °C при одновременном изменении всех параметров (рисунок 2). Как видно, поведение зависимостей одинаково при всех значениях T . С увеличением T параметр τ уменьшается, а Z увеличивается.

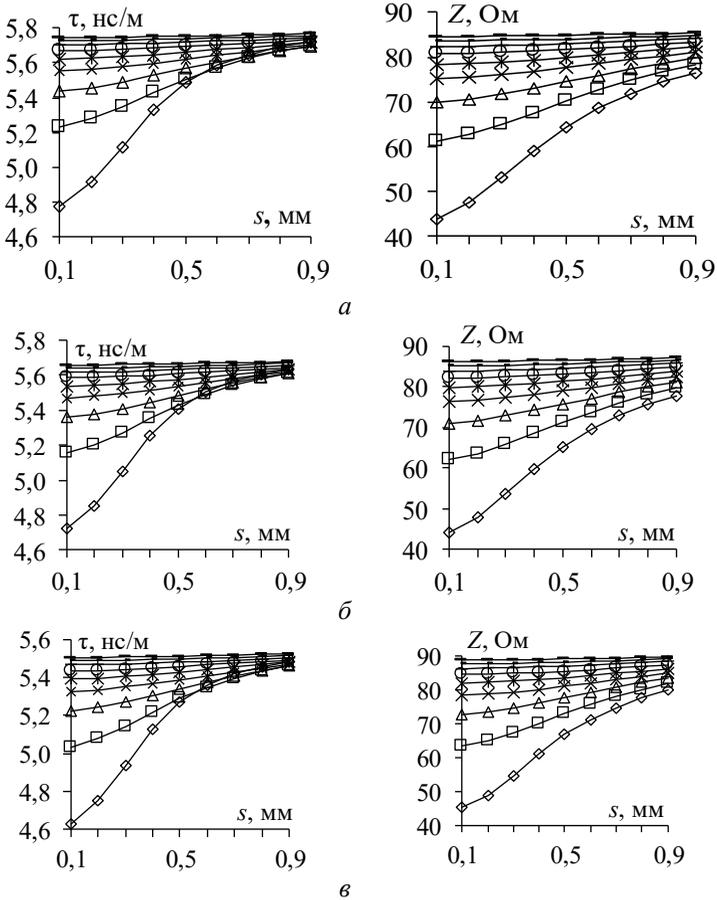


Рисунок 2 – Зависимости τ и Z от s при $T = -50$ °C (а), 25 °C (б) и 150 °C (в) для $h_1 = 0,1$ (\diamond), $0,2$ (\square), $0,3$ (Δ), $0,4$ (\times), $0,5$ (\ast), $0,6$ (\circ), $0,7$ ($+$), $0,8$ ($-$) и $0,9$ ($-$) мм

Количественную оценку влияния температуры на характеристики данной линии относительно $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно представить процентным отношением модуля разности к меньшему значению (таблицы 2, 3). Как видно, с увеличением $h1$ и s отклонения увеличиваются, достигая 2,78 % для τ и 3,24 % для Z .

Таблица 2 – Относительный модуль отклонений τ , %

$h1$, мм	T , $^{\circ}\text{C}$	s , мм								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	-50	1,19	1,25	1,34	1,42	1,48	1,52	1,54	1,56	1,57
	150	2,06	2,17	2,32	2,47	2,58	2,65	2,69	2,72	2,75
0,2	-50	1,41	1,43	1,45	1,48	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57
	150	2,46	2,49	2,53	2,58	2,63	2,67	2,70	2,72	2,74
0,3	-50	1,50	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57
	150	2,61	2,62	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,73	2,74
0,4	-50	1,54	1,54	1,54	1,55	1,55	1,56	1,57	1,57	1,57
	150	2,68	2,69	2,69	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75
0,5	-50	1,56	1,56	1,56	1,56	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58
	150	2,72	2,72	2,73	2,73	2,74	2,74	2,75	2,76	2,76
0,6	-50	1,57	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
	150	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,76	2,76	2,77	2,77
0,7	-50	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,59	1,59
	150	2,76	2,76	2,76	2,76	2,77	2,77	2,77	2,77	2,78
0,8	-50	1,58	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
	150	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,78	2,78	2,78	2,78
0,9	-50	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
	150	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78

Таким образом, влияние температуры на параметры w , $w1$, t , s , h в довольно широком ее диапазоне незначительно изменяет характеристики τ и Z исследуемой линии, тогда как зависимость $\varepsilon_r(T)$ изменяет их гораздо больше. Однако изменение составляет несколько процентов.

