

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 3-4 2017 (МАРТ-АПРЕЛЬ)

Учредитель журнала

Общество с ограниченной ответственностью

«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционный совет

А.В. Царегородцев — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет

Ю.Б. Миндлин - к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологий им. К.И. Скрябина

М.М. Безрукова — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО

Н.Н. Грачев — профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),

А.И. Гусева — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

А.Я. Качанов — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

И. Квасов — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

С.М. Надежкин — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Б.А. Прудковский — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний «ИНТЕРСЕРТИФИКА»

С.Э. Саркисов — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии

В. Сергеевский — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

А.П. Симоненков — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАН

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью

«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:

109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10

Тел/факс: 8(495) 755-1913

E-mail: redaktor@nauteh.ru

<http://www.nauteh-journal.ru>

<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

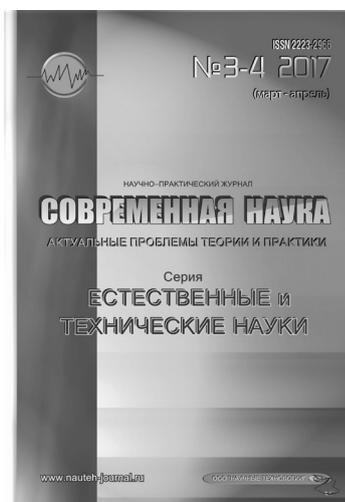
Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK - 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ,
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ, КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

Редакция:

Главный редактор

А.В. Царегородцев

Выпускающий редактор

Ю.Б. Миндлин

Верстка

А.В. Романов

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016

В течение года можно произвести
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:

Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии

ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 28.04.2016 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Васильев Д.В.** — Определение параметров светового поля секторных навигационных комплексов на основе статистической модели зрительного анализатора
Vasiliev D. — Determination the parameters of the light field sectoral navigation systems by a statistical model of the visual analyzer 3
- Васильев Д.В.** — Определение параметров воздушного потока на наклонных трассах непрерывным доплеровским лидаром
Vasiliev D. — Determination of airflow parameters on sloping paths Continuous Doppler lidar 10
- Набиев Р.Н., Абдуллаев А.А.** — Обзор этапов развития, конструкций и проблем проектирования БПЛА типа мультикоптер
Nabiyev R., Abdullayev A. — Stage of development, construction and design problems UAV type of multicopter 16

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Исаков Е.Е., Мякотин А.В., Кривцов С.П., Губская О.А.** — Оптимальная цифровизация военных систем связи
Isakov E., Myakotin A., Krivtsov S., Gubsky O. — Optimal digitalization of military communication systems 22
- Пахомов М.О., Рожнов В.С., Ковалгин Ю.А.** — Метод и результаты объективной оценки качества звуковых трактов мобильных устройств
Pakhomov M., Rognov V., Kovalgin U. — method of objective assessment of audio quality of compact sound systems 27

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Авдеева О.В., Семенов А.Д.** — Автоматизация процесса электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов с использованием метода поиска экстремума целевой функции двух переменных
Avdeyeva O., Semenov A. — Automating the process of electrical discharge machining using the methods multiparameter optimization 37
- Гайнов А.Е., Заводцев И.В.** — Модель процесса обработки событий информационной безопасности
Gaynov A., Zavodtsev I. — The model of processing events of information security 44
- Кириллов К.В.** — Дефекты в программной компоненте аппаратно-программных комплексов
Kirillov K. — Defects in a program component of the hardware and software complexes 50
- Крылов Ю.Д.** — Система цифровой обработки зашумлённых речевых сигналов в реальном масштабе времени
Krylov Yu. — Systems for digital processing of a noised speech signal at real time scale 54
- Кудинов Е.В.** — Проблемы оценки экспертно-криминалистической деятельности территориальных органов МВД России
Kudinov Y. — Problems of the assessment of forensic activity in the work of local Russian interior ministry units 59

- Минханов Р.Ф., Гудков В.Ю.** — Генерация поля направлений папиллярных узоров с учетом расположения особых точек
Minkhanov R., Gudkov V. — Generation of fields of directions of papillary patterns with registration of special points 64
- Мудрак К.Р.** — Построение кодера видеоданных, ориентированного на применение на беспилотных летательных аппаратах
Mudrak K. — Method of building video data coder, UAV-oriented 68
- Небаба С.Г.** — Тестирование технологии подготовки изображений лиц к распознаванию личности в видеопотоке в режиме реального времени
Nebaba S. — Testing of technology of face images preparing for person recognition in video stream in the real time mode 73

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Абумуслимов С.С., Магомедова З.А.** — Амплитудные и временные характеристики ЭКГ у студентов в покое и после выполнения дозированной физической нагрузки
Abumuslimov S., Magomedova Z. — The amplitude and temporal characteristics of the ECG students alone and after dosed physical load 78
- Андреева Е.И., Унанова И.А.** — Параметры ожирения и состояние углеводного обмена как предикторы развития гастроэзофагеальной рефлюксной болезни
Andreeva E., Unanova I. — Parameters of obesity and state of hydrocarbon exchange as projectors of development of gastroesophageal reflux disease 83
- Запевалин П.В., Кицул И.С., Таевский Б.В.** — Этапы развития порядков оказания медицинской помощи в современной России
Zapevalin P., Kicul I., Taevskij B. — Stages in the development of procedures for delivering medical care in modern Russia 86
- Колпинский Г.И., Камаева Т.А.** — Прогностическая ценность ультразвукового метода исследования при диагностике беременности ранних сроков после ЭКО
Kolpinskiy G., Kamaeva T. — Predictive value of ultrasound study in the diagnosis of early-stage pregnancy after IVF 94
- Синицын М.В., Аюшеева Л.Б., Галстян А.С.** — Эффективность лечения туберкулеза у больных ВИЧ инфекцией
Sinitsyn M., Ayusheeva L., Galstyan A. — The effectiveness of treatment of tuberculosis in patients with HIV infection 98
- Ямпиллов С.С., Галсанов Б.Р., Потемкина Т.Ф.** — Аппарат биоимпедансной диагностики для изучения воздействия наркоза и ожога на биологический объект
Yampilov S., Galsanov B., Potyomkina T. — Bioimpedance diagnostics device to study the effects of anesthesia and burns on a biological object 104
- Яцук А.В., Сиволопов К.А.** — Функциональные расстройства мышечно-суставного комплекса у лиц с высокой речевой и психоэмоциональной нагрузкой
Yatsuk A., Sivolapov K. — Functional disorders of the muscular-joint complex in the persons, with high speech and psychoemotional load 109

ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы
Our Authors 113
- Требования к оформлению
рукописей и статей для публикации в журнале 114

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОВОГО ПОЛЯ СЕКТОРНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

DETERMINATION THE PARAMETERS
OF THE LIGHT FIELD SECTORAL
NAVIGATION SYSTEMS
BY A STATISTICAL MODEL
OF THE VISUAL ANALYZER

D. Vasiliev

Summary. The article discusses the visual navigation through orientation on colored lights (constant or flashing with different characteristics) observed on a colored background uneven. We estimate the impact on the orientation of the brightness of the background, defined as external natural and artificial light (from — for scattered in the atmosphere of the navigation system of the radiation). The model is characterized by the visual observation of the color of the object on a colored background with the uneven distribution of brightness on their surfaces. The application for the description of the visual navigation of fire of the visual analyzer of the statistical model as more fully take into account the processes occurring in the organ of vision.

Keywords: The statistical model, the threshold model, the visual analyzer, the brightness of fire, background brightness, uneven spatial distribution of brightness, a threshold likelihood ratio, the light field.

Васильев Дмитрий Викторович

*К.т.н., Акционерное общество
«Раменский приборостроительный завод».
Заместитель главного конструктора
vasiliev1969@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматривается визуальная навигация путем ориентировки по цветным огням (постоянным или мигающим с различной проблесковой характеристикой), наблюдаемым на цветном неравномерном фоне. Оценивается влияние на процесс ориентировки яркости фона, определяемой как внешними природными, так и искусственными источниками освещения (из - за рассеянного в атмосфере излучения навигационного комплекса). Модель зрительного восприятия характеризуется наблюдением цветного объекта на цветном фоне с неравномерным распределением яркости по их поверхностям. Рассматривается применение для описания процесса зрительного восприятия навигационного огня статистической модели зрительного анализатора, как наиболее полно учитывающей процессы, происходящие в органе зрения.

Ключевые слова: Статистическая модель, пороговая модель, зрительный анализатор, яркость огня, яркость фона, неравномерное пространственное распределение яркости, пороговое отношение правдоподобия, световое поле.

Введение

В практике зрительной навигации в подавляющем большинстве случаев наблюдателю приходится вести ориентировку по цветным огням (постоянным или мигающим с различной проблесковой характеристикой), наблюдаемым на цветном неравномерном фоне. Яркость фона определяется как внешними природными и искусственными источниками освещения, так и яркостью рассеянного в атмосфере излучения навигационного комплекса. Соотношение этих яркостей определяется условиями наблюдения (временем суток, метеовидимостью, наличием посторонних источников и т.д.). В общем случае это можно охарактеризовать как наблюдение цветного объекта на цветном фоне с неравномерным распределением яркости по их поверхностям.

Для оценки видимости огня навигационных комплексов в настоящее время используется пороговая модель зрительного анализатора (глаза) которая основана на сравнении освещенности органа зрения с пороговы-

ми величинами, на основе чего принимается решение о видимости наблюдаемого огня. Поскольку пороговая модель не может в полной мере учесть физиологию зрительного процесса и, следовательно, дать точный результат, для анализа наблюдения огня может быть использована статистическая модель зрительного анализатора, разработанная на кафедре Светотехники Московского Энергетического института, которая позволяет более полно учесть зрительные процессы, происходящие при наблюдении светосигнальных огней. Особенно это актуально в случае ориентировки по световому полю секторного навигационного комплекса, состоящего из разноцветных и отличающихся проблесковыми характеристиками прилегающих друг к другу секторов.

Для случая, когда яркость фона $L\phi > 10-3$ кд/м², вероятность обнаружения цветного огня секторного навигационного комплекса на цветном фоне с произвольным распределением яркости по их поверхности определяется статистической моделью зрительного анализатора следующим образом [1, 2]:

$$P_o = 0.5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt. \quad (1)$$

$$y = \frac{m_A - \ln A_{\Pi}}{\sigma_A}. \quad (2)$$

$$m_A = \iint_0^{\Omega_{\text{зп}}} \left[X_o(\eta; \theta) \ln \left(\frac{X_o(\eta; \theta)}{X_{\Phi}(\eta; \theta)} \right) - X_o(\eta; \theta) + X_{\Phi}(\eta; \theta) \right] d\eta d\theta. \quad (3)$$

$$\sigma_A = \sqrt{\iint_0^{\Omega_{\text{зп}}} X_o(\eta; \theta) \ln^2 \left(\frac{X_o(\eta; \theta)}{X_{\Phi}(\eta; \theta)} \right) d\eta d\theta}. \quad (4)$$

$$y = \frac{\iint_0^{\Omega_{\text{зп}}} \left[X_o(\eta; \theta) \ln \left(\frac{X_o(\eta; \theta)}{X_{\Phi}(\eta; \theta)} \right) - X_o(\eta; \theta) + X_{\Phi}(\eta; \theta) \right] d\eta d\theta - \ln A_{\Pi}}{\sqrt{\iint_0^{\Omega_{\text{зп}}} X_o(\eta; \theta) \ln^2 \left(\frac{X_o(\eta; \theta)}{X_{\Phi}(\eta; \theta)} \right) d\eta d\theta}}, \quad (5)$$

где θ, η — угловые координаты точек фона и объекта (угл. мин.); Ω — поле зрения (ср.);

A_{Π} — пороговое отношение правдоподобия.

Общее выражение для расчета $X(\eta, \theta)$ (1/мин²) имеет вид:

$$X(\eta; \theta) = \frac{a_1}{a_2} (1 + 1.3 \ln a_3) \ln a_3, \quad (6)$$

где

$$a_1 = 83.4 \left[0.04 + 0.68 \exp\left(-\left(\frac{R}{26}\right)^2\right) + 0.28 \exp\left(-\frac{R}{100}\right) \right], \quad (7)$$

$$a_2 = 1.0524 / \left[0.0524 + \exp\left(-\frac{R}{6}\right) \right], \quad (8)$$

$$a_3 = 1 + 0.00025 a_2 a_4 L, \quad (9)$$

$$a_4 = 79.5 (5 - 3 \text{th}[0.4 \lg L_{\text{ср}}])^2, \quad (10)$$

$$R = \sqrt{\eta^2 + \theta^2}, \quad (11)$$

$L, L_{\text{ср}}$ — наблюдаемая яркость (средняя наблюдаемая яркость);

η, θ — выражены в угловых минутах, L — в кд/м², $X(\eta, \theta)$ — в 1/мин².

Распределение яркости по плоскости огня секторного навигационного комплекса, в силу малости его угловых размеров, с высокой степенью точности можно считать равномерным и определять средней величиной ($L_{\lambda \text{ ср}}$).

Рассмотрено поперечное сечение двух световых полей навигационного комплекса: одного, состоящего из трех непрерывных секторов красного, зеленого и желтого цветов, и второго, состоящего из трех секторов синего цвета: центральный — непрерывный, боковые — проблесковые с частотой 2 и 6 Гц, коэффициент заполнения 0.5, дальность наблюдения 230 м., МДВ = 200 м.

Угловое распределение средней яркости излучения светового поля для центрального сектора и прилегающих переходных зон приведено в табл. 1. В общем случае при наблюдении светового поля происходит визирование огня, характеризуемое смешением двух цветов с различной средней яркостью ($L_{\lambda \text{ ср}}$), окруженного двухцветным ореолом с угловым распределением яркости ($L_{\lambda \text{ а } j}$) для каждого из них (рис. 1).

Пример подготовки исходных расчетных данных для точек А и Б для ночного и сумеречного наблюдения, когда яркость фона определяется рассеянным в атмосфере излучением огня комплекса представлен в таблице 2, для других точек светового поля данные готовятся аналогично. При наблюдении в дневных условиях яркость фона определяется рассеянным солнечным излучением.

Выражение для расчета логарифма отношения правдоподобия модели цветового зрения [1]:

$$\ln A = \ln(A_K A_3 A_C) = \ln(A_K) + \ln(A_3) + \ln(A_C), \quad (12)$$

где A_K, A_3, A_C — частные отношения правдоподобия, вычисленные для реакций К, 3, С — приемников.

Таблица 1. Распределение средней воспринимаемой яркости огня секторного комплекса в сечении светового поля

Цвет (пр.х.)	Угловое распределение средней яркости излучения ($L_{\lambda, cp j}$) в сечении ИП, кд/м ²															
ф, у.м.	1	3	5	7	9	11	13	15	115	117	119	121	123	125	127	129
Красн.	30.75	30.5	30.1	29.03	27.31	17.58	5.39	2.12	0.08	0.061	0.0608	0.0603	0.06	0.0596	0.0593	0.059
Зел.	0.944	2.49	7.68	18.57	22.73	23.71	24.23	24.6	24.6	24.4	24.05	23.49	21.16	14.02	4.31	1.48
Желт.	0.059	0.0591	0.0594	0.0599	0.06	0.0605	0.061	0.062	1.58	3.15	9.59	24.6	28.41	29.52	30.26	30.63
Син. (непр)	2.36	6.23	19.2	46.43	56.83	59.28	60.58	61.5	61.5	61.5	60.13	58.73	52.9	35.05	10.76	3.7
Син. (2 Гц)	35.61	35.32	34.75	33.62	31.62	20.36	6.24	2.45	0.09	0.071	0.0704	0.0698	0.0695	0.0691	0.0687	0.068
Син. (6 Гц)	0.037	0.0372	0.0374	0.0377	0.038	0.0381	0.039	0.04	0.99	1.98	6.04	15.5	17.9	18.6	19.06	19.37

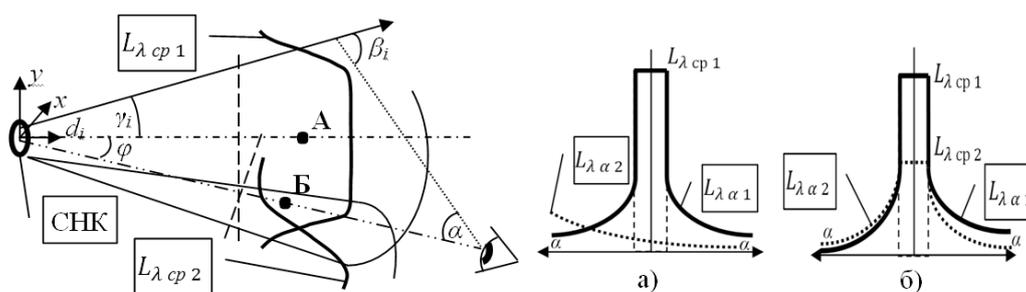


Рис. 1. Схема визирования светового поля и модели наблюдаемого огня для точек «А» — а) и «Б» — б)

Таблица 2. Угловое распределение яркости в области точек «А» и «Б»

α'_i	40	15	7	5	3	1	0	1	3	5	7	15	40	
Точка А	λ_1	$L_{\lambda \alpha j}$					$L_{\lambda cp 1}$			$L_{\lambda \alpha 1}$				
		0.2	0.49	0.87	0.59	0.67	0.6	0.6	0.6	0.67	0.59	0.87	0.49	0.2
Точка А	λ_2	$L_{\lambda \alpha 2}$												
		0.157	0.094	0.088	0.086	0.084	0.082	0.081	0.08	0.079	0.078	0.077	0.075	0.068
Точка Б	λ_1	$L_{\lambda \alpha j}$					$L_{\lambda cp 1}$			$L_{\lambda \alpha 1}$				
		0.01	0.038	0.22	0.8	0.78	0.71	0.05	0.23	0.63	0.57	0.857	0.48	0.197
Точка Б	λ_2	$L_{\lambda \alpha 2}$					$L_{\lambda cp 2}$			$L_{\lambda \alpha 2}$				
		0.25	0.47	0.8	0.225	0.34	0.58	0.59	0.39	0.53	0.16	0.12	0.11	0.093

Важнейшей особенностью статистической модели органа зрения является ее равноконтрастность по отношению к составляющим $\ln A: \ln(A_k), \ln(A_z), \ln(A_c)$. В пороговых условиях для модели цветового зрения можно записать [1]:

$$\ln A_n = m_{A_k} + m_{A_z} + m_{A_c} \quad (13)$$

где $m_{A_k}, m_{A_z}, m_{A_c}$ — математические ожидания сигналов К, З, С — приемников.

$$m_{\Delta_K} = \iint_0^{\Omega_{зр}} \left[X_{0K}(\eta; \theta) \ln \left(\frac{X_{0K}(\eta; \theta)}{X_{\Phi K}(\eta; \theta)} \right) - X_{0K}(\eta; \theta) + X_{\Phi K}(\eta; \theta) \right] d\eta d\theta. \quad (14)$$

$$m_{\Delta_3} = \iint_0^{\Omega_{зр}} \left[X_{03}(\eta; \theta) \ln \left(\frac{X_{03}(\eta; \theta)}{X_{\Phi 3}(\eta; \theta)} \right) - X_{03}(\eta; \theta) + X_{\Phi 3}(\eta; \theta) \right] d\eta d\theta. \quad (15)$$

$$m_{\Delta_C} = \iint_0^{\Omega_{зр}} \left[X_{0C}(\eta; \theta) \ln \left(\frac{X_{0C}(\eta; \theta)}{X_{\Phi C}(\eta; \theta)} \right) - X_{0C}(\eta; \theta) + X_{\Phi C}(\eta; \theta) \right] d\eta d\theta. \quad (16)$$

Тогда:

Значения $X_{o, \Phi(K, 3, C)}(\eta, \theta)$ (1/мин²) определяются из выражения 6, с учетом подстановки значений яркости:

$L_{o, \Phi(K, 3, C)}$, $L_{ср o, \Phi(K, 3, C)}$ — наблюдаемая яркость (средняя яркость) для К, 3, С-приемников.