Таблица 3 – Относительный модуль отклонений Z, %

h1, мм	T, °C	s, мм								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	-50	0,99	1,06	1,15	1,26	1,35	1,43	1,49	1,55	1,60
	150	1,70	1,82	1,99	2,18	2,34	2,48	2,60	2,71	2,79
0,2	-50	1,31	1,33	1,37	1,42	1,47	1,51	1,56	1,60	1,64
	150	2,26	2,31	2,38	2,46	2,55	2,64	2,72	2,79	2,86
0,3	-50	1,48	1,49	1,51	1,54	1,57	1,59	1,63	1,66	1,68
	150	2,57	2,59	2,63	2,67	2,72	2,78	2,83	2,89	2,94
0,4	-50	1,59	1,60	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72
	150	2,77	2,78	2,80	2,83	2,86	2,90	2,93	2,97	3,01
0,5	-50	1,67	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76
	150	2,91	2,92	2,93	2,95	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07
0,6	-50	1,72	1,73	1,73	1,74	1,75	1,75	1,76	1,78	1,79
	150	3,01	3,01	3,02	3,03	3,05	3,07	3,08	3,10	3,13
0,7	-50	1,77	1,77	1,77	1,78	1,78	1,79	1,79	1,80	1,81
	150	3,09	3,09	3,10	3,10	3,11	3,13	3,14	3,16	3,17
0,8	-50	1,80	1,80	1,80	1,81	1,81	1,81	1,82	1,83	1,83
	150	3,15	3,15	3,16	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21
0,9	-50	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,84	1,84	1,85	1,85
	150	3,19	3,20	3,20	3,20	3,21	3,22	3,23	3,23	3,24

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0041.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Gazizov, T.R., Sagiyeva, I.Ye., Kuksenko, S.P. Solving the complexity problem in the electronics production process by reducing the sensitivity of transmission line characteristics to their parameter variations // Complexity. 2019. Vol. 2019. P. 1–11.
2. Сагиева, И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху // Материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления», посвященная 55-летию ТУСУРа. Томск, Россия, 29 ноября – 1 декабря, 2017. Ч. 2. С. 19–20.

3. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.

4. Li, H.-M., Ra, C.-H. Frequency and temperature dependence of the dielectric properties of a PCB substrate for advanced packaging applications // Journal of the Korean Physical Society. 2009, March. N 3. P. 1096–1099.

5. Sagiyeva, I.Y., Nosov, A.V., Surovtsev, R.S. The influence of temperature on microstrip transmission line characteristics // 21st International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices EDM, Erlagol, Altai, June 29 – July 3, 2020. P. 191–194.

I. Ye. Sagiyeva, B. Ye. Nurkhan

Estimation of the influence of temperature on the characteristics of a microstrip line with side conductors above

Modeling of microstrip lines with side grounded conductors above is performed. The dependences of the per-unit-length delay (τ) and impedance (Z) on the parameters of the line when changing the temperature (T) is calculated from -50 to 150 °C with a step of 25 °C. The results of the influence of T on the parameters of the line, τ and Z are presented. The relative modules of their deviations are given.

indira_sagieva@mail.ru

М. А. САМОЙЛИЧЕНКО, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ВЛИЯНИЕ ЭКРАНА НА РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ДВУХСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

На примере двух модальных фильтров (МФ) рассматривается влияние экрана на разложение сверхкороткого импульса. Моделируется МФ с четырьмя опорными проводниками (по краям МФ на внешних слоях) и с удалением двух диагональных опорных проводников. Показано, что с увеличением расстояния до экрана разность погонных задержек мод становится меньше для двух МФ. Кроме того, амплитуда первого импульса уменьшается, а второго – увеличивается. Выявлено большее влияние экрана в МФ без двух проводников. Вычислены подтверждающие временные отклики.

Вследствие перехода к цифровым устройствам проблема электромагнитной совместимости особенно обостряется: под воздействием помех электроника может срабатывать ложно, а также выходить из строя. Особенно опасны широкополосные помехи, которые обычно возникают в виде отдельных импульсов или их последовательности. Частным случаем таких помех являются сверхкороткие импульсы (СКИ) [1], которые вызывают повреждение или разрушение радиоэлектронных устройств. Поэтому защита от электромагнитных помех очень актуальна.