Исходные выражения для определения $L_{o, \Phi(K, 3, C)}$, $L_{ср o, \Phi(K, 3, C)}$ [3]:

$$L_K = 683 L'_K \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} L_{e\lambda}(\lambda) \bar{k}(\lambda) d\lambda. \quad (17)$$

$$L_3 = 683 L'_3 \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} L_{e\lambda}(\lambda) \bar{\varepsilon}(\lambda) d\lambda. \quad (18)$$

$$L_C = 683 L'_C \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} L_{e\lambda}(\lambda) \bar{c}(\lambda) d\lambda. \quad (19)$$

$$\text{где } L_{e\lambda}(\lambda) = \frac{L_{V\lambda}}{683 V_\lambda}$$

спектральная плотность энергетической яркости.

Тогда:

$$L_K = L'_K \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{L_{V\lambda}}{V_\lambda} \bar{k}(\lambda) d\lambda. \quad (20)$$

$$L_3 = L'_3 \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{L_{V\lambda}}{V_\lambda} \bar{\varepsilon}(\lambda) d\lambda. \quad (21)$$

$$L_C = L'_C \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{L_{V\lambda}}{V_\lambda} \bar{c}(\lambda) d\lambda. \quad (22)$$

$$\begin{aligned} L_V &= \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} L_{V\lambda} d\lambda = \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} L'_{V \max} f(\lambda) d\lambda = \\ &= L'_{V \max} \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (23)$$

где $L'_{V \max}$ — абсолютное значение максимальной спектральной плотности яркости; $f(\lambda)$ — спектр источника в относительных единицах.

$$L'_{V \max} = \frac{L_V}{\int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda}, \quad (24)$$

$$L_V = \frac{E_V}{\pi t g^2 \beta_i'} \quad (25)$$

где E_V — освещенность, создаваемая огнем СНК на зрачке глаза наблюдателя; L_V — наблюдаемая яркость; β_i — угол рассеяния, от направления падения света (по уровню 0.5).

Тогда:

$$L'_{V \max} = \frac{E_V}{\pi t g^2 \beta_i \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda}. \quad (26)$$

$$L_{V\lambda} = L'_{V \max} f(\lambda) = \frac{E_V f(\lambda)}{\pi t g^2 \beta_i \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda}. \quad (27)$$

В окончательном виде выражения для $L_{o, \Phi(K, 3, C)}$, $L_{ср o, \Phi(K, 3, C)}$:

$$L_K = L'_K \frac{E_V}{\pi t g^2 \beta_i} \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{f(\lambda) \bar{k}(\lambda)}{V_\lambda \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda} d\lambda. \quad (28)$$

$$L_3 = L'_3 \frac{E_V}{\pi t g^2 \beta_i} \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{f(\lambda) \bar{\varepsilon}(\lambda)}{V_\lambda \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda} d\lambda. \quad (29)$$

$$L_C = L'_C \frac{E_V}{\pi t g^2 \beta_i} \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} \frac{f(\lambda) \bar{c}(\lambda)}{V_\lambda \int_{380 \text{ нм}}^{780 \text{ нм}} f(\lambda) d\lambda} d\lambda. \quad (30)$$

Для определения L'_K , L'_3 , L'_C построен совместный график V_λ и $\bar{k}(\lambda)$, $\bar{\varepsilon}(\lambda)$, $\bar{c}(\lambda)$ (рис. 2) [2].

Относительная спектральная световая эффективность определяется выражением [3]:

$$V(\lambda) = \bar{k}(\lambda) L'_K + \bar{\varepsilon}(\lambda) L'_3 + \bar{c}(\lambda) L'_C. \quad (31)$$

Из выражения (31), используя приведенные на рис. 2 значения $\bar{k}(\lambda)$, $\bar{\varepsilon}(\lambda)$, $\bar{c}(\lambda)$, получены значения для коэффициентов: $L'_C = 0.001$; $L'_K = 0.283$; $L'_3 = 0.577$.

Для расчетов использованы спектры светодиодов $f(\lambda)$ в относительных единицах рис. 3.

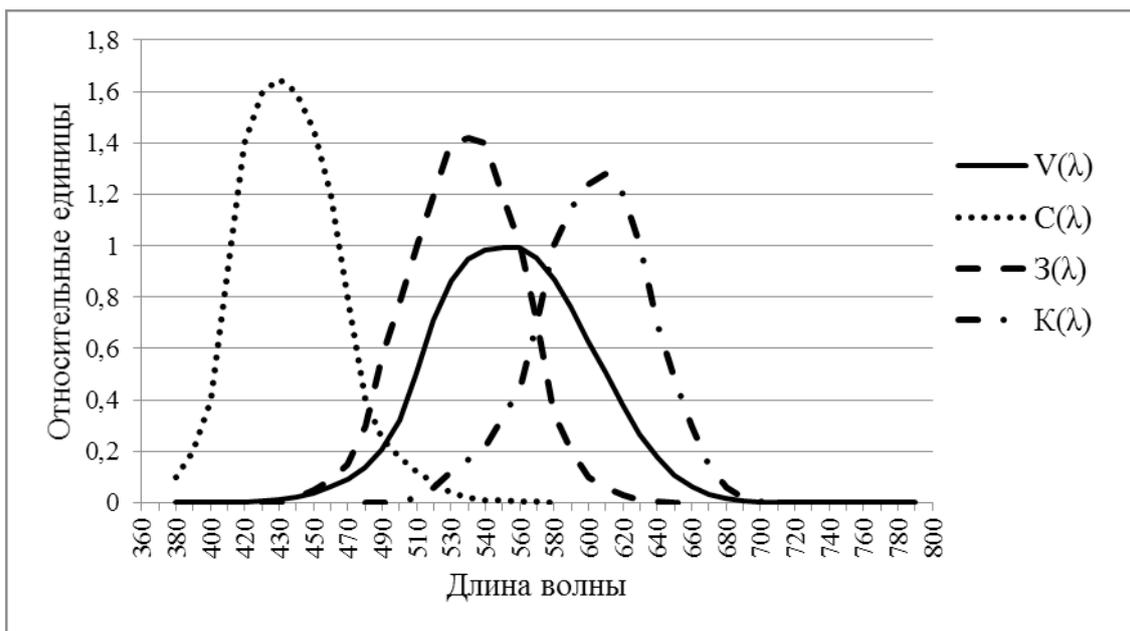
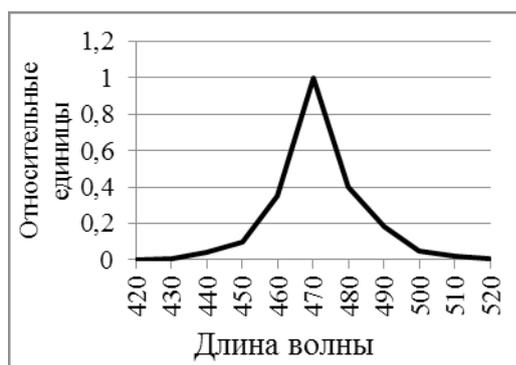
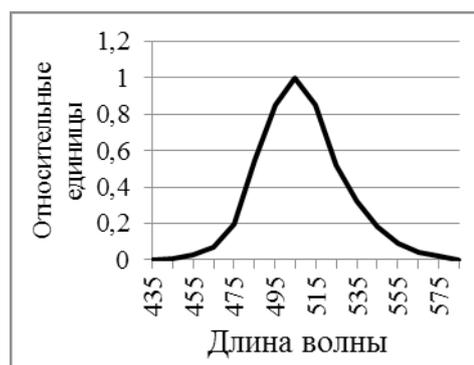


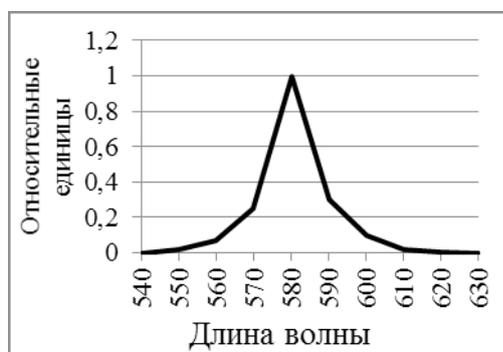
Рис. 2. Совместный график относительной спектральной световой эффективности V_{λ} и относительной спектральной чувствительности K, Z, S -приемников (рецепторов)



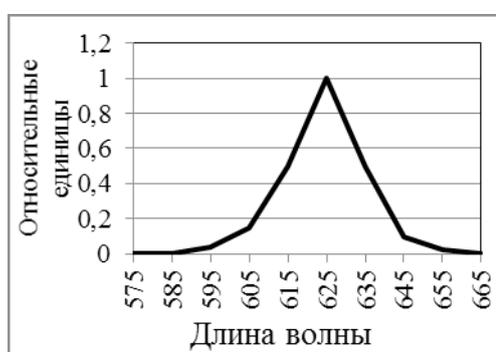
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Спектры источников излучения: синего, зеленого, желтого и красного светодиодов (а, б, в, г, соответственно)

Таблица 3. ΔL цветных огней для границ секторов светового поля

Усл. наблюдения	ΔL , кд/м ² (Ночь, сумерки)	ΔL , кд/м ² (День)
Постоянный огонь		
Красный	7.23 (на зеленом)	107.1 (на белом)
Зеленый	11.41 (на красном)	168.9 (на белом)
Зеленый	11.78 (на желтом)	174.3 (на белом)
Желтый	15.94 (на зеленом)	235.9 (на белом)
Проблесковый огонь		
Синий постоянный/ Синий проблесковый	≈13.69 (на синем проблесковом / синем постоянном)	≈202.6 (на белом)

Средняя яркость объекта – огня СНК

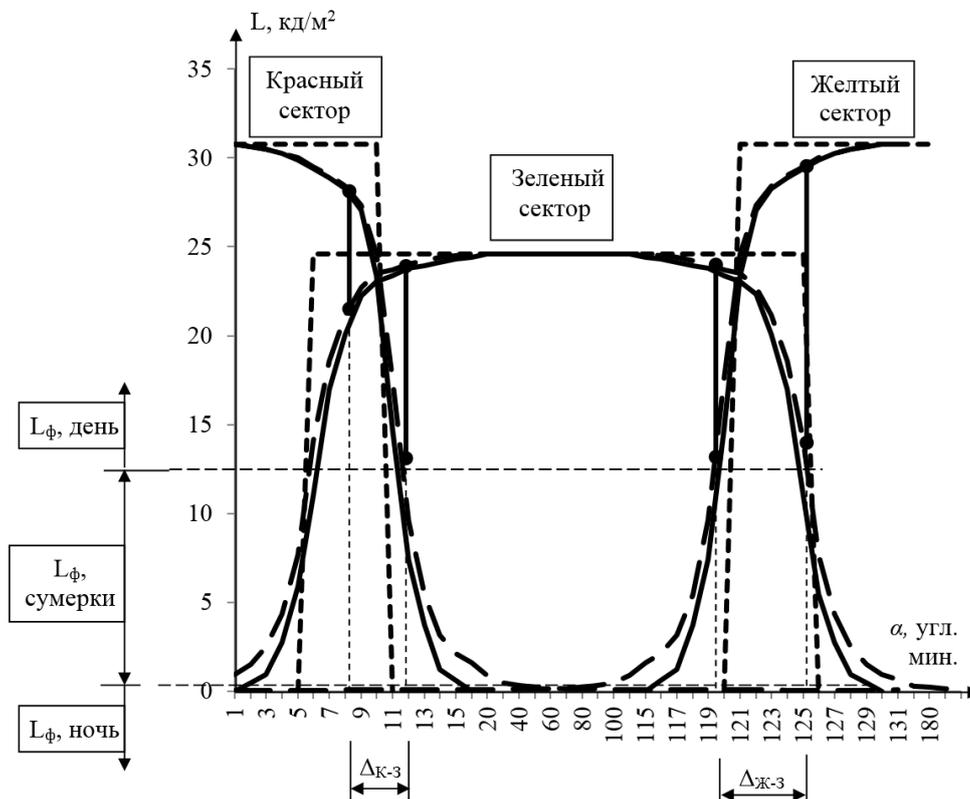


Рис. 4. Поперечное сечение разноцветного светового поля с учетом многократного рассеяния излучения комплекса в атмосфере (дистанция наблюдения 230 метров, метеорологическая дальность видимости 200 метров)

Результатом применения статистической модели является определение, разности яркости между цветными объектом и фоном, при которой объект на фоне обнаруживается с определенной вероятностью. Результат применения статистической модели зрительного анали-

затора для определения разности яркостей на границах красного, зеленого, желтого, синего (постоянного и проблескового) секторов, составляющих световое поле комплекса, приведен в таблице 3 (вероятность обнаружения $P_o = 1$).

Средняя яркость объекта – огня СНК

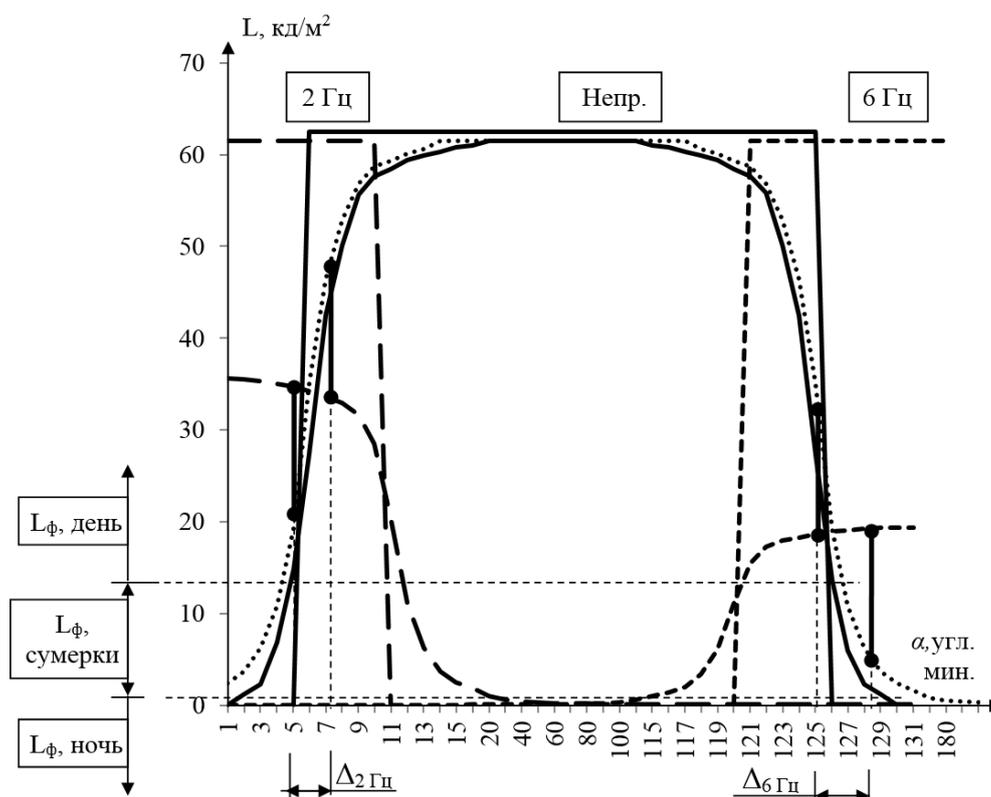


Рис. 5. Поперечное сечение одноцветного светового поля (центральный сектор непрерывный, боковые — с проблесковыми характеристиками 2 и 6 Гц, соответственно) с учетом многократного рассеяния излучения комплекса в атмосфере (дистанция наблюдения 230 метров, метеорологическая дальность видимости 200 метров)

Результаты применения статистической модели зрительного анализатора при оценке ширины переходных зон между секторами поля представлены на рис. 4, 5.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что для ночных и сумеречных условий ширина переходных зон остается одной и той же, поскольку условия наблюдения определяются яркостью рассеянного излучения огней навигационного комплекса. В дневных условиях на процесс наблюдения существенное влияние оказывает яркость рассеянного в атмосфере солнечного света, что приводит (при не превышении максимально допу-

стимых размеров переходных зон), так же как и в сумерках, к уменьшению дальности видимости огня комплекса.

Выводы

Полученные теоретически результаты подтверждены рядом натурных экспериментов, при которых расхождение размеров переходных зон не превышало 1 угловой минуты, что свидетельствует о точности описания процесса наблюдения огня навигационного комплекса статистической моделью зрительного анализатора при различных внешних условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А. А. Принципы построения статистической модели цветового зрения // Труды Российской светотехнической интернет — конференции «Свет без границ». 2009. — С. 101–106.
2. Григорьев А. А., Гордюхина С. С. Определение удельных координат цвета физиологической системы с использованием статистической модели цветового зрения // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 1. — С. 44–47.
3. Матвеев А. Б., Мешков В. В. Основы светотехники. ч. 2. М.: Энергоатомиздат. 1989. — 432с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА НАКЛОННЫХ ТРАССАХ НЕПРЕРЫВНЫМ ДОПЛЕРОВСКИМ ЛИДАРОМ

DETERMINATION OF AIRFLOW PARAMETERS ON SLOPING PATHS CONTINUOUS DOPPLER LIDAR

D. Vasiliev

Summary. The article is devoted to the application of the Doppler lidar for determining the parameters of the wind speed vector (horizontal and vertical components, projections in the Cartesian coordinate system) on inclined paths. The optimization of the location of the three noncollinear sensing directions and the recalculation of the projections of the wind velocity vector measured in these directions into a Cartesian coordinate system are considered. The result is a complete system of calculation formulas that can be applied as part of the lidar's mathematical support. The accuracy of determining the projection of the wind speed on the direction of the locating along the signal spectrum at the difference frequency is estimated. The received accuracy of measurement of a projection and geometry of an arrangement of a triple of directions of sounding allow to provide high accuracy of carrying out of measurement of parameters of a vector of speed of a wind and degree of turbulization of an air stream

Keywords: Doppler lidar, Cartesian coordinate system, noncollinear sensing directions, wind speed vector, localized volume, turbulence of air flow, signal spectrum.

Васильев Дмитрий Викторович

*К.т.н., Акционерное общество «Раменский
приборостроительный завод».
Заместитель главного конструктора
vasiliev1969@yandex.ru*

Аннотация. Статья посвящена применению доплеровского лидара для определения параметров вектора скорости ветра (горизонтальных и вертикальных составляющих, проекций в декартовой системе координат) на наклонных трассах. Рассматривается оптимизация расположения трех неколлинеарных направлений зондирования и пересчет измеренных по этим направлениям проекций вектора скорости ветра в декартову систему координат. Результатом является законченная система расчетных формул, которая может быть применена как часть математического обеспечения лидара. Оценена точность определения проекции скорости ветра на направление лоцирования по спектру сигнала на разностной частоте. Полученная точность измерения проекции и геометрия расположения тройки направлений зондирования позволяют обеспечить высокую точность проведения измерения параметров вектора скорости ветра и степени турбулизации воздушного потока.

Ключевые слова: Доплеровский лидар, декартова система координат, неколлинеарные направления зондирования, вектор скорости ветра, локализованный лоцируемый объем, турбулентность воздушного потока, спектр сигнала.

Введение

В статье рассматриваются вопросы ориентировки направлений зондирования непрерывного моностатического доплеровского лидара при определении параметров ветра на наклонных трассах. Точность определения модуля и направления вектора скорости ветра определяется двумя основными моментами: первое — точностью измерения проекции вектора скорости ветра на направление зондирования и, второе, выбором направлений зондирования для обеспечения минимальной погрешности измерения и локализации исследуемой области пространства. В работе они рассматриваются по отдельности.