Простым средством подавления СКИ являются новые защитные устройства, называемые модальными фильтрами [2]. Их действие достигается за счет разложения СКИ на моды, каждая из которых распространяется со своей задержкой. Особый интерес представляют МФ на двухсторонних печатных платах (ПП). Они просты в реализации и обеспечивают хорошее подавление СКИ вне зависимости от количества проводников в МФ [3]. Поэтому необходимо исследование влияния экрана на разложение СКИ в таких МФ. Так, ранее оценивалось влияние соединения опорных проводников с помощью экрана в МФ на двухсторонней

ПП [4]. Рассматривались две структуры МФ: с четырьмя опорными проводниками (по краям МФ на внешних слоях) и с удалением двух диагональных опорных проводников. Показано, что соединение опорных проводников между собой с помощью экрана фактически устраняет их влияние, а выполнять функцию опорных проводников может экран. Однако не исследовано влияние расстояния от проводников до экрана на разложение СКИ. Цель данной работы – выполнить такое исследование.

Поперечные сечения МФ и схема включения приведены на рисунке 1.

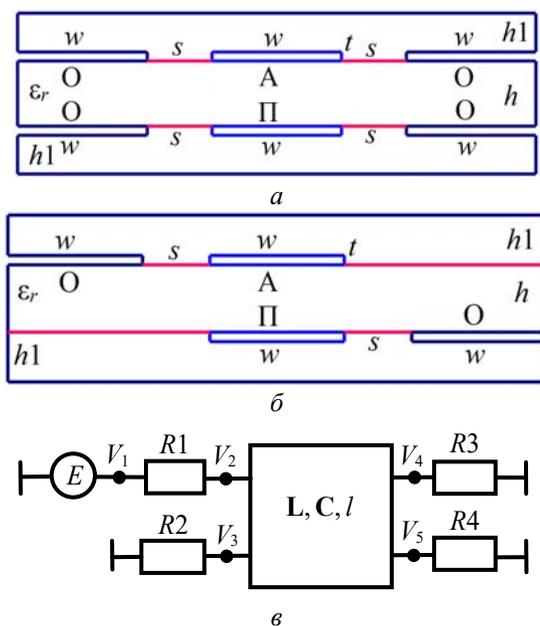


Рисунок 1 – Поперечные сечения МФ со всеми опорными проводниками (а), без двух диагональных проводников (б) и схема включения МФ (в) (проводники: О – опорный, П – пассивный, А – активный)

Детальное описание моделируемых структур дано в [4] и здесь опускается. Моделирование выполнялось при одинаковых параметрах для двух МФ: $t = 35$ мкм, $w = 1500$ мкм,

$s = 500$ мкм, $h = 500$ мкм, $\epsilon_r = 4,5$ при длине МФ 1 м. Расстояние от проводников до экрана $h1$ изменяли от 0,5 до 10 мм с шагом 0,5 мм. Вычисление параметров и форм сигнала выполняли с помощью квазистатического подхода в системе TALGAT [5]. Потери в проводниках и диэлектриках не учитывались.

Зависимости погонных задержек мод τ_i и амплитуд импульсов U_i на выходе МФ приведены на рисунке 2. Видно, что при увеличении $h1$ значения τ_1 и τ_2 становятся больше для обоих МФ. Однако разность погонных задержек мод становится меньше. Так, для МФ со всеми проводниками при $h1=0,5$ мм $\tau_2 - \tau_1 = 1,84$ нс/м; при $h1=10$ мм $\tau_2 - \tau_1 = 1,77$ нс/м, а для МФ без диагональных проводников разность погонных задержек мод составляет 1,92 нс/м и 1,82 нс/м соответственно. При $h1 > 3$ мм τ_i почти перестает изменяться для обоих МФ, т.е. влияние экрана на разложение СКИ почти отсутствует. Для обоих МФ с увеличением $h1$ уменьшается U_1 и увеличивается U_2 . Однако из-за того что первая (быстрая) мода распространяется преимущественно в воздухе, изменение $h1$ больше влияет на U_1 .

Также большее влияние на U_1 наблюдается в МФ без двух диагональных проводников (из-за отсутствия двух опорных проводников первая мода больше распространяется в воздухе). При $h1 > 5,5$ мм амплитуды импульсов почти выравнены ($U_1=0,423$ В и $U_2=0,421$ В). На U_2 (амплитуда второй моды, которая распространяется преимущественно в диэлектрике) изменение $h1$ влияет незначительно. Так, при $h1 > 2,5$ мм U_2 не изменяется (для обоих МФ $U_2=0,421$ В). На рисунке 3 показаны примеры результатов моделирования форм напряжения на входе и выходе МФ.