Рассмотрим измерение проекции вектора скорости ветра на направление зондирования. Определение параметров проекции осуществляется на основе регистрации спектра сигнала, который является огибающей распределения эффективности гетеродинирования по частотам, зависящей от формирования измерительного объема, параметров оптической системы и источ-

ника излучения, концентрации эффективно отражающих аэрозолей и степени турбулизации воздушного потока [2, 3, 4, 5, 6].

Пространственное распределение эффективности гетеродинирования, позволяющее оценить возможность формирования измерительного объема и получения отраженного сигнала на разностной частоте при различной метеовидимости определяется выражением:

$$I^* = \frac{4c^4}{\pi^2 \Delta v^4 n^4 (S' + z_1)^4} \sqrt{I_3} \sqrt{I_r} \sin^4 \left(\pi \Delta v \frac{n(S' + z_1)}{c} \right),$$

где

$$I_3 = I_3(x_{13}, y_{13}, z_{13}, \nu) = \frac{4\pi^2 \alpha^4 n^2 \nu^2}{c^2 S'^4} [A_3^2 + B_3^2] e^{-\alpha(S'_3 + z_{13})}$$

— интенсивность зондирующего одночастотного излучения;

$$I_r = I_r(x_{1r}, y_{1r}, z_{1r}, \nu) =$$

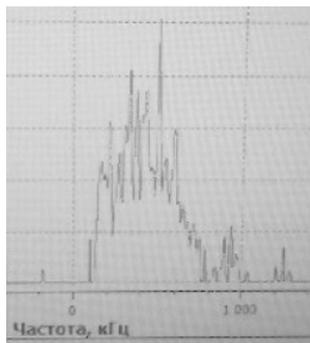


Рис. 1. Спектр доплеровского сигнала при локации воздушного потока

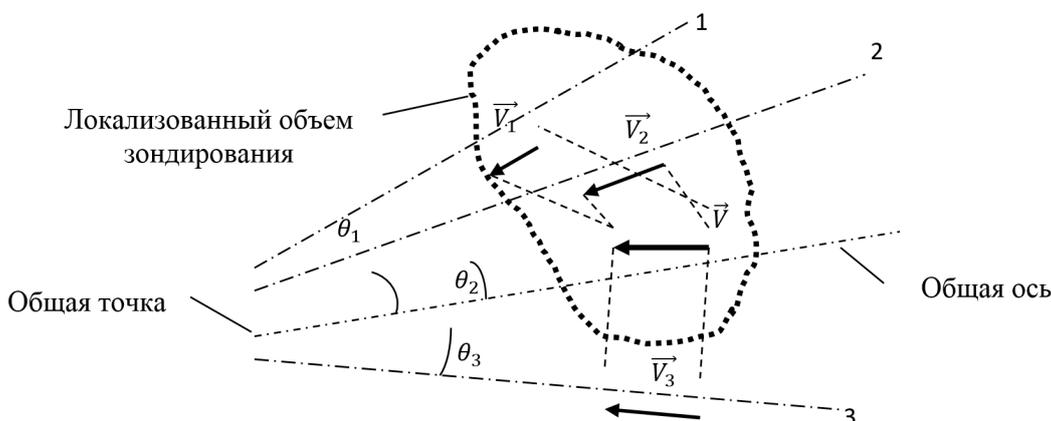


Рис. 2. Формирование измерительного объема тройкой лучей, расходящихся из одной общей точки

$$= \frac{4\pi^2 a^4 n^2 v^2}{c^2 S_r^4} [A_r^2 + B_r^2] e^{-\alpha(S_r + z_{1r})}$$

— интенсивность гетеродинного (опорного) одночастотного излучения.

n — показатель преломления среды; v — частота излучения; Δv — ширина спектра излучения; a — радиус выходного зрачка одинаков для зондирующего и гетеродинного пучков излучения; x_{1r}, y_{1r}, z_{1r} — система координат в пространстве изображений для гетеродинного пучка; x_{13}, y_{13}, z_{13} — система координат в пространстве изображений для зондирующего пучка; S'_r — задний сопряженный отрезок для гетеродинного пучка в пространстве изображений; S'_3 — задний сопряженный отрезок для зондирующего пучка в пространстве изображений.

На рис. 1 представлен зарегистрированный спектр сигнала на разностной частоте.

Учитывая то, что рабочая длина волны 0,975 мкм, скорости воздушного потока 1 м/с соответствует доплеровская частота 2,05 МГц. Спектр зарегистрированного сигнала имеет ширину не более 1 МГц и хорошо разрешается с шагом 200 кГц, что соответствует 0,1 м/с.

Таким образом, точность измерения проекции скорости ветра на направление зондирования составляет не хуже 0,1 м/с, что является высокой точностью для проведения такого рода дистанционных измерений.

Для того, чтобы определить параметры ВСВ, необходимо получить его проекции на три неколлинеарных направления, являющихся направлениями зондирования. Задание неколлинеарных направлений зондирования в случае применения одного доплеровского лидара осуществляется следующим образом:

Все три неколлинеарных направления зондирования имеют одну общую исходную точку из которой расходятся под определенными углами к общей оси (рис. 2) [4].

1, 2, 3 — три неколлинеарных направления зондирования; \vec{V} — вектор скорости ветра; $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$ — проекции ВСВ на 1, 2, 3 направления зондирования, соответственно; $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ — углы между неколлинеарными направлениями зондирования и общей осью.

Во втором случае ВСВ — есть некоторый усредненный по локализованному объему зондирования вектор скорости ветра. Локализованный объем зондирования

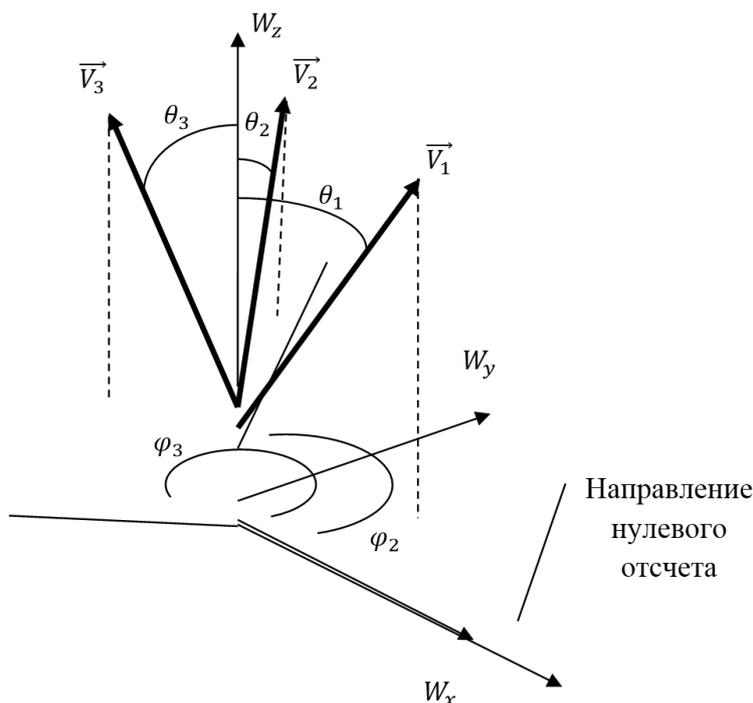


Рис. 3. Расположение направлений зондирования относительно декартовой системы координат

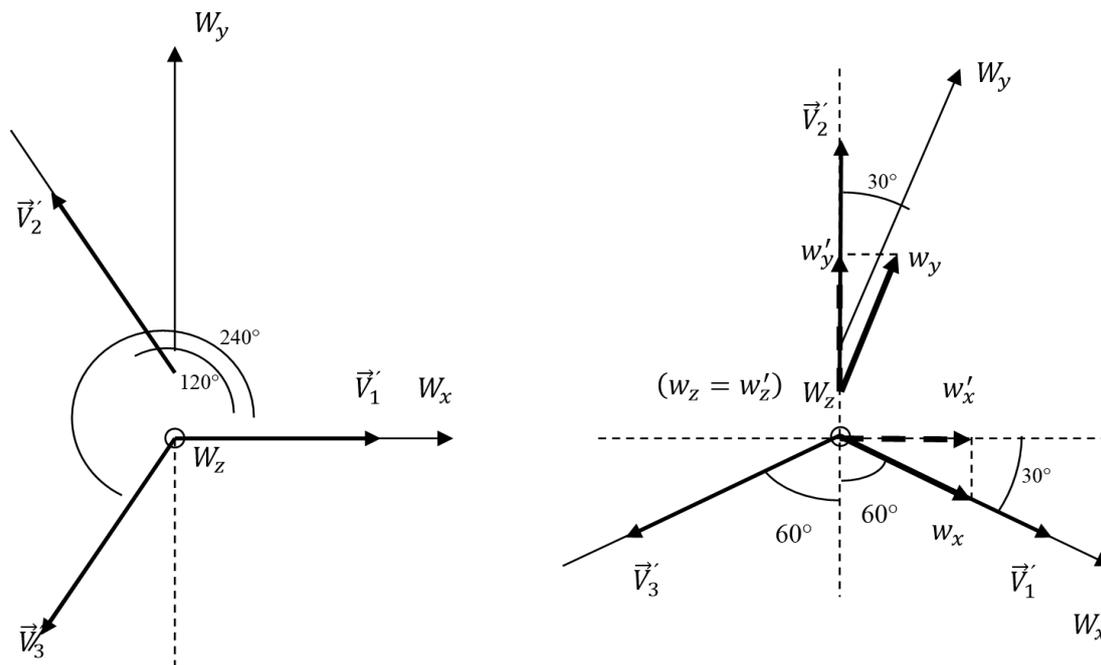


Рис. 4. Разворот декартовой системы координат с симметричным расположением направлений зондирования

представляет собой усеченную трехгранную пирамиду, образованную каустиками каждого из трех лучей. Ориентировка положений лучей поясняется рис. 3 [4].

φ_1 ($\varphi_1 = 0^\circ$), φ_2 ($\varphi_2 = 120^\circ$), φ_3 ($\varphi_3 = 240^\circ$) — углы между направлением нулевого отсчета и проек-

циями направлений зондирования на плоскость XY; $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ — углы между направлением Z и направлениями зондирования.

Определение проекций вектора скорости ветра в декартовой системе координат [1, 7].

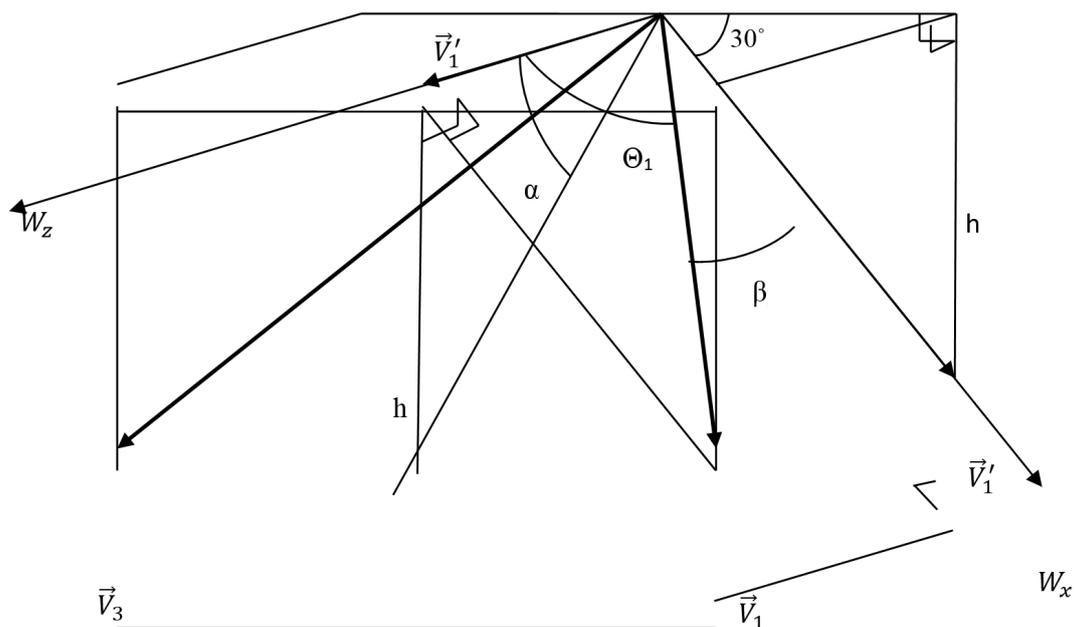


Рис. 5. Разложение направлений зондирования в декартовой системе координат

$$\vec{w} = A^{-1}\vec{P}$$

$$\text{где: } \vec{w} = \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_z \end{pmatrix}; \vec{P} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix}$$

Матрица направляющих косинусов:

$$A = \begin{pmatrix} \sin \theta_1 \cos \varphi_1 & \sin \theta_1 \sin \varphi_1 & \cos \theta_1 \\ \sin \theta_2 \cos \varphi_2 & \sin \theta_2 \sin \varphi_2 & \cos \theta_2 \\ \sin \theta_3 \cos \varphi_3 & \sin \theta_3 \sin \varphi_3 & \cos \theta_3 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

Опуская промежуточные выкладки запишем:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= \frac{1}{D_A} (A_{11}V_1 + A_{21}V_2 + A_{31}V_3) \\ w_y &= \frac{1}{D_A} (A_{12}V_1 + A_{22}V_2 + A_{32}V_3) \\ w_z &= \frac{1}{D_A} (A_{13}V_1 + A_{23}V_2 + A_{33}V_3) \end{aligned} \right\}$$

Таким образом, получаются три проекции вектора скорости ветра на декартову систему координат W_x, W_y, W_z . Необходимо разместить эту систему координат в пространстве для обеспечения возможности проведения измерений ВСВ на наклонных (в частном случае, на горизонтальной) трассах.

Рассмотрим варианты размещения (рис. 4.).

Для определения необходимого угла наклона оси W_z к горизонтальной плоскости произведем некоторые дополнительные построения (рис. 5).

$$\theta_1 = 90^\circ - \beta; h = \vec{V}_1' \sin 30^\circ; \vec{V}_1'' = \vec{V}_1 \cos \beta$$

Тогда:

$$h = \vec{V}_1 \cos \beta \sin 30^\circ; \frac{h}{\vec{V}_1''} = \tan \alpha; \vec{V}_1'' = \vec{V}_1 \cos \theta_1$$

$$\alpha = \arctan \frac{h}{\vec{V}_1''} = \arctan \frac{\vec{V}_1 \cos \beta \sin 30^\circ}{\vec{V}_1 \cos \theta_1} =$$

$$= \arctan \frac{\cos \beta \sin 30^\circ}{\cos \theta_1}$$

$$\beta = 90^\circ - \theta_1$$

$$\alpha = \arctan \frac{\cos(90^\circ - \theta_1) \sin 30^\circ}{\cos \theta_1} =$$

$$= \arctan \frac{0.5 \cos(90^\circ - \theta_1)}{\cos \theta_1}$$

Рассмотрим конкретный пример, когда угол $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta = 15^\circ$ между осью W_z и направлением зондирования $\vec{V}_1 (\vec{V}_2, \vec{V}_3)$. Тогда:

$$\alpha = \arctan \frac{0.5 \cos(90^\circ - 15^\circ)}{\cos 15^\circ} = 7.63^\circ$$

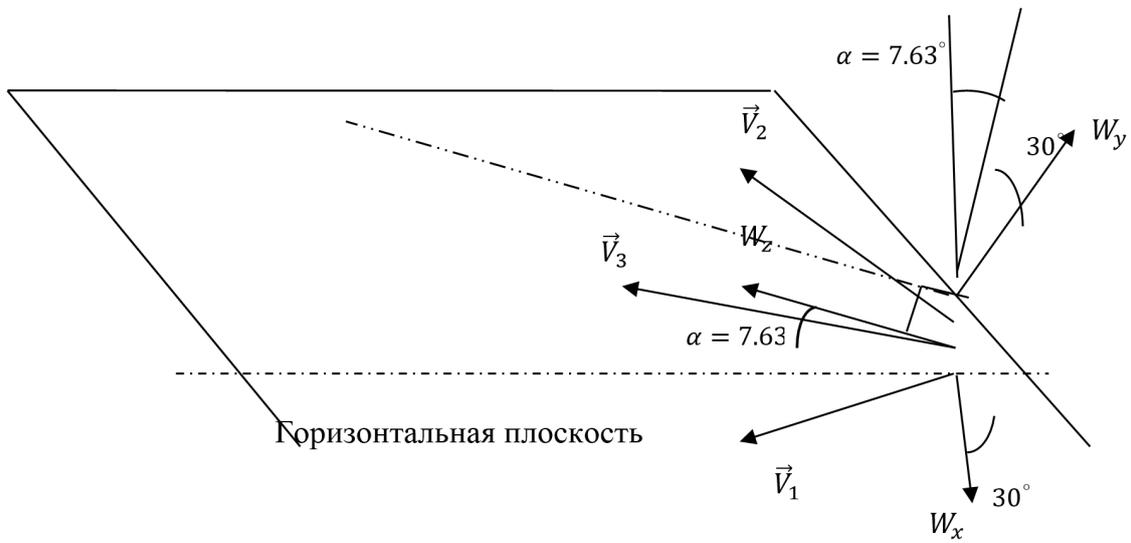


Рис. 6. Расположение направлений зондирования при измерении вектора скорости ветра на горизонтальной трассе

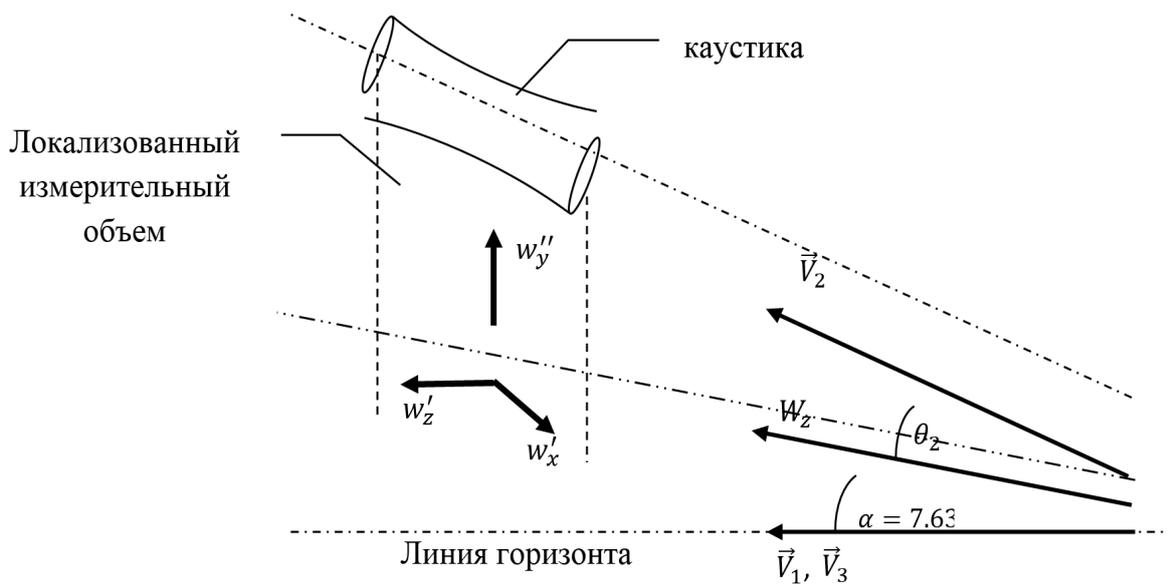


Рис. 7. Положение усредненных по локализованному измерительному объему поперечной, вертикальной и продольной проекций вектора скорости ветра

Т.е., в том случае, когда направления зондирования \vec{V}_1 и \vec{V}_3 располагаются в горизонтальной плоскости и угол $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta = 15^\circ$, ось W_z поднимается над горизонтальной плоскостью на угол $\alpha = 7.63^\circ$. Это соответствует проведению измерения вектора скорости ветра на горизонтальной трассе (рис. 6.).

Измерение вектора скорости ветра ведется в измерительном объеме размер которого определяется параметрами каустики и направлениями зондирования $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$ (рис. 7.).

Искомыми параметрами являются:

w'_z — продольная; w'_x — поперечная; w'_y — вертикальная составляющие вектора скорости ветра, привязанные к средней точке локализованного измерительного объема, размеры которого определяются длиной сформированной каустики по каждому направлению зондирования и углами отклонения направлений зондирования ($\theta_1, \theta_2, \theta_3$) от оси W_z декартовой системы координат (рис. 8).

Расчетные формулы составляющих вектора скорости ветра:

$$w'_z = w_z \cos \alpha; \quad w'_x = 0.866w_x; \quad w'_y = 0.866w_y; \\ w''_y = w'_y \cos \alpha = 0.866w_y \cos \alpha$$

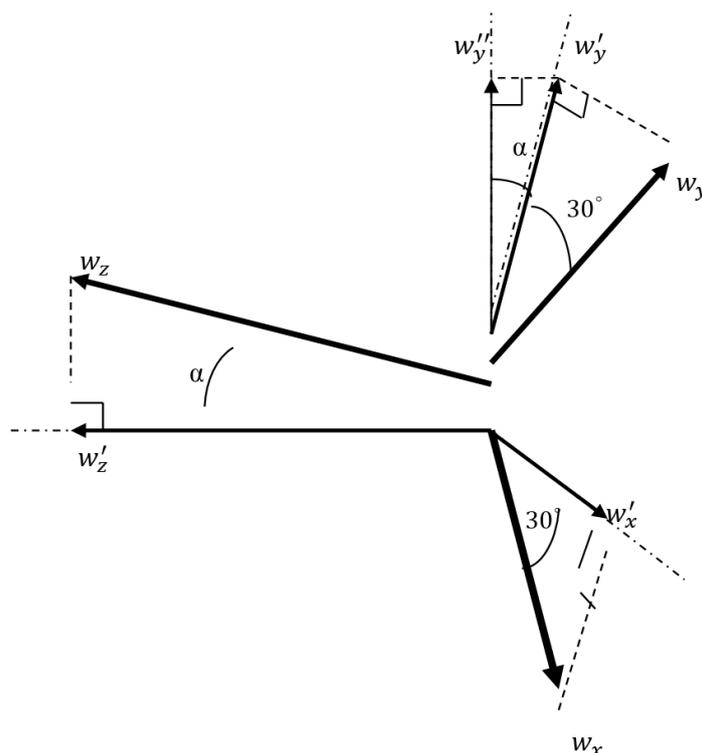


Рис. 8. Определение w'_z — продольной; w'_x — поперечной; w'_y — вертикальной составляющих вектора скорости ветра

В качестве примера рассмотрим случай, когда $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta = 15^\circ$, а угол $\alpha = 7.63^\circ$, тогда:

$$w'_z = 0.991w_z; w'_x = 0.866w_x; w'_y = 0.858w_y$$

Выводы

Полученные в статье результаты позволяют применить их на практике для решения задачи определения векто-

ра скорости ветра и степени турбулизации атмосферы в случае использования непрерывного моностатического доплеровского лидара с последовательным перемещением направления зондирования. Рекомендованные углы выставки лучей позволяют проводить измерения модуля вектора ветра с точностью до 10% и направления — в пределах 5° , возможности регистрации спектра позволяет обеспечить точность измерения проекции 0.1 м/с, что является вполне приемлемым для решения большинства задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров / Пер. с франц.; Под ред. К. С. Шифрина. М.: Наука. 1967. — 780 с.
2. Андреев М.А, Васильев Д. Н., Пенкин М. С., Смоленцев С.А, Борейшо А. С., Клочков Д. В., Коняев М. А., Орлов А. Е., Чугреев А. П. Когерентные доплеровские лидары для мониторинга ветровой обстановки // Фотоника. 2014. т. 48. № 6. С. 20–28.
3. Ахметьянов В. Р., Васильев Д. Н., Клочков Д. В., Коняев М. А., Пенкин М. С., Орлов А. Е. и др. Лидарный доплеровский профилометр для измерения параметров ветра в составе наземного комплекса метеорологического обеспечения аэронавигации // Авиакосмическое приборостроение. 2013. № 9. С. 41–52.
4. Брикенштейн В. Х., Погосов Г. А. Когерентные доплеровские лидары. Вопросы теории. // Научно — технический сборник НИИАО. 1988, № 2 (10). — 109 с.
5. Гордиенко В. М., Путивский Ю. Я. Ветровой когерентный доплеровский ТЕА СО2-лидар // Квантовая электроника. 1994. т. 21. № 3. С. 284–290.
6. Коняев М. А., Савин А. В., Доплеровские метеолidarы для систем обеспечения вихревой безопасности полетов // Метеоспектр. 2008. № 1. С. 147–152.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука. 1984. — 831 с.

ОБЗОР ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ, КОНСТРУКЦИЙ И ПРОБЛЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БПЛА ТИПА МУЛЬТИКОПТЕР

STAGES OF DEVELOPMENT, CONSTRUCTION AND DESIGN PROBLEMS UAV TYPE OF MULTICOPTER

**R. Nabiyev
A. Abdullayev**

Summary. This article provides an analysis of the stage of development of the UAV type multicopter, technologies of their development, the requirements for the design and construction, a mathematical model of movement, the scope of their use and the factors affecting the development of this sector in Azerbaijan. The article also pointed out that in recent years, equipped with photo and video camera compact multirotor UAV began to develop and produce more pace.

Designing multicopter fully automated control with the use of high technology has led to the expansion of its use in the performance of power and civil structures.

Keywords: Multicopter, kvadrokoptyery, unmanned aerial vehicle (UAV), rotation, payload, multirotation, tactical and technical specifications.

Набиев Расим Насиб оглу

*Д.т.н., профессор, Институт Транспорта
и Авиакосмических Проблем Национальной Авиационной
Академии Азербайджана
nabiyevrasim@gmail.com*

Абдуллаев Анар Ариф оглу

*К.ф.-м.н, Институт Транспорта и Авиакосмических
Проблем Национальной Авиационной Академии
Азербайджана
anarcafarov09@mail.ru*

Аннотация. В этой статье приведен обзор результатов анализа стадий развития БПЛА типа мультикоптер, технологий их развития, требований предъявляемых для проектирования и конструкции, математическая модель передвижения, сфера их использования и факторы влияющие на развитие этой сферы в Азербайджане. В статье так же указано, что в последние годы оснащенные фото и видео камерой малогабаритные мультироторные БПЛА стали развиваться и производиться большими темпами.

Проектирование мультикоптера с полностью автоматизированным управлением, с применением высоких технологий привело к расширению их использования в служебной деятельности силовых и гражданских структур.

Ключевые слова: Мультикоптер, квадрокоптер, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), вращаться, полезная нагрузка, мультироторный, тактические и технические свойства.

Мультикоптерами называют автономные или дистанционно управляемые БПЛА, снабженные вращающимися по диагоналям на мультироторной основе тремя (трикоптер), четырьмя (квадрокоптер), шестью (гексакоптер), восемью (октакоптер) винтами или закрепленными подале и с большим радиусом двенадцатью винтами бесколлекторными электродвигателями (вращающимися попарно в противоположных направлениях). Вообще говоря, такие аппараты, имеющие произвольное количество роторов (каждый электродвигатель, присоединенный к одному винту или коаксиально к двум винтам, создает подъемную силу) именуется обобщенным названием мультикоптер [1–4]. Общая особенность, объединяющая приборы такого типа, состоит в схожести их конструкций и летно-технических характеристик.

Первый вариант мультикоптера-четырёхмоторный летательный аппарат (четыре пропеллера, двигатель весом 1600 кг и мощностью 170 л.с.) был создан в начале двадцатого века американскими авиаконструкторами Г. А. Ботезатом и П. Э. Эмишеном [2–3]. В течение двух лет Военно-Воздушные Силы (ВВС) США осуществляли учебные и заказные полеты с помощью поднимающегося

на высоту нескольких метров и управляемого инерциально «геликоптера». Однако, растущий интерес и спрос к автожирам перевел на второй план финансирование работ по созданию «геликоптеров».

Из-за сложной конструкции и трудно управляемой системы, дальнейшее развитие квадрокоптеров не было приоритетным до создания микропроцессоров. Начиная с 1970-х годов были начаты работы по созданию беспилотных радиоуправляемых квадрокоптеров, и за последние десятилетия работы по реализации этой идеи получили массовый характер. Создаваемые в прошлом на любительском уровне квадро-, пенто-, гексо- и т.д. коптеры в последнее время начали составлять основу инженерных изысканий.

Особенность, отличающая мультикоптеры от конструкции и принципа работы БПЛА геликоптерного типа состоит в различии ведущих и направляющих винтов, устройств на основе одноосных схем, коэффициента полезного действия, надежности конструкции, простоты, качества, устойчивости, способности маневрирования, размера, веса и взятия полезного груза [3].

В структуру мультикоптера входят устройства управления, центральная часть, где размещается полезный груз и аккумуляторы, а расположенные по радиусу на боковых концах несущие-винтовые микроэлектрические двигатели придают прибору звездообразный вид. За счет вращения винтов обеспечивается движение системы, остановка на воздухе в горизонтальном положении и ее перемещение.

С установкой в систему дополнительных устройств, становится возможным выполнение полета в полуавтономном или полностью автономном режиме. В литературе [1–5] дана подробная информация о вращательном движении квадрокоптера и об управлении его полетом.

При составлении математической модели в трехосевой системе необходимо обратить внимание на два случая: в неподвижной O_{xyz} и подвижной $C_{x_1y_1z_1}$ системе координат (рис. 1).

Движение летательного аппарата в пространстве можно рассчитать с помощью нелинейного дифференциального уравнения первого порядка, построенного по координатам центров тяжести по осям x, y, z и на основе значений проекций скоростей по оси V_x, V_y, V_z [5].

$$\begin{cases} \dot{x} = V_x; \\ \dot{y} = V_y; \\ \dot{z} = V_z; \end{cases} \begin{cases} \dot{V}_x = R_x/m; \\ \dot{V}_y = R_y/m - g; \\ \dot{V}_z = R_z/m; \end{cases}$$

Также в трехосевой (x, y, z) системе координат можно записать углы поворота по тангажу — ν , крену — γ , направлению (курсу) — ψ и зависимости возникающих $\psi_{x1}, \psi_{y1}, \psi_{z1}$ угловых скоростей:

$$\begin{cases} \dot{\nu} = \omega_{y1} \sin \gamma + \omega_{z1} \cos \gamma, \\ \dot{\psi} = \frac{1}{\cos \nu} (\omega_{y1} \cos \gamma - \omega_{z1} \sin \gamma), \\ \dot{\gamma} = V_{x1} - \tan \nu (\omega_{y1} \cos \gamma - \omega_{z1} \sin \gamma); \end{cases}$$

$$\begin{cases} J_{x1} \dot{\omega}_{x1} = (J_{y1} - J_{z1}) \omega_{y1} \omega_{z1} + M_{x1}, \\ J_{y1} \dot{\omega}_{y1} = (J_{z1} - J_{x1}) \omega_{x1} \omega_{z1} + M_{y1}, \\ J_{z1} \dot{\omega}_{z1} = (J_{x1} - J_{y1}) \omega_{x1} \omega_{y1} + M_{z1}; \end{cases}$$

где параметры R_x, R_y, R_z представляют собой проекции равномерно распределенных тяговых сил двигателей $\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{F}_4$ (в данном случае 4) (Рис. 1). Если учесть, что тяговая сила двигателей $F_j (j = 1..4)$ изменяется в зависимости от задачи, то M_{x1}, M_{y1}, M_{z1} — проекции основных силовых моментов

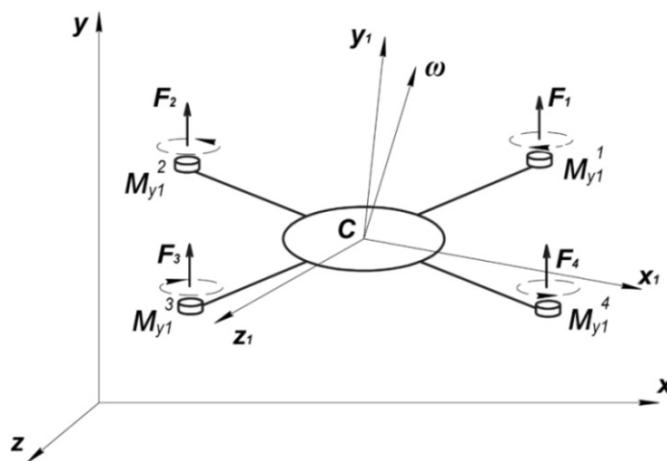


Рис. 1. Координаты и математическая модель неподвижной и движущейся системы

$$\begin{cases} M_{x1} = (F_1 + F_2 - F_3 - F_4) a * \cos 45^\circ, \\ M_{y1} = (M_{y1}^1 - M_{y1}^2 + M_{y1}^3 - M_{y1}^4), \\ M_{z1} = (F_1 - F_2 - F_3 + F_4) a * \sin 45^\circ; \end{cases}$$

где a — оставшееся расстояние между осями двигателей квадрокоптера и центрами тяжести; $M_{y1}^i = k_M * F_i$ — реактивные силовые моменты двигателя ($i = 1..4$) и равны пропорционально силе тяги двигателей [5–7]. В литературе [5] детально описана математическая модель движения квадрокоптера.

Управляющая микросхема мультикоптера работая по специальному программному обеспечению индивидуально (с учетом внешних факторов) определяет скорость вращения каждого винта. Управление осуществляется с помощью радиоволн. Дополнительно могут быть установлены мини инерциальная навигация, GPS-приемник, компас и др. изделия [3].

Наряду с положительными сторонами у них есть и недостатки. Более стабильные и безопасные полеты можно осуществлять многовинтовыми (например, гексакоптерами) и сравнительно тяжелыми БПЛА. Они устойчивы против ветра и способны брать больше груза. Для увеличения грузоподъемности лучше использовать октокоптеры, обладающие большим размером и весом.

Отличие летательных аппаратов, относящихся к группе с коаксиальным винтовым двигателем от аппаратов, изготовленных по обычной схеме (когда один двигатель вращает один винт) состоит в полном использовании энергии двигателями. При этом основной недостаток состоит в краткости времени полета из-за быстрого истощения запаса электрической энергии аккумуляторной батареи [1].

Можно отметить производителей из Германии компании HiSistems GmbH (модель Mikrokopter.De) и Microdrones GmbH. Так, малость форм и размеров мультикоптеров этого типа дали толчок к разработке новых моделей. Более продвинутые моделями Mikrokopter.De являются модели Heksakopter (МК-Гекса) и Oktokopterdir (МК-Окто) [8].

С помощью встроенных в конструкцию приборов и программного обеспечения спроектированы мультикоптеры Heksakopter (МК-Гекса) и Oktokopter (МК-Окто) с мультиротационными двигателями в количестве от 4 до 12. В этих мультикоптерах дополнительно могут быть установлены такие компоненты, как GPS навигатор, компас, телеметрия, высотомер, аккумулятор и т.д. Так, в зависимости от комплектации (4÷12 двигателя) они обладают подъемной массой 0,65÷0,25 кг и полезной грузоподъемностью до 0,25÷1 кг. Время и высота полета составляют, соответственно, 15÷40 минут и 350 м. Аппарат оснащен предусмотренной для легкой камеры стабилизированной карданной подвеской. Для передачи телеметрических данных и изображений на землю используется радиоканал. Пилот во время полета следит за мультикоптером, используя специальные видеоочки.

Компания Microdrones GmbH была основана в 2005 году и является одним из ведущих мировых производителей мультикоптеров. Изготовленные компанией из композитного материала мультикоптеры имеют меньший вес, устойчивы к электромагнитным шумам, оснащены акселерометром, гироскопом, магнитометром, датчиками давления, температуры и влажности воздуха. Более широкое распространение нашли модели MD4200 и MD41000 [9,16].

С использованием GPS (глобальная система определения позиции) можно осуществлять независимый полет [10,13]. С целью анализа после полета информация записывается на устройство бортовой — памяти (log-fayl). На монитор пилота передаются данные о состоянии батареи, высоте, местоположении и времени полета. Во время полета при возникновении препятствия перед прибором включается встроенная система звуковой сигнализации. При снижении мощности аккумулятора и прерывании связи автоматически переходит в режим безопасной посадки в точку начального подъема. Прибор весом 1 кг в течение 20 минут полета способен летать с полезным грузом 200 граммов (видео, фото или ИК-камера) на расстояние 500 м на высоте 150 м.

Аппарат MD41000 является более тяжелым автономным мультикоптером и используется для решения задач по мониторингу, координации, разведке, геодезии, связи в назначенной территории. Летные характеристики устройства аналогичны летным характеристикам малой

модели MD4200. Единственное отличие заключается в том, оно летит быстрее, выше и дальше (продолжительность полета 70 минут, вес 5,5 кг, возможность поднимать груз весом 0,8 кг и больше).

Следующим мультикоптером из этого класса является квадрокоптер AR100 AirRobot. Снабженный системой видеонаблюдения и тепловизором аппарат (практически бесшумный) при проектировании предназначался для целей военной разведки. Однако, позже правоохранные органы начали использовать этот прибор для контролирования общественных мероприятий и спортивных игр [17]. Имеется возможность передавать снятые изображения в центр управления в режиме живой трансляции. Прибор имеет небольшой размер и вес, что дает возможность обслуживать его одному человеку.

Модель AR100B компании предназначена скорее для целей военного назначения. Данная система широко используется в военных операциях в различных частях мира. Квадрокоптер весом 0,5 кг способен летать в течение 20 минут в радиусе 600 метров и нести полезный груз в 200 граммов.

Компания Air Robot в последние годы спроектировала и запустила в производство модели AR70 и AR150. Сравнительно большая модель AR1508, способная вести разведку при ветре 8 м/сек, может оставаться на воздухе в течение 20 минут и нести «груз» в 1 кг. Связь между обоими БПЛА и оператором осуществляется радиосвязью на назначенных частотах.

Одной из моделей, производимых компанией «Draganfly Innovations Inc», является модель Draganflyer X4 [18–20]. Эта модель с квадро-платформенной основой, имеющая меньшее энергопотребление, оборудована инерциальной навигационной системой. Это устройство, предназначенное для фото и видеосъемки, способно поднимать груз в 250 граммов.

Для целей обучения, практики и научно-исследовательских проектов более надежным является модель Draganflyer E4, который обладает одинаковой конструкцией и грузоподъемностью (рис. 2а). Управление устройством пользователем и контроль за телеметрическими параметрами является более простым.

Другой 6-винтовой коаксиальный трикоптер Draganflyer X6 относится к классу разведочных БПЛА. Его грузоподъемность более чем в 2 раза превышает грузоподъемность моделей X4 и E4. Изготовленный из композитных материалов устройство и оснащенный GPS приемной антенной, позволяет производить профессиональные аэрофото и видео съемки, а так же складываться (рис. 2б).



а)



б)

Рис. 2. Мультикоптеры Draganflyer X4 (а), Draganflyer E4 (б)

Устройство Draganflyer X8, которое является самым крупным БПЛА в своем классе, разработано на основе схемы квадрокоптера. Имеет 8-винтовую конструкцию (состоит из 4-х коаксиальных пар). Способен поднять 1 кг груза. В управлении устройством используется 11 датчиков (3-гироскопа, 3- акселерометра, 3-магнитометра, барометра и приемника GPS). Низкий уровень акустического шума и визуального обнаружения во время полета позволяет использовать его в военной разведке, полицейских операциях и мониторинге окружающей среды [19].