Таким образом, на примере двух МФ показано влияние экрана на разложение СКИ. При увеличении расстояния от проводников до экрана $h1$ значения погонных задержек мод τ_1 и τ_2 увеличиваются, однако их разность уменьшается. При отдалении экрана от проводников амплитуда первого импульса уменьшается, а второго – увеличивается. Наибольшее влияние происходит на амплитуду первой моды. Большее влияние на амплитуду U_1 наблюдается в МФ без двух диагональных проводников.

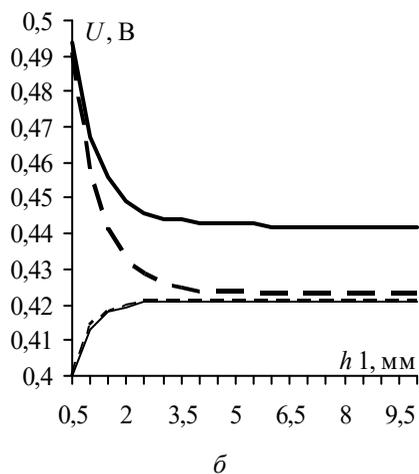
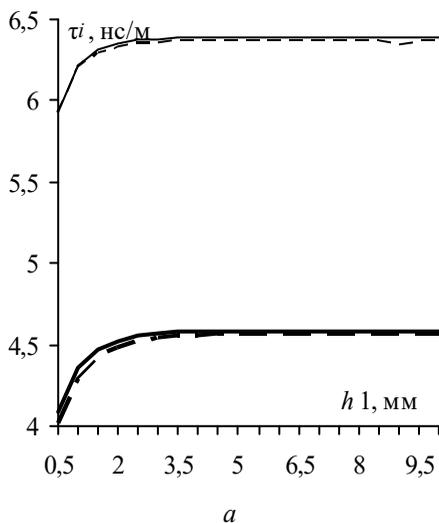


Рисунок 2 – Зависимости τ_1 (—), τ_2 (---) от h_1 (а)
и U_1 (—), U_2 (---) от h_1 (б) для МФ со всеми проводниками
и τ_1 (— —), τ_2 (---) от h_1 (а) и U_1 (— —), U_2 (---) от h_1 (б)
для МФ без диагональных проводников

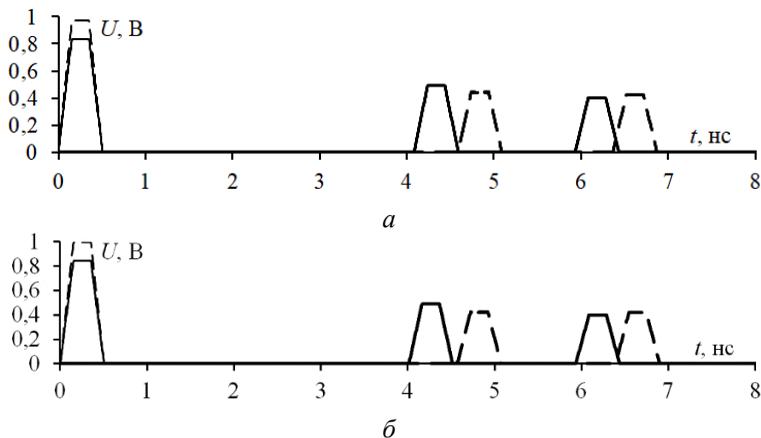


Рисунок 3 – Формы напряжения на входе МФ при $h_1=0,5$ мм (—), $h_1=10$ мм (---) и выходе МФ при $h_1=0,5$ мм (—•), $h_1=10$ мм (---•) для МФ со всеми диагональными проводниками (а) и без них (б)

При $h_1 > 3$ мм погонные задержки мод и амплитуды импульсов для двух МФ перестают изменяться. Это показывает, что влияние экрана (при таких параметрах МФ) становится минимальным. Необходимо более детальное исследование влияния экрана на разложение СКИ в МФ на двухсторонней ПП.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90033.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин, З.М., Набиев, И.И., Нуриев, М.Г. Помехоустойчивость электронных средств при воздействии наносекундных электромагнитных импульсов по сети питания // Техника и технология: Новые перспективы развития. 2014. № 12. С. 107–110.
2. Gazizov, A.T., Zabolotsky, A.M., Gazizova, O.A. New printed structures for protection against UWB pulses // Proc. 16th International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, Erlagol, Russia. 2015. P. 120–122.
3. Самойличенко, М.А. Модальные фильтры для защиты от сверхкоротких импульсов: исследование возможностей эффективного использования в двусторонних печатных платах // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 4. С. 58–71.