Австралийской компанией Cyber Technology Pty Ltd был произведен квадрокоптер «Cyber Quad» для мониторинга морских нефтяных и газовых платформ. Система оборудована видео (ИК) камерой и газоанализатором. Аппарат произведен серийно в двух размерах — «Cyber Quad MINI» и «Cyber Quad MAXI». В соответствии с размерами, продолжительности полета составляет 25 и 35 мин, вес полезного груза 0,5 и 0,8 кг, скорость полета 50 и 60 км/ч, радиус и высота полета — 1 км [20].

Спроектированный компанией, производящей боевые роботы, БПЛА Quadrotor после броска в воздух рукой остается в воздухе в висячем состоянии, проходит через кольцо, брошенное в воздух и сохраняет устойчивость при спускании вниз с висячего состояния на вертикальной стене.

Французская компания Maximus-Racing производит мультиротационные (с количеством роторов от 3 до 6) летательные аппараты X650 Haircraft и V4-Fayler X650 [21]. Мультикоптер Haircraft весом 1,5 кг оснащен 13 различными датчиками: высоты, GPS, температуры, мощности, запаса потребляемой электроэнергии и т.д.

В зависимости от выбранного типа двигателя, устройство X4-Fayler, имеющий 1 м в диаметре и способный поднимать груз в 300 граммов и летать со скоростью 10 м/сек, весит чуть больше 1 кг. В соответствии с требованием и желанием пользователя универсальная

платформа выполняется с необходимыми параметрами и комплектацией. Во время полета командой, переданной оператором, можно изменить программу полета.

Из мультикоптеров, которые пользуются наибольшим спросом среди пользователей, следует особо отметить квадрокоптеры китайского производства «DJI Inspire 1» и «DJI Phantom 4». Летно-технические характеристики этих устройств, снабженных инерциальными навигационными приборами и полезными грузами высоки, и при их изготовлении были использованы новейшие инновационные технологии. Устройства обладают, соответственно, максимальным весом в 3400 и 1380 граммов, продолжительность полета 24 и 28 минут, высотой полета 6000 м, радиусом полета 2000 м, максимальной скоростью полета 22 и 20 м/с и снабжены постоянной памятью 64 Гб. Эти квадрокоптеры в основном предназначены для поддержки гражданских и военных объектов под постоянным наблюдением, ведения военной разведки и для получения высококачественных изображений с разрешением «4К» и «Full HD» (рис. 3а и 3б) [11–15].

Представляет интерес управление мультикоптером AR Drone с помощью связи Wi-Fi (уклонение устройств IPAD, iPod Touch или iPhone в стороны). Подъем, спуск и поворот выполняется виртуальным джойстиком на экране. Квадрокоптер оснащен двумя камерами. Корпус изготовлен из композитного материала. Устройство в соответствии с комплектацией предлагается пользователям в двух различных корпусах: предназначенные для полета в закрытых местах (с круговой защитой винтов) и в полевых условиях (корпус с открытым винтом). Продолжительность работы аккумуляторов составляет примерно 12 минут [21–22].

Мультиротационные БПЛА разделяют на две группы: коммерческого и некоммерческого назначения [1, 12].

На фоне производства в Европе, Америке и других странах количество моделей квадрокоптеров произ-



Рис. 3. Мультикоптеры DJI Inspire 1 (а) и DJI Phantom 4 (б)

водства России очень мало. Производимый российской компанией «HELK» 6-ти роторный мультикоптер «Колibri» изготовлен на основе БПЛА [23]. Аппарат управляется одним оператором из НСУ (мобильный компьютер, ГЛОНАСС/GPS и передаточно-приемная сигнальная антенна). На экран мобильного компьютера передается цифровая карта территории (местности), координаты местоположения оператора и БПЛА, маршрут движения и видеоизображение. Во время транспортировки мультикоптер может уменьшаться в размере за счет складывания рукавов. В дополнение к устройству в качестве полезной нагрузки можно установить устройства и датчики для сбора радиотехнической информации и введение биологического и химического мониторинга окружающей среды. Этот комплекс может применяться в военных, полицейских, пограничных и противопожарных службах. Устройство может выполнять полет в течение 30 минут на высоте 300 м со скоростью 50 км/ч. Его вес в зависимости от модификации меняется от 1,5 кг до 2 кг, а грузоподъемность составляет 800 г [23].

В 2010 году компания «ZALA AERO» представила пользователям 6-роторный БПЛА Zala 421–21 на базе модели Mikrokopter.DE. Устройство способно летать на высоте до 10÷1000 м, на расстояние 5 км в течение 30 минут, брать 0,5 кг полезной нагрузки и совершать полет с помощью НСУ. Устройством можно управлять в закрытых местах без GPS-сигнала в полуавтоматическом режиме.

БПЛА может совершить посадку в заранее определенное место и наблюдать за целью в режиме экономии энергии, а так же при чрезвычайных ситуациях предназначен для ведения фото и видео записи, контроля за сельским хозяйством и оперативного картографирования [24].

Ранее в нашей стране возникали трудности в получении разрешения от Управления Гражданской Авиации для проведения видеонаблюдений с помощью беспилотных летательных аппаратов. Но в последние годы устранены барьеры на пути получения этих разрешений, создана законодательная база и сформирован профессиональный персонал.

В нашей стране исследовательские работы в этом направлении начаты в Национальной Авиационной Академии и успешно продолжается по сей день [2]. В настоящее время действующие в нашей стране крупные компании и правоохранительные органы начали использовать эффективность мультикоптеров, а так же стараются применять в своей повседневной деятельности.

ВЫВОД

БПЛА типа мультикоптера будучи очень удобными по летным, тактико-техническим и эксплуатационным характеристикам, универсальности и простоты, наряду с замещением БПЛА по традиционной вертолетной схеме, стали неотъемлемым инструментом служебной деятельности правоохранительных органов, соединений специального назначения, средств массовой информации, фото и киноиндустрии. Так, принимая во внимание растущий интерес к этому типу летательных аппаратов, требования, предъявляемые к проектированию и разработке новых мультироторных беспилотных летательных аппаратов должны включать в себе следующее:

1. Использование легких диэлектрических композитных материалов.
2. Обеспечение максимальной высоты и скорости полета.
3. Обеспечение устойчивого и надежного сопротивления против ветра
4. Использование, насколько это возможно, легких аккумуляторов с большой емкостью с целью увеличения длительности полета.
5. Полная автоматизация процесса полета путем создания специального программного обеспечения.
6. С целью расширения использования мультикоптеров в областях военной разведки и гражданского назначения, расширение возможностей снабжения в качестве полезной нагрузки дневными и ночными (ИК) тепловизионными камерами с высоким разрешением, газоанализаторами, миноискателями, метеорологическими приборами, средствами условного носителя «груза» и радиоразведки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мультикоптеры: Новый Вид. www.uav.ru
2. Набиев Р.Н., Газарханов А. Т., Гараев Г. И., Широных У. Т., Гамидли Ф. Ф. Методы использования мультикоптера в военных целях // № 1, Статьи Национальной Авиационной Академии, 2015. Ст. 21–28.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
4. Контроллеры бесколлекторных двигателей. www.multicopter.ru
5. Ситников Д.В., Бурьян Ю. А., Русских Г. С. Система управления движением мультикоптера. — Омск.: Омский государственный технический университет. Монография, 2012, 5с.
6. Селиванова Л.М., Шевцова Е. В. Инерциальные навигационные системы, Часть 1. Одноканальные инерциальные навигационные системы. — М.:2012, 49с.
7. Соловьев В.И., Шабалов П. Г. Инерциальные навигационные системы.-Самара.: 2011,74с.
8. <http://wiki.mikrokoetter.de/en/HexaKoetter>.
9. <https://www.linkedin.com/company/microdrones-gmbh>.
10. Тумуров Э.Г., Шелехов В. И. Требования к системе управления квадрокоптером, Институт систем информатики СО РАН: System Informatics (Системная информатика), No. 5–2015/39–54с.
11. «Хозяин, напиши для нас приложение». Требуется разработчик софта и железа для дронов DJI. //Блог «Хакспейс Neuron» на сайте habrahabr.ru. URL: <http://habrahabr.ru/company/neuronspace/blog/259527/> (дата обращения: 20.08.2015).
12. Универсальный многоцелевой беспилотный летательный аппарат на базе летающей платформы «Октокоптер Devorer D130 X8/A2». Авиаклуб Диар-Флай.: www.diarfly.ru
13. Шилов К. Е. Разработка системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. Труды МФТИ. — 2014. — Том 6, № 4. с. 139–152.
14. http://quadrocopter.ua/quadrocopters_copters/DJI-Phantom-4.
15. <http://coptertime.ru/copters/dji-inspire-1/inspire-1/>
16. <https://www.microdrones.com/en/products/md4-200/>
17. https://de.wikipedia.org/wiki/AirRobot_AR_100-B
18. <http://www.draganfly.com/>
19. <https://walterfarah.wordpress.com/tag/draganflyer-x4e4/>
20. <http://dronelife.com/cms/product/cyberQuad>
21. <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1326529>
22. https://ru.wikipedia.org/wiki/Parrot_AR.Drone
23. <http://airspot.ru/news/raznoje/multikoetter-quot-kolibri-6-quot-uspeshno-demons-trirovalsya-na-ucheniyah-mchs-rf-v-sochi>
24. <http://zala.aero/zala-421-21/>

© Набиев Расим Насиб оглу (nabiyevrasim@gmail.com), Абдуллаев Анар Ариф оглу (anarcafarov09@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ОПТИМАЛЬНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВОЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

OPTIMAL
DIGITALIZATION OF MILITARY
COMMUNICATION SYSTEMS

E. Isakov
A. Myakotin
S. Krivtsov
O. Gubsky

Summary. The paper considers prospects of development of communication systems, digitization of primary and secondary networks. This article describes the opportunity of principle of a development of military communication, based on the approaches and technical means not requiring the use of nodes much of the hardware structure, bulky antenna structures, extensive wired and feeder lines, bulky jumper and switches on the principle of digital-to-analog and analog-to-digital conversion when using low-power transmitting devices, narrow-band and super narrow-band modes of operation.

Keywords: system of military communications, digitization, digital-to-analog conversion, analog-to-digital conversion, digital transmission systems, email, bandwidth, electromagnetic compatibility

Исаков Евгений Евгеньевич

Д.т.н., с.н.с., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Мякотин Александр Викторович

Д.т.н., профессор, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Кривцов Станислав Петрович

Старший преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»

Губская Оксана Александровна

*Старший лейтенант, курсовой офицер-преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военный институт физической культуры»
oksanochka23932393@mail.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы развития системы связи, цифровизация первичных и вторичных сетей связи. Статья описывает возможность принципиального иного развития систем военной связи, построенной на основе подходов и технических средств, не требующих применения узлов связи много аппаратного состава, громоздких антенных сооружений, протяженных проводных и фидерных линий, громоздкого кроссового и коммутационного оборудования на принципе цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования при использовании маломощных предающих устройств, узкополосных и сверх узкополосных режимов работы.

Ключевые слова: система военной связи, цифровизация, цифро-аналоговое преобразование, аналого-цифровое преобразование, цифровые системы передачи, электронная почта, пропускная способность, электромагнитная совместимость.

В Вооруженных Силах РФ проходит активный процесс реформирования, в том числе и в Войсках связи. При этом основой будет выступать глобальная (пространственно-разнесенная) информационная сеть, создаваемая на базе имеющихся и перспективных сетей связи и передачи данных на основе применения современных телекоммуникационных технологий и обладающая высокими оперативно-техническими характеристиками. Такая сеть должна обеспечить непрерывный и единообразный обмен информацией для всех систем и средств, используемых в мирное время и при ведении боевых действий[1].

В последние годы цифровизация, ранее охватившая в основном гражданские системы связи, все больше и больше проникает в систему связи Вооруженных Сил (ССВС). При этом, не в полной мере учитываются ее отличительные особенности.

Между тем ССВС — сложная иерархическая структура, состоящая из большого множества си-

стем связи по звеньям управления, существенно различающихся по оперативно-тактическим условиям функционирования, предъявляемым функциональным требованиям и коренным образом отличающихся от гражданских систем. Поэтому, нельзя подходить к цифровизации огульно, без учета специфики ее подсистем и без оценки последствий.

Предлагаемый ниже для обсуждения рациональный подход к цифровизации систем военной связи (СВС) обеспечивает, на наш взгляд, учет, как ее достоинств, так и недостатков.

Предварительно следует условиться об основных понятиях.

Под цифровизацией СВС будем подразумевать процесс внедрения в них цифровых методов и средств передачи и обработки информации, а также контроля и управления системой.

Цифровые методы передачи информации реализуются с помощью цифровых систем передачи (ЦСП) в первичных сетях связи (ПСС), а цифровые методы ее обработки в целях повышения достоверности, пропускной способности каналов, коммутации, засекречивания и др., — во вторичных сетях.

Следовательно, надо различать цифровизацию первичных и вторичных сетей. Поскольку дискуссионной является целесообразность цифровизации первичных сетей СВС, то именно она рассматривается в статье.

Возражения против повсеместного перехода в СВС от аналоговых к ЦСП обусловлены возникающими при этом существенными негативными последствиями. Главные из них заключаются в многократном расширении спектра частот электросигнала и в появлении каналов синхронизации, влекущими за собой другие недостатки, которые в совокупности значительно ухудшают качество СВС, с точки зрения предъявляемых требований.

Напомним, что в современных войнах воюющие стороны проводят специальные мероприятия по целенаправленному выводу из строя системы управления и связи противника, которые являются составной частью каждой боевой операции. Для этого агрессор выделяет столько сил и средств разведки, РЭБ и огневого поражения, сколько требуется для надежного достижения цели. Это новая закономерность вооруженной борьбы.

Поэтому, резко возросли такие требования к СВС, как их разведзащищенность, помехоустойчивость, живучесть в смысле устойчивости против воздействия противника и быстрой восстанавливаемости, мобильность в смысле быстроты развертывания, свертывания и перемещения системы, ее узлов и средств связи, а также к множеству и другим составляющих ее устойчивости (автономности, контролируемости, управляемости и пр.).

В рассматриваемых сложнейших для управления войсками условиях бесперебойная связь становится практически недостижимой. Задачей связистов является осуществление своевременной доставки появляющихся в процессе управления только важнейших сообщений, команд, приказов и кратких донесений. Длительная, или частая работа радиоизлучающих средств пунктов управления, даже с перестройкой частот, будет недопустимой. Следовательно, требования о большой пропускной способности СВС, о реализации в них всех видов связи для современных условий вооруженной борьбы являются устаревшими.

В условиях прогнозируемых войн на Юге России и просторах Сибири и Дальнего Востока, важное значе-

ние будут иметь такие требования, как малые массогабаритные характеристики и малое энергопотребление, так как они в большой мере будут определять реальную возможность своевременного развертывания и обеспечения длительной работы полевых систем связи фронтов и армий.

Из требований к системам связи вытекают следующие требования к военным средствам и комплексам связи (ВСКС):

- ◆ иметь особо малые линейные размеры, размещаться в экранированных упаковках, хорошо противостоящим полям ЭМИ (защита от поражающих электромагнитных воздействий);
- ◆ применять в составе радиолиний маломощные (до 1...10 Вт.) и особо маломощные (до 10...100 мВт) передающие устройства (защита от средств разведки, обеспечение электромагнитной совместимости и автономности);
- ◆ применять узкополосные и сверх узкополосные (до десятков Гц) режимы работы радиосредств (обеспечение ЭМС, разведзащищенности и помехозащищенности связи);
- ◆ применять широкодиапазонные, многодиапазонные и многочастотные радиосредства с быстрой сменой частот и частотных диапазонов (защита от средств РЭВ и ВТО, обеспечение ЭМС со средствами РЭБ);
- ◆ использовать для радиосвязи частотные диапазоны и полосы частот, электромагнитно недоступные для средств радиоразведки и средств РЭВ (частоты выше 25...50 ГГц);
- ◆ допускать размещение базовых средств связи в малогабаритных контейнерах для быстрой их доставки к местам развертывания с применением войсковых вертолетов и иных летательных аппаратов (обеспечение мобильности и автономности);
- ◆ обеспечивать работу короткими сеансами связи в режимах быстрогодействия (единицы минут) и сверх быстрогодействия (защита от средств разведки, обеспечение ЭМС и автономности);
- ◆ строить военные сети на основе подходов и технических средств, не требующих применения узлов связи много аппаратного состава, громоздких антенных сооружений, протяженных проводных и фидерных линий, громоздкого кроссового и коммутационного оборудования и пр. (защита от всех видов разведки, от поражающих воздействий ВТО и ЭМИ, обеспечение мобильности и автономности);
- ◆ создавать ВСКС на принципах, обеспечивающих достаточно экономную подготовку в отношении связи возможных театров военных действий.

Таблица 1. Сопоставление АСП и ЦСП по некоторым показателям в относительно условных единицах

Тип системы передачи	АСП	ЦСП
Виды сигналов	Непрерывные	Дискретные (цифровые)
Синхронизация на внутриузловом (станционном) уровне	Не нужна	Необходима
Синхронизация на канальном, линейном, сетевом и межсетевом уровнях	Не нужна	Необходима
Полоса частот (в относительных условных единицах)	1	$\geq 20 \dots 100$
Верхняя частота линейного спектра	1	$\geq 20 \dots 100$
Вид связи	Безпороговый	Пороговый
Возможное число параметров контроля	Бесконечно велико	Ограничено (3...5)
Динамический диапазон	Бесконечен	Ограничен
Помехозащитность при импульсных помехах	1	10–3... 10–5
Автоматическое изменение скорости передачи по каналам	Реализуемо	Не реализуемо
Применение способов помехоустойчивого кодирования сигналов	Реализуемо	Реализуемо
Применение засекречивания каналов синхронизации для защиты от навязывания ложной информации	Нет необходимости	Не реализуемо
Применение засекречивания каналов управления пропускной способностью (канальным ресурсом) на сетевом уровне	Реализуемо	Практически не реализуемо
Использование кабельных линий в направляющих системах	Без ограничений	В ограниченных случаях
Использование волоконно-оптических линий	Без ограничений	Без ограничений
Использование в составе радиолиний (КВ, РРЛ, ТРЛ и др.)	Без ограничений	В ограниченных случаях
Использование проводных линий для подключения аппаратуры	Без ограничений	В ограниченных случаях
Возможные разрешающие свойства подсистем АСУС при контроле параметров каналов и связи по технологическим характеристикам	Близки к идеальным	Низкие
Стоимость средств метрологического контроля	1	2...5
Стоимость программных средств оборудования	1	10...100
Стоимость аренды каналов у гражданских предприятий связи	1	5–10
Особенность организационных мероприятий при промышленном производстве и развертывании оборудования	Не требуется радикальной реконструкции	Требуется радикальная реконструкция
Стоимость оборудования и сопрягаемых средств	1	5...10

Из приведенного перечня следует, что основу современных (перспективных) ВКС должны составлять узкополосные, многочастотные и широкодиапазонные средства радиорелейной, тропосферной, спутниковой и коротковолновой радиосвязи с относительно низкими значениями выходной мощности их передатчиков ($P_{\text{прд}} \leq 1 \dots 10 \text{ Вт}$).

Для дальнейшего анализа приведем в сопоставлении основные свойства АСП и ЦСП [2,3], сведя их для удобства обозрения в таблицу 1

Анализируя свойства ЦСП и АСП с точки зрения приведенных требований к военным системам и средствам связи, нетрудно видеть, что несомненными преимуществами обладают аналоговые системы передачи.

Их содержание определяется изначально присущему АСП огромному (теоретически бесконечному) динамическому диапазону, обеспечивающему возможности для

передачи бесконечного многообразия форм непрерывных модулирующих сигналов в ограниченной полосе частот.

Это обеспечивает технические и технологические предпосылки для:

- ♦ постепенного наращивания пропускной способности АСП в заданной полосе частот за счет применения все более совершенной оконечной (абонентской) аппаратуры, использующей современные промышленные технологии для плотной «упаковки» информационных сигналов в ограниченной полосе частот (средства многоканальной модемной связи, средства видеосвязи по каналам ТЧ и пр.);
- ♦ уменьшения канальной емкости (по числу каналов ТЧ) применяемых в военной связи АСП с одновременным сохранением требований к их пропускной способности с целью сужения занимаемой полосы частот, снижения мощности

передатчиков, уменьшения массогабаритных показателей и энергопотребления линейного оборудования;

- ◆ дальнейшего расширения динамического диапазона самих АСП за счет применения современных технологических решений и элементной базы в данной области;
- ◆ постепенного (по мере совершенствования соответствующих технологий и средств) придания АСП свойств, отвечающих перечисленным выше требованиям к ВСКС.

Главное отличие ЦСП от АСП заключается в существенном ограничении их динамического диапазона за счет применяемых этапов дискретизации и кодирования информационных сигналов. Подобное ограничение сопровождается и многократным расширением занимаемой полосы частот. Теоретически, для сохранения присущего АСП динамического диапазона занимаемая линейным спектром ЦСП полоса частот оказывается бесконечно широкой.

Поэтому, ЦСП существенно уступают АСП в выполнении, прежде всего, наиболее важных требований к СВС, по разведзащищенности и помехозащищенности, а следовательно, живучести; в энергопотреблении радиоизлучающих средств, а следовательно, их мобильности и автономности.

Неприемлемость ЦСП для СВС становится еще более очевидной, если учесть еще один из главных их недостатков, необходимость синхронизации, причем не локальной на отдельных линиях, а во всей иерархии системы связи ВС, которая к тому же должна поддерживать синхронизацию с ВСС страны.

Легко себе представить, насколько облегчилась бы для противника задача вывода из строя цифровых ССВС.

Однако, как показывает практика проведения по данной проблематике семинаров в ВАС и в ряде других учреждений связи, с такой оценкой целесообразности «обратного перехода» в СВС от цифровых на аналоговые системы передачи согласны далеко не все военные специалисты — связисты. Значительная часть участников дискуссий мотивировали целесообразность перехода в СВС с АСП на ЦСП только тем, что якобы «во всем мире проводится цифровизация телекоммуникационных систем, значит и нам так надо. Другие сторонники цифровизации ссылались на применение ЦСП в СВС США, подчеркивая необходимость обеспечения паритета с ними наших аналогичных систем. Позиция отдельных специалистов определялась якобы технологическими преимуществами массового производства ЦСП. При этом, мало кто из участников семинаров был

осведомлен о том, что производственная технология АСП также не стоит на месте и по ряду позиций не только смыкается с техникой ЦСП, но и значительно (на несколько порядков) превышает функциональные возможности ЦСП.

Речь в данном случае идет об упущенной из вида национальной военной наукой и практикой способов построения аналоговых телекоммуникационных систем с использованием современных средств и методов цифровой обработки сигналов. Важно отметить, что ряд национальных частных компаний и предприятий ныне успешно присутствуют на рынке с реализацией на способах ЦОС ряда типов телекоммуникационных устройств, располагающих уникальными оперативно-техническими и эксплуатационными характеристиками. Однако, для военной науки и практики они продолжают оставаться «вещью в себе».

Из вышеизложенного следует, что по предъявляемым требованиям и условиям функционирования системы военной связи существенно отличаются от гражданских систем, поэтому подходы к их цифровизации должны быть принципиально разными. Если в гражданской системе связи, возможно, и целесообразна «глобальная» цифровизация, имея в виду все структурные элементы и протекающие в них процессы, то в ССВС подобная «глобальная» цифровизация не только не целесообразна, но, может быть, и не допустима.

Из вышеизложенного вытекает, что в ССВС по всей ее иерархии целесообразно осуществлять цифровизацию только вторичных сетей. Причем, она должна распространяться, преимущественным образом, на оконечную (терминальную, абонентскую) и промежуточную (коммутационную) аппаратуру, в локальных объемах которой не имеют принципиального значения (за счет совершенства применяемых технологий) существенные изменения динамического диапазона и занимаемой полосы частот при преобразовании непрерывных сигналов к цифровой форме и наоборот.

К числу возможных направлений подобной цифровизации могут быть отнесены такие, как:

- ◆ широкое применение средств модемной связи, обеспечивающих автоматическое изменение скорости передачи информации по каналам связи в зависимости от электрических параметров самих каналов и мощности наведенных помех. Продолжающееся быстрое совершенствование самих модемных устройств в области повышения их быстродействия (пропускной способности), помехозащищенности и многоканальности открывает все новые возможности для их расширенного применения в военной связи;

- ◆ применение средств факсимильной связи, располагающих возможностям для передачи информации при особо низких отношениях сигнал/шум за счет использования разрешающих свойств человеческого глаза;
- ◆ применение средств электронной почты, рассчитанной на передачу информации по существующим (аналоговым) каналам связи с использованием существующей и перспективной (на современных цифровых технологиях) аппаратуры засекречивания. Обеспечивает доставку информации как по «прямым», так и по автоматически формируемым в рамках вторичных сетей обходным маршрутам[2];
- ◆ применение цифровых способов обработки сигналов в оконечных (терминальных) устройствах для гарантированного засекречивания передаваемой информации, узкополосной частотной фильтрации для выделения сигналов из помех, помехоустойчивого кодирования, наращивания числа каналов и быстродействия (пропускной способности) в ограниченной полосе частот («уплотнения сигналов по форме») и т.п.
- ◆ применения цифровых технологий для построения малогабаритного (без применения реле) коммутационного оборудования, не требующего общесетевой и иной синхронизации;
- ◆ использования цифровых технологий для реализации функций автоматизированного контроля и управления вторичными сетями на аналоговом (каналы связи, линии привязки) и дискретном (терминальные устройства) уровнях.

Практика военной связи уже дает множество положительных примеров успешности подобной цифровизации. Все более широко используются средства модемной

и факсимильной связи, средства электронной почты с использованием типовой СА и каналов ТЧ. На «подходе» применение «одноплатной» аппаратуры гарантированного засекречивания, оборудования мультимедийной связи по каналам ТЧ, средств автоматизированного технологического контроля и управления сетями связи и др.

Характерным примером этому могут служить и успешное применение на ряде узлов связи МО специального малогабаритного технического средства на способах ЦОС, обеспечивающего одновременное формирование по одному каналу ТЧ до четырех телефонных каналов коммерческого качества.

Необходимо, также, отметить, что быстрое совершенствование средств и технологий в области построения аналоговых процессорных устройств, в обозримом будущем вполне может привести к результатам, обеспечивающим решение значительной части задач обработки и преобразования сигналов в оконечных устройствах без их преобразования к цифровой форме.

Что же касается цифровизации первичных сетей в смысле перехода от АСП к ЦСП, то она в СВС не должна быть глобальной, т.е. повсеместной во всей иерархии данной системы. В полевых системах связи и в мобильных компонентах стационарных СВС цифровизация первичных сетей и линий связи в общем случае, по нашему мнению, не целесообразна.

Вместе с тем, из изложенного следует, что проблема цифровизации ССВС, которой мы коснулись лишь частично, сложна и многогранна, поэтому для выработки предложений по ее решению требуется основательное ее исследование в специальной НИР с участием НИУ МО и промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривцов С.П., Микина Н. С. Совершенствование линий дистанционного управления передатчиками радицентра стационарного узла связи при использовании современных телекоммуникационных средств Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании // IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. тр. в 3 т. / под. ред. С. В. Бачевского. СПб.: СПбГУТ, 2016. С. 282–285.
2. Кривцов С. П. Перспективы развития системы управления стационарным узлом связи, оснащённой новыми инфотелекоммуникационными средствами // IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. тр. в 3 т. / под. ред. С. В. Бачевского. СПб.: СПбГУТ, 2016. С. 286–289.

© Исаков Евгений Евгеньевич, Мякотин Александр Викторович,

Кривцов Станислав Петрович, Губская Оксана Александровна (oksanochka23932393@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗВУКОВЫХ ТРАКТОВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

METHOD OF OBJECTIVE ASSESSMENT OF AUDIO QUALITY OF COMPACT SOUND SYSTEMS

**M. Pakhomov
V. Rognov
U. Kovalgin**

Summary. Presented a method of objective assessment of audio quality, which allows mapping the objective characteristics of distortion on the generalized evaluation of the quality in terms of the listening preferences

Keywords: objective assessment of sound preference.

Пахомов Михаил Олегович

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
Им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
mpakhomov39@gmail.com

Рожнов Виктор Сергеевич

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
Им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Ковалгин Юрий Алексеевич

Д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Аннотация. Изложены метод объективной оценки качества звуковых трактов мобильных устройств, основанный на учете особенностей слухового восприятия, и результаты его экспериментальной проверки на реальных звуковых сигналах, подтверждающие высокую точность, полученных с его помощью результатов с данными субъективно-статистических экспертиз.

Ключевые слова: объективная оценка качества звучания

Введение

Представленный в работе метод позволяет проводить объективную оценку качества звуковых трактов (ЗТ) мобильных устройств. В его основе лежит оригинальная психоакустическая модель, учитывающая особенности слухового восприятия. Реализован метод объективной оценки качества (МООК) ЗТ мобильных устройств в виде программы оценки качества (ПОК). В начале программой оценки качества (ПОК) рассчитываются объективные характеристики воспринимаемого слушателем сигнала — выходные переменные модели оценки качества (MOV, Model Output Variables). Далее с помощью искусственной нейронной сети (ИНС) проводится взвешивание полученных значений MOVs. После обучения ИНС и получения набора весовых коэффициентов для каждой из характеристик сигнала ПОК готова к практической работе. Результаты экспериментов подтверждают высокую точность оценки качества звуковых трактов мобильных устройств.

Искажения звуковых сигналов (ЗС), возникающие при их прохождении через ЗТ мобильных устройств, могут быть разделены на линейные (частотные и фазовые), динамические, нелинейные и переходные. В рамках данного МООК было решено ограничиться учетом частотных (ЧИ), динамических (ДИ) и нелинейных (НИ) искажений,

как наиболее сильно влияющих на качество звучания мобильных устройств. Звуковые тракты мобильных устройств, как правило, работают в режимах близких к предельно возможным значениям, необходимым для создания требуемого при комфортном прослушивании звукового давления, что приводит к значительным нелинейным и динамическим искажениям.

Переходные искажения (ПИ) более характерны для полноразмерных акустических систем. Они наиболее заметны на низких частотах и на головках громкоговорителей с тяжелой подвижной системой. Ввиду крайне малой массы подвижной части головки громкоговорителя (от 20 до 40 мг) в мобильных устройствах и невысокой их добротности, переходные процессы обычно протекают не дольше 1–2 периодов колебаний (их длительность не превышает 3–10 мс) и, как правило, не заметны на слух.

В числе искажений воспроизводимого сигнала также следует отметить фазовые искажения (ФИ). Одной из причин их появления является использование нескольких излучателей в одной акустической системе. Разнесение головок громкоговорителей в пространстве и использование частотных фильтров приводит к нелинейной фазо-частотной характеристике (ФЧХ). Однако в случае мобильных устройств эти факторы не являются актуальными, так как их линейные размеры очень

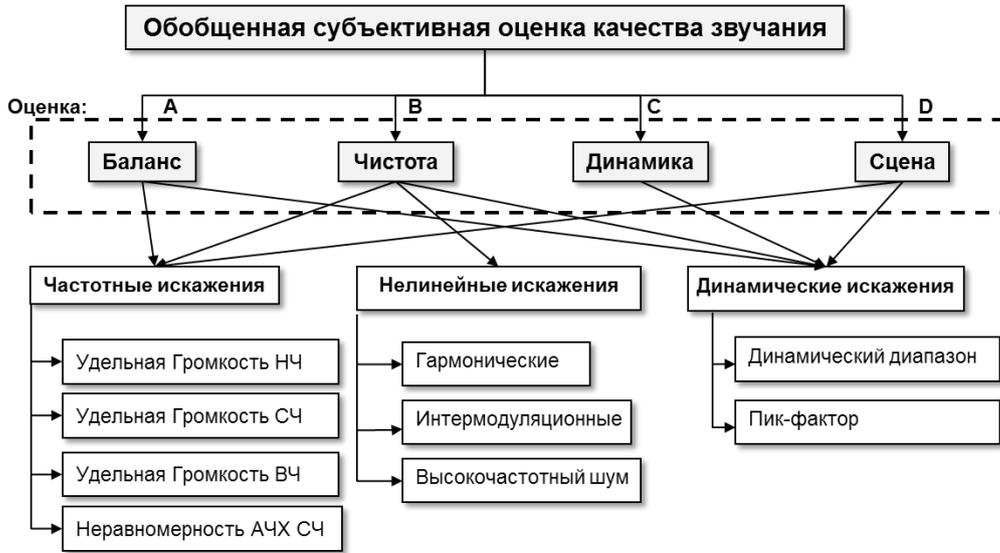


Рис. 1. Связь между субъективными оценками качества и объективными характеристиками сигнала искажений

малы, кроме того большинство *мобильных устройств* использует единственный широкополосный излучатель [5]. Предварительные исследования показали, что ФИ можно не учитывать при оценке качества звучания мобильных устройств.

1. Искажения сигналов в звуковых трактах мобильных устройств и критерии для их оценки

В основе разработанной психоакустической модели МООК лежит идея отдельной оценки искажений, вызванных разными факторами, с последующим их объединением в обобщенную оценку качества звучания одним числом. Выше уже был обоснован выбор типов искажений, учитываемых в МООК, здесь же рассмотрим выбор выходных переменных психоакустической модели (ПАМ), на основе которых будет вычисляться обобщенная объективная оценка качества звучания.

При проведении субъективно-статистических экспертиз (ССЭ) группа экспертов прослушивает репрезентативный набор музыкальных отрывков, каждый из которых наилучшим образом дает представление о том или ином виде искажений, вносимых в сигнал ЗТ мобильного устройства. Общая субъективная оценка качества звучания вычисляется на основании набора оценок по каждой из частных характеристик, определяющих качество: баланс, сцена, чистота и динамика. Общий принцип взаимосвязи между отдельными характеристиками ЗС, отобранных для тестирования ЗТ мобильных устройств, и обобщенной субъективной оценкой качества звучания представлен на рис. 1.

Мобильные устройства обычно оборудованы звуковыми процессорами, в которых сигнал подвергается дополнительной обработке для компенсации тех или иных недостатков. Чаще всего применяется сжатие динамического диапазона ЗС, при этом отношение амплитуд входного и выходного сигналов обычно имеет нелинейный характер. Также применяются статические и динамические эквалайзеры. В результате, выделение тех или иных искажений из ЗС, обработанного в звуковом тракте мобильного устройства, представляется чрезвычайно трудной задачей.

Рассмотрим подробнее основные виды искажений, возникающих в ЗТ мобильных устройств и выбранные методы для количественной оценки их величины.

1.1. Нелинейные искажения

Известно, что традиционные методы объективной оценки нелинейных искажений (НИ) имеют весьма слабую корреляцию с субъективной оценкой качества звучания. Причиной этого является либо отсутствие в применяемом методе учета психоакустических факторов, либо неадекватная слуховому восприятию процедура выделения сигнала нелинейных искажений из тестового сигнала [1,2]. Несмотря на относительно незначительный энергетический вклад НИ в общий сигнал искажений они могут приводить к существенному снижению субъективной оценки качества звучания.

Основная идея разработанного метода оценки влияния НИ на качество звучания заключается в том, чтобы чувственную (perceptual) субъективную оценку качества воспроизведения проводить на оригинальных (специально отобранных) музыкальных сигналах, а соответ-

ствующую объективную оценку — с использованием искусственного многотонального сигнала, созданного на основе оригинальных музыкальных сигналов. Известно [7], что величина и спектр НИ, вносимых ЗТ мобильных устройств, зависят от характеристик самого музыкального сигнала. Следовательно, многотональный сигнал должен обладать схожим спектральным составом с оригинальным музыкальным сигналом, т.е. огибающие спектра мультитонального и исходного сигналов должны быть одинаковыми в каждый текущий момент времени. В своей базовой части алгоритм получения многотонального сигнала основан на процедурах обработки ЗС в психоакустической модели 1 стандарта MPEG-1 ISO/IEC11172-3 [8]. Методике его получения, а также и процедурам оценки нелинейных искажений с его помощью ранее были посвящены статьи [1, 2].

Используемый в данном случае метод обнаружения и слуховой оценки величины искажений в выходном сигнале мобильного устройства основан на процедурах, реализуемых в психоакустических моделях DIX, PEAQ. В качестве выходных переменных модели выступают вычисленные для всех выборок ЗС и усредненные по времени отношения шум-маска (NMR) для трех частотных диапазонов (низкие, средние и высокие частоты), относительное количество сильно искаженных выборок (Relative Disturbed Frames), вероятность обнаружения искажений и среднее искажение сигнала выборки.

1.2. Частотные искажения

В настоящее время объективная оценка частотных искажений, вносимых мобильными устройствами, в основном ограничивается измерением неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и ширины эффективно-воспроизводимого диапазона частот [3].

Особенности конструкции мобильных устройств предполагают установку одного или, в крайнем случае, двух широкополосных громкоговорителей. При этом нижняя граница эффективного диапазона воспроизводимых частот находится обычно в районе 200 Гц, верхняя граница — около 14 кГц.

Эффективно воспроизводимый частотный диапазон обычно разделяют на несколько поддиапазонов с точки зрения восприятия музыкального материала:

- ◆ низкочастотный (160 Гц — 500 Гц, 3–5 барк);
- ◆ низкий средний (500 Гц — 1,2 кГц, 6–10 барк);
- ◆ высокий средний (1,2–3,7 кГц, 11–17 барк);
- ◆ высокий (3,7–9,5 кГц, 18–22 барк);
- ◆ сверхвысокий (выше 9,5 кГц, 23–24 барк).

Величины частотных искажений вычисляются на основе расчета разницы между энергиями референсного

и воспринимаемого слушателем сигналов в соответствующих полосах частот. Предварительно сигналы выравниваются по уровню энергии в опорном частотном диапазоне (800 Гц — 4 кГц). Для вычисления энергий в указанных выше полосах частот используемые сигналы разбиваются на выборки, длительностью каждая около 50 мс и для них вычисляется энергия в каждом частотном поддиапазоне E_{sb} по формуле:

$$E_{sb}(Z, n) = 10 \cdot \lg \sum_{k \in n} 10^{x(k)/10}, \quad (1)$$

Здесь и ниже n — номер выборки, Z — номер анализируемого частотного диапазона, $x(k)$ — уровень k -той спектральной компоненты в дБ.

Разница в энергии между референсным и воспроизводимым ЗТ сигналами в анализируемой полосе частот вычисляется по формуле:

$$dE_{sb}(Z, n) = E_{sb(test)}(Z, n) - E_{sb(ref)}(Z, n), \quad (2)$$

В соответствии с принятым разделением диапазона частот необходимо вычислить 5 выходных переменных, характеризующих разницу энергий в соответствующих субполосах: dE_{Low} , dE_{LowMid} , dE_{Mid} , dE_{High} , dE_{UHigh} .

Неравномерность АЧХ внутри поддиапазонов частот также оказывает влияние на субъективную оценку, причем, как показывают экспертные прослушивания, наиболее сильно для речевого диапазона частот (300 Гц — 3 кГц). Для данного диапазона частот критичными являются отклонения АЧХ от средней линии как в сторону усиления отдельных частот, так и в сторону ослабления.