4. Самойличенко, М.А. Экранированный модальный фильтр на двухсторонней печатной плате // Материалы XVII международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Томск, Россия. 2021 (принята к публикации).

5. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.

M. A. Samoylichenko

Influence of the screen on the decomposition of the ultrashort pulse in modal filters on a double-sided printed circuit board

On the example of two modal filters (MF) the influence of the screen on the decomposition of a ultrashort pulse is considered. The MF is considered with four reference conductors (along the edges of the MF on the outer layers) and with the removal of two diagonal reference conductors. An increase in the distance from the conductors to the screen is investigated It is shown that as the distance increases, the difference in per-unit-length mode delays becomes smaller for the two MFs In addition, the amplitude of the first pulse decreases and the second increases. A greater influence of the screen in the MF without two conductors was revealed. Time responses have been calculated and shown.

1993mary2011@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Картопольцев В.М., Картопольцев А.В., Работяев А.О.</i> РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА	5
<i>Комнатнов М.Е.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕЦЕПТОРОВ И ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВБЛИЗИ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ И ЧАСТИЧНО ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ БАРЬЕРОВ	20
<i>Московченко А.Д.</i> ТРИУМФ И НИЩЕТА СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ЭФИР, Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ, ЛОГИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	29
<i>Суровцев Р.С.</i> ПОЛОСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МЕАНДРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ: ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	34

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

<i>Бурланков С.П.</i> РАЗВИТИЕ КОНКУРЕНТОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СФЕРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА	43
<i>Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Дебелова Н.Н.</i> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ	52
<i>Катаев М.Ю., Bulysheva L.A., Li Da Xu</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	56
<i>Катаев М.Ю., Bulyshhev A.E.</i> ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ ДАНЫХ СПУТНИКОВОГО ПРИБОРА SENTINEL-2	62

<i>Кисленко Н.П.</i> ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В РОССИЙСКОМ ВУЗЕ СЕГОДНЯ: КАК ПРЕОДОЛЕТЬ НЕДОСТАТКИ?	69
<i>Мальцева Т.В.</i> ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ	72
<i>Отмахов В.И., Саркисов Ю.С.</i> ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ, МИГРАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВЫХ ЛЮДЕЙ, В ОБЪЕКТАХ ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	76
<i>Скрипко З.А.</i> ВНЕДРЕНИЕ ПРОФИЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ШКОЛЕ	82
<i>Трубченинова И.А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОВЕНЬ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ	87
<i>Чащин О.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХУРОВНЕВЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА	93
<i>Чащин О.Н.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОНЯТИЯ «ПОТЕНЦИАЛ» В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ	98
<i>Шабатура Л.Н.</i> СУЩНОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	102
Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ	
<i>Хасан А. Алхадж, Куксенко С.П.</i> ТЕСТОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЕЙ В СИСТЕМЕ TALGAT ...	106
<i>Бусыгина А.В.</i> ПОДХОД К ПОДБОРУ БИОМЕДИЦИНСКИХ СОСУДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ	113
<i>Гребенюк А.В., Булдаков А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ЗАПУСКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ПРОИЗВОДСТВО	118

<i>Каткова М.И., Хасан А. Алхадж, Куксенко С.П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ В ФОРМЕ ЧАЙКИ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ	121
<i>Костелецкий В.П., Черникова Е.Б.</i> МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПАЧКИ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ В ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ СТРУКТУРАХ	128
<i>Лакоза А.М., Костелецкий В.П., Заболоцкий А.М.</i> ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА НА ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В СИНФАЗНОМ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ РЕЖИМАХ	134
<i>Осинцев А.В.</i> ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СТенок ТЕМ-КАМЕРЫ	140
<i>Сагиева И.Е., Нурхан Б.Е.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ С БОКОВЫМИ ЗАЗЕМЛЕННЫМИ ПРОВОДНИКАМИ СВЕРХУ	146
<i>Самойличенко М.А.</i> ВЛИЯНИЕ ЭКРАНА НА РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ДВУХСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ	152