В качестве критерия для оценки влияния неравномерности АЧХ на слуховое восприятие ЗС было решено использовать величину среднего отклонения, вычисляемую по формуле:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| Spl_{test}(i) - \overline{Spl}_{test}(i) \right|, \quad (3)$$

где $Spl_{test}(i)$ — усредненное звуковое давление для i -й субполосы, $\overline{Spl}_{test}(i)$ — среднее значение звукового давления в оцениваемом диапазоне частот. Субполосы, в которых происходит усреднение, выбираются как половины критических полос слуха, входящих в оцениваемый диапазон частот.

1.3. Динамические искажения

Очевидно, что результат работы компрессора динамического диапазона (КДД), а вместе с этим и уровень вносимых в сигнал динамических искажений, зависит

не только от амплитудных и временных параметров КДД, но и от характеристик самого сигнала. Также на воспринимаемый динамический диапазон сигнала, воспроизводимого звуковым трактом (ЗТ), оказывает сильное влияние форма АЧХ оцениваемого ЗТ мобильного устройства.

Таким образом, для комплексного учета всех ДИ недостаточно знания только параметров устройства. Для обеспечения высокой корреляции объективной и субъективных оценок необходимо анализировать записи сигналов, которые использовались при проведении субъективно-статистических экспертиз (ССЭ). В качестве выходных переменных модели оценки качества решено использовать разницу в величине воспринимаемого динамического диапазона (ДД) для референсного и воспроизводимого ЗТ мобильного устройства сигналов и разницу между значениями пик-факторов для соответствующих отрезков этих сигналов.

Для оценки динамических искажений вычисляется распределение громкости референсного и тестового сигналов во времени (на основе алгоритма вычисления громкости, предложенного [8]). Далее происходит определение минимальной, максимальной и средней громкости каждого сигнала. Разница между максимальной и минимальной громкостями каждого сигнала определяет воспринимаемый динамический диапазон, а разница между максимальной и средней громкостью — значение пик-фактора.

Выходными переменными модели оценки качества являются разница воспринимаемых ДД и значениях пик-фактора воспроизводимого ЗТ и референсного сигналов.

2. Оценка отдельных видов искажений

Испытания МООК проводились на базе акустической лаборатории филиала корпорации LG Electronics inc. в Санкт-Петербурге. В качестве экспертов выступали шесть сотрудников компании, прошедшие предварительный отбор на предмет выявления дефектов слуха и обучение у профессионального эксперта в области музыкальной акустики. Средний возраст экспертов составил 28,5 лет. В качестве испытательных сигналов использовались звуковые отрывки, рекомендованные экспертом для проведения ССЭ и позаимствованные с диска EBU SQAM. Все фонограммы были представлены в формате Windows PCM, частота дискретизации 44,1 кГц и разрядность 16 бит/отсчет.

Шкала оценки качества, используемая в МООК, соответствует пятибалльной шкале, применяемой обычно при проведении ССЭ. При этом получаемые оценки

качества лежат в интервале от 1 до 5 баллов, где 1 балл соответствует наиболее предпочтительному качеству звучания, а 5 баллов соответствует звучанию, оцененному как наиболее плохое для представленного набора тестовых фонограмм.

Проведенные испытания можно разделить на два основных этапа, каждый из которых разделяется на составляющие. На первом этапе проводятся ССЭ для отдельной оценки частотных, нелинейных и динамических искажений (разд. 2). На втором этапе комплексной субъективной оценке качества подвергались звуковые тракты мобильных устройств из референсного их набора.

2.1. Частотные искажения (ЧИ)

В субъективной оценке ЧИ представлены в двух частных оценках качества звучания (рис. 1): баланс и сцена. Баланс характеризуется соотношением энергий воспроизводимого ЗТ мобильного устройства сигнала в разных полосах частот, а сцена равномерностью АЧХ и шириной эффективного диапазона частот.

Для моделирования частотных искажений и статистической обработки результатов ССЭ были использованы коммерческие программные продукты: Adobe Audition 6.0 и MS Excel 10.

Программа исследования ЧИ состоит из двух частей: моделирование изменения общего количества энергии ЗС в диапазоне частот и моделирование неравномерности распределения энергии ЗС внутри полного диапазона отдельно для низких средних и высоких средних частот.

Для проведения процедуры субъективного ранжирования музыкальных сигналов по величине ЧИ был разработан набор фильтров, моделирующих частотные искажения в соответствующих полосах (рис. 2) и подготовлен набор тестовых фонограмм, представляющих собой референсную фонограмму, обработанную описанными выше цифровыми фильтрами.

Экспертам предлагалось ранжировать фонограммы, имеющие разницу в одном из частотных диапазонов по предпочтительности. Наиболее предпочтительное звучание получило оценку 1 балл, наименее предпочтительное 5 баллов. Ниже приведены зависимости субъективных оценок экспертов от величины разницы энергии сигнала в соответствующей полосе.

На заключительном этапе эксперты оценивали звучание фонограмм, имеющих разницу в уровне энергий в нескольких диапазонах частот одновременно. Всего

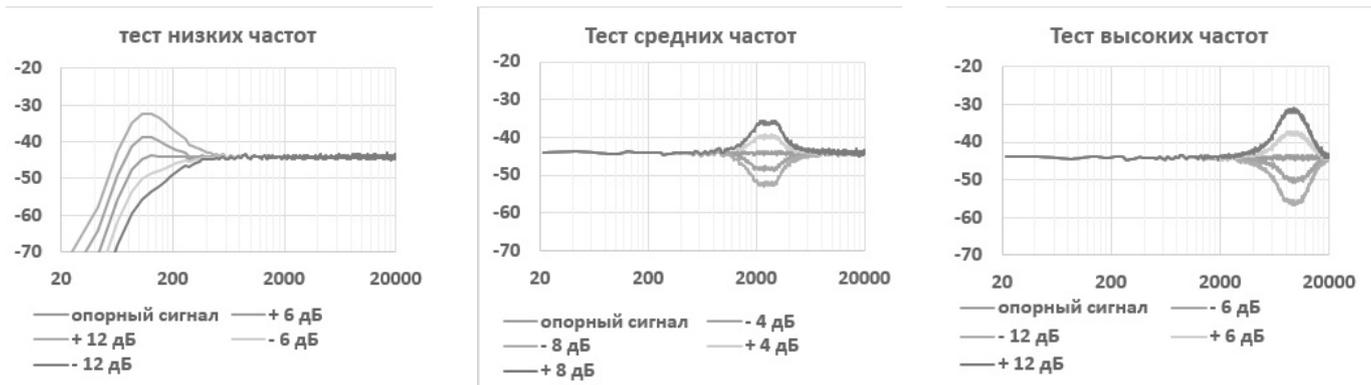


Рис. 2. Результаты применения фильтров к белому шуму

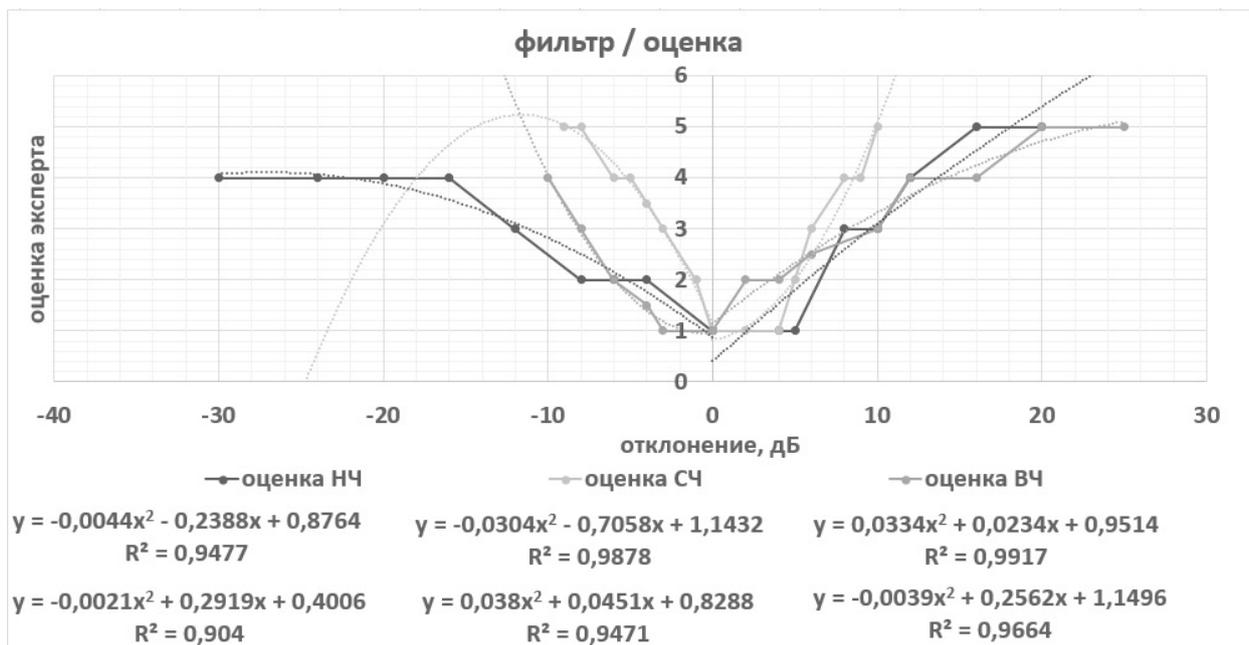


Рис. 3. Зависимости экспертных оценок от величины ЧИ в отдельной полосе частот

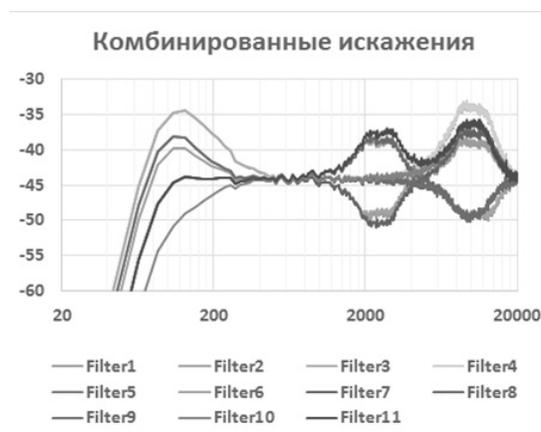


Рис. 4 АЧХ фильтров для оценки комбинированных искажений

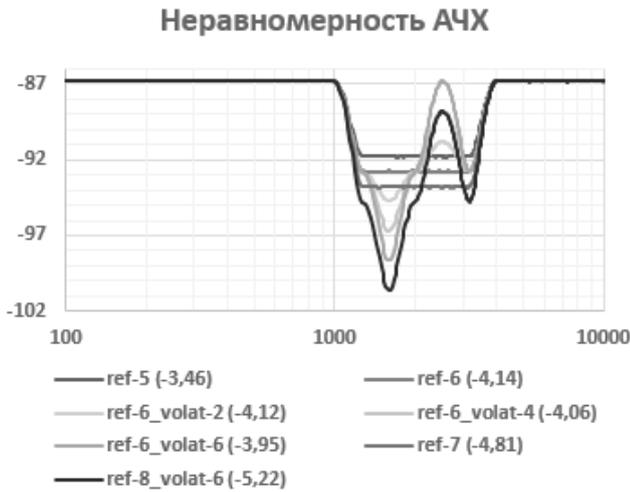


Рис. 5 Примеры АЧХ фильтров для оценки влияния неравномерности на оценки эксперта

было подготовлено около 50 различных комбинаций, некоторые примеры АЧХ приведены на рис. 4.

Поскольку других искажающих сигнал факторов при этом не имеется, то обобщенная оценка ЧИ зависит только от значений частных оценок (Bal_{low} , Bal_{mid} , Bal_{high} , Bal_{ulhigh}), умноженных на соответствующие весовые коэффициенты:

$$Bal_{Low} \cdot W_{Low} + Bal_{Mid} \cdot W_{Mid} + Bal_{High} \cdot W_{High} + Bal_{UHigh} \cdot W_{UHigh} = Bal_{total} \quad (4)$$

где

$Bal_i = a_i \cdot dE_i^2 + b_i \cdot dE_i + c_i$; a_i , b_i , c_i — соответственно коэффициенты полинома для аппроксимации оценки качества в зависимости от разницы энергии в поддиапазоне (рис. 2), W_i — весовой коэффициент для i -го диапазона, i — номер поддиапазона.

Для оценки влияния неравномерности АЧХ ЗТ мобильных устройств на качество звучания был подготовлен набор сигналов, различающихся величиной среднего отклонения АЧХ в выбранном диапазоне, при этом общий уровень энергии в соответствующих полосах был выбран одинаковым.

В результате экспериментов было установлено, что незначительное влияние на качество звучания оказывает только неравномерность АЧХ в диапазоне средних частот (рис. 5).

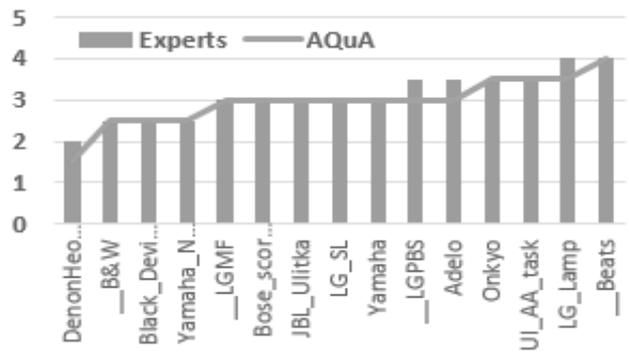


Рис. 6 Корреляция субъективных и объективных оценок баланса звучания

Таблица 1. Весовые коэффициенты

Диапазон	Вес
Низкие частоты	0,293
Средние частоты	0,49
Высокие частоты	0,128
Сверхвысокие частоты	0,088

Для остальных диапазонов встречающаяся в реальных устройствах неравномерность АЧХ не оказывает заметного влияния на субъективную оценку.

Таким образом, было принято решение учитывать влияние неравномерности АЧХ только в диапазоне средних частот как некоторую добавку (Dev_{mid}) к оценке Bal_{mid} .

После завершения ССЭ полученные результаты были загружены в искусственную нейронную сеть для получения значений весовых коэффициентов, представленных ниже в табл. 1.

Сравнительные результаты, полученные ССЭ и МООК, для оценки баланса звуковой картины приведены на рис. 6, подтверждают их высокую корреляцию.

2.2. Нелинейные искажения

В субъективной оценке нелинейные искажения представлены в одной частной оценке качества звучания (рис. 1): прозрачность.

Референсные музыкальные сигналы воспроизводились тестируемыми устройствами с разными уровнями громкости в безэховой камере. Поскольку величина нелинейных искажений зависит от уровня воспроизведения, то изменение уровня громкости на тестируемом устройстве позволяет получить несколько записей с разным уровнем искажений. В результате для последующего анализа и оценки были отобраны около 50

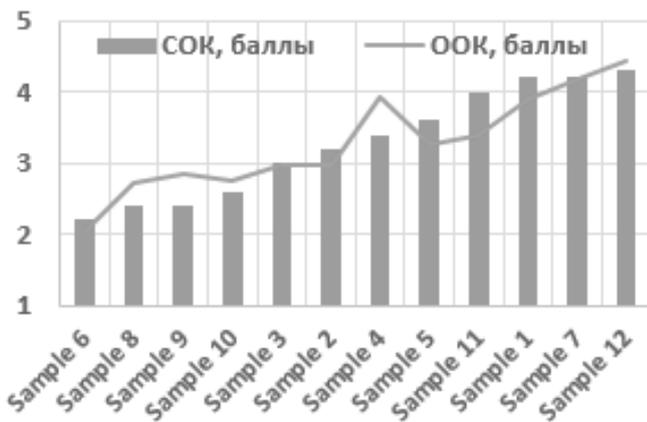


Рис. 7 Субъективная оценка качества (СОК) (синий) и объективная оценка качества (ООК) (красный) для записей на различных устройствах

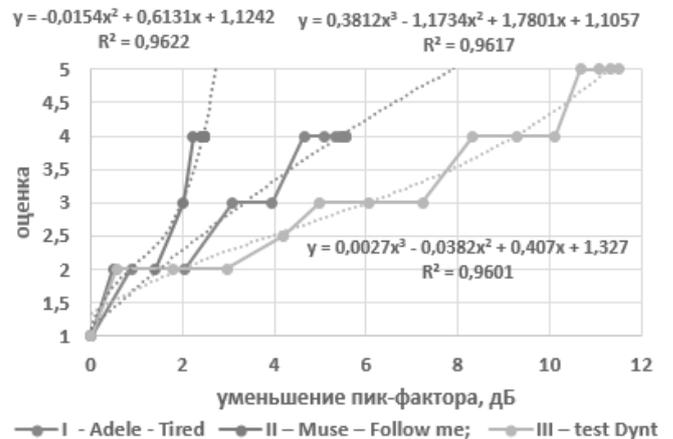


Рис. 8. Зависимость субъективной оценки от уменьшения пик-фактора

наборов записей. Каждому набору был поставлен в соответствие порядковый номер для устранения влияния имени бренда на субъективное предпочтение.

Для исключения влияния разницы АЧХ оцениваемых устройств на субъективную оценку качества, все записанные образцы были приведены к единой по форме АЧХ, которая представляла собой усредненную АЧХ референсных устройств. На заключительном этапе все тестовые сигналы были нормированы к уровню 0 dBFS.

Экспертная оценка тестируемых мобильных устройств осуществлялась методом парных сравнений. Для данной задачи этот метод заслуживает большего доверия, чем ранжирование, поскольку, с точки зрения эксперта, проранжировать большое количество слабо отличающихся объектов иногда бывает весьма трудно, в то время как попарно их сравнить гораздо легче. Основным недостатком этого метода — возможное нарушение транзитивности в нашем случае сведен к минимуму, поскольку сравнение происходит по одному критерию — слышимость нелинейных искажений.

В каждой паре оцениваемых сигналов экспертам требовалось выбрать более предпочтительный сигнал с точки зрения заметности нелинейных искажений. Для ускорения времени ранжирования всего массива записей использовался метод аналогичный методу быстрой сортировки (сортировки Хоара) [9]. Далее средняя запись в сортированном списке получала оценку 3 балла и оставшиеся пары звучаний оценивались в соответствии с их местом и субъективной разницей с соседями. Шкала оценок принималась 5 балльная, с шагом 0,1 балла. Шкала разрабатывалась специально для мобильных устройств. Оценка 1 балл соответствует максимальному

субъективному качеству звучания, оценка 5 минимальному. Если разница в предпочтении минимально различимая, то разница в оценке сравниваемых пар сигналов составляет 0,1 балла. На заключительном этапе ССЭ оценки, полученные разными экспертами для соответствующих устройств, усреднялись.

На рис. 7 приведено сравнение результатов ССЭ и объективной оценки.

Высокая корреляция оценок свидетельствует о правильном выборе общей концепции, а также отдельных механизмов учета свойств слуха человека, положенных в основу реализованного алгоритма, предназначенного для объективной оценки восприятия нелинейных искажений.

2.3. Динамические искажения

В субъективной оценке динамические искажения (ДИ) представлены в двух частных оценках качества звучания (рис. 1): динамика и сцена.

Для их оценки тесты проводились на четырех музыкальных отрывках разных жанров с разными значениями величины динамического диапазона и пик-фактора.

Для проведения процедуры субъективного ранжирования музыкальных сигналов по величине ДИ использовался инструмент, предоставленный Adobe Audition 6.0. Начальный коэффициент компрессии был установлен равным 1:1, при этом были выбраны следующие временные параметры компрессора: время атаки 1 мс, время спада 100 мс. В результате изменения величины коэффициента компрессии с шагом в 2 дБ и применения механизма сжа-

Таблица 2. Зависимость субъективной оценки от величины ДИ и характеристик сигнала

Уровень ограничителя	Субъективная оценка			Изменение ДД			Изменение Пик-Фактора		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
-2	2	2	2	0,69	0,55	0,6	0,89	0,49	0,57
-4	2	2	2	2,23	1,92	1,92	2,06	1,4	1,79
-6	3	3	2	3,79	3,47	3,23	3,09	2,01	2,96
-8	3	4	2,5	5,6	5,24	4,71	3,96	2,23	4,21
-10	4	4	3	7,53	7,13	5,78	4,65	2,39	5
-12	4	4	3	9,51	9,03	7,23	5,09	2,44	6,07
-14	4	4	3	11,51	10,75	8,92	5,34	2,45	7,23
-16	4	4	4	13,48	12,02	10,71	5,45	2,46	8,32
-18	4	4	4	15,41	12,31	12,57	5,49	2,46	9,3
-20	4	4	4	17,32	12,31	14,43	5,51	2,46	10,11
-22	4	4	5	19,17	12,31	16,28	5,53	2,46	10,67
-24	4	4	5	21,02	12,31	18,14	5,54	2,46	11,06
-26	4	4	5	22,91	12,31	20,1	5,55	2,46	11,34
-28	4	4	5	24,75	12,31	21,93	5,55	2,46	11,5

тия ДД, был получен набор тестовых сигналов с разницей в динамическом диапазоне до 28 дБ и величине пик-фактора до 11 дБ (табл. 2). И в этом случае при проведении ССЭ по заметности ДИ и их ранжированию по величине слуховой заметности по-прежнему использовалась 5-ти бальная шкала оценки и метод парных сравнений.

Порог заметности изменения величины пик-фактора составляет 1–2 дБ в зависимости от динамических параметров композиции. На рис. 8 представлены усредненные результаты ранжирования тестовых фонограмм в зависимости от величины пик-фактора.

Итак, для правильной объективной оценки ДИ необходимо учитывать динамические параметры референсной фонограммы.

3. Комплексная оценка качества звучания

На заключительном этапе испытаний экспертам предлагалось оценить качество звучания набора референсных устройств. Перед ССЭ были подготовлен набор выровненных по громкости бинауральных записи тестовых сигналов, полученных с помощью макета головы с торсом G.R.A.S. 45BB-3 KEMAR Head & Torso. Указанные записи воспроизводились звуковым трактом уровня Hi End (Bowers & Wilkins CM series CM9 S2). Таким образом, заменив прослушивание оцениваемых звуковых трактов прослушиванием бинауральных записей воспроизводимых ими сигналов, удастся устранить влияние имени производителя и разницы в громкости звучания тестируемых мобильных устройств на субъективную оценку. Иначе говоря, эксперты слушают не непосредственное звучание тестируемых ЗТ, а записи их звучания, воспро-

изводимые высококачественным оборудованием. Влияние формы ушных раковин макета головы слушателя устраняется с помощью инверсных слуховых фильтров (HRTF). Одновременно с записями для проведения ССЭ записывались тестовые сигналы для вычисления выходных переменных ПОК. Полученные оценки сводились в единую таблицу для последующей статистической обработки.

С целью определения степени совпадения объективных и субъективных оценок были рассчитаны доверительные интервалы субъективных оценок, средняя квадратичная ошибка, коэффициент корреляции (таб. 3).

Количество экспертов для каждого тестируемого устройства равно шести. Поскольку размер выборки невелик, а дисперсия распределения оценок для всех слушателей заранее неизвестна, то использовался метод построения доверительного интервала через критическое значение t-статистики (коэффициент Стьюдента):

$$\left(\bar{x} - t_{\alpha, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + t_{\alpha, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \right), \quad (5)$$

где s — стандартное отклонение, n — количество экспертных оценок для каждого устройства, $t_{\alpha, n-1}$ — критическое значение t-статистики (распределения Стьюдента) с уровнем значимости α , числом степеней свободы $n-1$, которое определяется по специальным статистическим таблицам (в нашем случае $t_{\alpha, n-1}=2.57$), α — уровень значимости, принимаем $\alpha=0,05$.

Для оценки качества предсказания субъективной оценки с помощью разработанной модели использует-

Таблица 3. Результаты тестирования мобильных устройств ПОК разработанного МООК

	DenonHeos7	DenonHeos5	Denon Envaya	PEAQ	B&W	Teufel	Yamaha_NX50	Bose SL	Creative	SvenHA1410T	LG MF	JBLCharge2	Yamaha	Onkyo	B&O	Bose	Sony SRS	LG_BigMusicFlow	Sony_Ball	Adelo	LG MFmini	Logitech UE	UE_AA_task	LG_Lamp	Beats	Harman Kardon
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
СОК	2,14	2,4	2,65	2,8	2,81	2,97	2,99	3,03	3,06	3,17	3,19	3,26	3,37	3,38	3,41	3,43	3,44	3,48	3,53	3,55	3,69	3,69	3,71	3,94	4,29	4,38
ООК	2,1	2,27	2,73	2,73	3,16	2,89	2,75	2,72	2,98	3,06	3,23	3,11	3,03	3,16	3,37	3,32	3,29	3,32	3,47	3,47	3,58	3,66	3,87	3,73	4,25	4,31
АО	0,04	0,13	0,08	0,07	0,35	0,08	0,24	0,31	0,08	0,11	0,04	0,15	0,34	0,22	0,04	0,11	0,15	0,16	0,06	0,08	0,11	0,03	0,16	0,21	0,04	0,07
ДИ	0,74	0,52	0,52	0,74	0,74	0,74	0,74	0,52	0,52	0,74	0,74	0,74	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,74	0,74	0,52	0,52	0,74	0,74	0,52	0,52
СКО	0,2																									
ρ	0,96																									

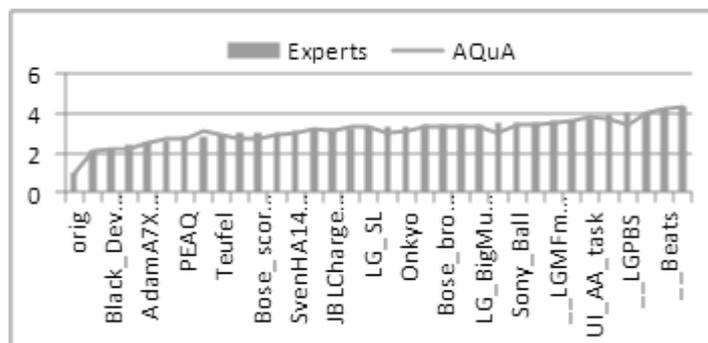


Рис. 9. Субъективная оценка качества (СОК) (синий цвет) и объективная оценка качества (ООК) (оранжевая кривая) мобильных устройств на отобранных испытательных сигналах

ся значение средней квадратичной ошибки s и коэффициента корреляции Пирсона ρ между наблюдаемыми усредненными субъективными оценками качества (СОК) и предсказанными объективными оценками качества (ООК):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (ООК_i - СОК_i)^2}{N}}, \quad (6)$$

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N (ООК_i - \overline{ООК}) \cdot (СОК_i - \overline{СОК})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (ООК_i - \overline{ООК})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (СОК_i - \overline{СОК})^2}}, \quad (7)$$

где $\overline{ООК}$, $\overline{СОК}$ — средние значения объективной и субъективной оценки качества соответственно.

О степени совпадения субъективных и объективных оценок качества можно судить с помощью приведенных значений абсолютной ошибки, средней квадратичной ошибки, количества выбросов и коэффициента корреляции (табл. 4).

Значения абсолютных отклонений (АО) в 100% случаев являются меньшими, чем доверительный интервал СОК. В свою очередь средняя квадратичная ошибка, составляющая 0,2 балла, является меньшей, чем средний доверительный интервал СОК, который равен 0,62 балла. Выбросов (случаев отклонения значений ООК от СОК более

чем на удвоенный доверительный интервал СОК) не зафиксировано. Общий ход кривых деградации качества, полученных с помощью ПОК, соответствует аналогичным кривым, построенным по результатам ССЭ. Всё это позволяет утверждать, что объективные оценки качества звучания ЗТ, полученные с помощью МООК достаточно точно совпадают с соответствующими результатами ССЭ.

Заключение

Высокая корреляция объективных оценок качества, получаемых с помощью разработанного метода, с субъективной оценкой позволяют говорить о правильности выбора набора объективных характеристик сигнала и разработанных критериев оценки их искажений, а также об эффективности предложенного МООК (рис. 9).

К недостаткам метода можно отнести недостаточную универсальность, которая заложена в модели — зависимость оценки качества от выбранного музыкального контента. В будущем планируется отобрать репрезентативный набор музыкальных композиций, выделить в них наиболее проблемные и информативные с точки зрения субъективной оценки качества участки и создать на их основе синтетический сигнал для использования в системах автоматического тестирования звуковых трактов мобильных устройств. Также планируется провести дополнительные исследования по влиянию фазовых и переходных искажений на качество звучания этих устройств с целью расширения области применения, разработанного МООК и соответствующей компьютерной ПОК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов М. О., Ковалгин Ю. А., Рожнов В. С. Мультитональный испытательный сигнал для оценки слышимости нелинейных искажений // Системы управления и информационные технологии, 2016, Т. 63, № 1, с. 72–78.
2. Пахомов М. О., Ковалгин Ю. А., Рожнов В. С. Метод объективной оценки слышимости нелинейных искажений // Системы управления и информационные технологии, 2016, Т. 64, № 2, с. 72–78.
3. BS.1387–1. Method for objective measurements of perceived audio quality. Rec. ITU-R, (1998–2001)
4. E. Zwicker and H. Fastl, Psychoacoustics, Facts and Models. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag, 1990.
5. Blauert, J. and Laws, P. «Group Delay Distortions in Electroacoustical Systems» // Journal of the Acoustical Society of America Volume 63, Number 5, pp. 1478–1483 (May 1978)
6. Mark Wendl, Hyunkook Lee, The Effect of Dynamic Range Compression on Loudness and Quality Perception in Relation to Crest Factor. 136th AES Convention 2014 April 26–29 Berlin, Germany.
7. Вольф В. М. Динамический метод исследования нелинейных искажений // Радиотехника, 1953, т. 8, № 2, с. 27–37.
8. Ковалгин Ю. А. Психоакустика и компрессия цифровых аудиоданных. Монография, СПб.: СПбГУТ, 2013. — 300 с.
9. Левитин А. В. Глава 4. Метод декомпозиции: Быстрая сортировка // Алгоритмы. Введение в разработку и анализ — М.: Вильямс, 2006. — С. 174–179. — 576 с.

© Пахомов Михаил Олегович (mpaхомov39@gmail.com), Рожнов Виктор Сергеевич, Ковалгин Юрий Алексеевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОИСКА ЭКСТРЕМУМА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

AUTOMATING THE PROCESS OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING USING THE METHODS MULTIPARAMETER OPTIMIZATION

**O. Avdeyeva
A. Semenov**

Summary. It is proposed to use the method for searching the extremes of two variables based on the recursive procedure of least squares method, which resulted in not only increased productivity, process stability electroerosive profiling diamond grinding wheels, but also precision machined surfaces.

Keywords: extremal control, an objective function, electro-discharge machining.

Авдеева Ольга Викторовна

*К.т.н., Пензенский государственный университет
rasuma@mail.ru*

Семенов Анатолий Дмитриевич

Д.т.н., доцент, Пензенский государственный университет

Аннотация. Предлагается использовать метод поиска экстремума двух переменных на основе рекуррентной процедуры метода наименьших квадратов, в результате которого не только повышается производительность, стабильность процесса электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов, но и точность обрабатываемых поверхностей.

Ключевые слова: экстремальное управление, целевая функция, электроэрозионная обработка.

Электроэрозионное профилирование широко применяется в различных отраслях машиностроения. Основные недостатки электроэрозионной обработки — низкая производительность и стабильность [1]. Использование экстремального регулирования при данной обработке позволяет в значительной степени устранить эти недостатки.

Однако применение экстремального регулирования ограничивается стохастическим характером электроэрозионной обработки, особенно это относится к процессу профилирования алмазных кругов. Сложный неоднородный микрорельеф обрабатываемой поверхности, наличие токонепроводящих включений: алмазных зерен, нежелательность их графитизации под действием электрического разряда, высокая точность профилирования предъявляют повышенные требования к системе управления процессом электроэрозионного профилирования и требует использования высокоточных алгоритмов экстремального регулирования, работающих в условиях помех.

Сущность метода электроэрозионного профилирования заключается в следующем (рис. 1). На первом этапе (рис. 1, а) алмазному шлифовальному кругу задается вращение. Затем профилирующий электрод и алмазный шлифовальный круг сводятся до тех пор, пока

не начнутся между ними электрические разряды. После чего не вращающийся профилирующий электрод производит электроэрозионное врезание в алмазный круг. Величина врезания равна глубине профиля фасонного электрода. На втором этапе (рис. 1, б) электроду задается медленная круговая подача и профилирование выполняется за один оборот профилирующего электрода.

Разработка экстремальной системы относится к задачам усовершенствованного управления (*APC-систем — Advanced Process Control & Optimisation*), в основе которых лежат идеи оптимизации управляемых процессов (рис. 2).

Рис. 3. Организационная структура АСУ ТП электроэрозионного профилирования

Анализ методов управления технологическим процессом электроэрозионного профилирования [2] позволил установить, что причиной снижающей производительность, стабильность данного процесса является невысокое значение мощности выделяющейся в межэлектродном зазоре, поскольку значение этой мощности напрямую влияют на эти характеристики. На рис. 3 представлена организационная структура АСУ ТП электроэрозионного профилирования.

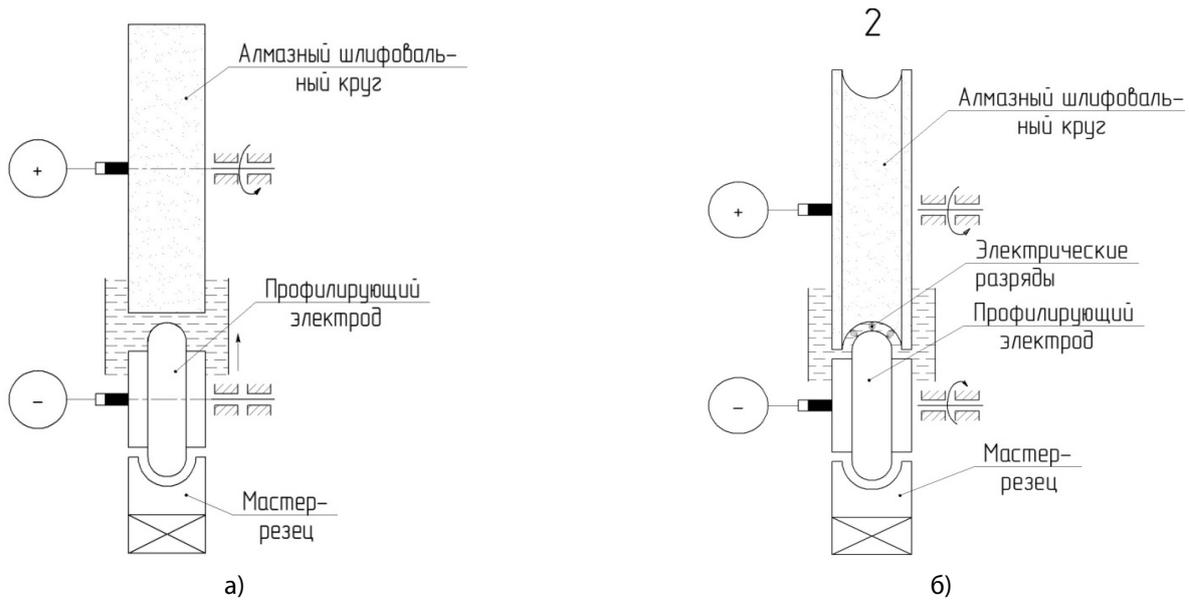


Рис. 1. Метод электроэрозионного профилирования: а) электроэрозионное врезание профилирующего электрода в алмазный круг; б) сообщение круговой подачи профилирующему электроду

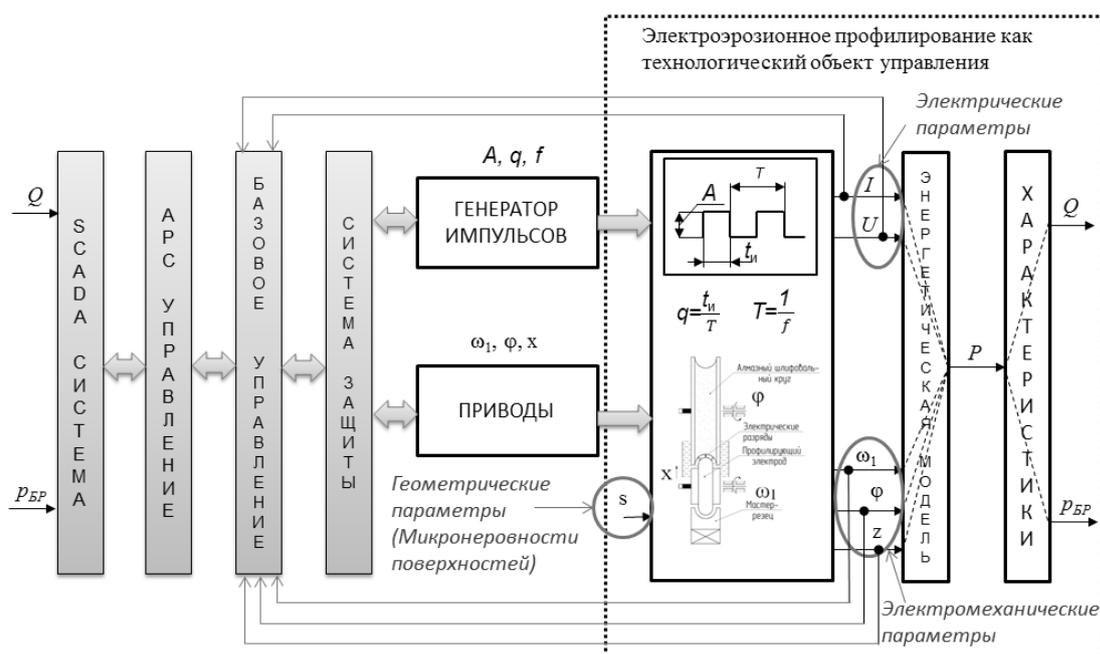


Рис. 2. Место оптимального управления в системе ЧПУ

Основное влияние на мощность, выделяемую в межэлектродном зазоре, оказывают как электрические, так и электромеханические параметры, которые, в свою очередь, напрямую зависят от управляющих параметров процесса электроэрозионного профилирования. Определяющими факторами, влияющие на технологические показатели, является оптимальное поддержание

межэлектродного зазора и амплитуды напряжения генератора импульсов.

Разработку алгоритмов предлагается осуществлять с использованием традиционных систем защиты и базового управления, дополняя их усовершенствованным управлением (APC-управлением) с использованием ме-



APC- Advanced process control (усовершенствованное управление);
 SCADA — Supervisory control and data acquisition (Диспетчерское управление и сбор данных);
 z — межэлектродный зазор; I — ток, выделяемый в межэлектродном зазоре;
 U — напряжение, выделяемое в межэлектродном зазоре;
 ω_1 — скорость вращения электрода инструмента;
 φ — угол поворота алмазного круга; x — линейное перемещение алмазного круга;
 Q — производительность (съем материала); $p_{БП}$ — стабильность процесса

тодов поиска экстремума максимума управляемого параметра (мощности в межэлектродном зазоре), интегрируя их в SCADA — систему.

Организационная структура АСУ ТП электроэрозионного профилирования позволяет разбить обобщённую модель этого процесса на три подмодели:

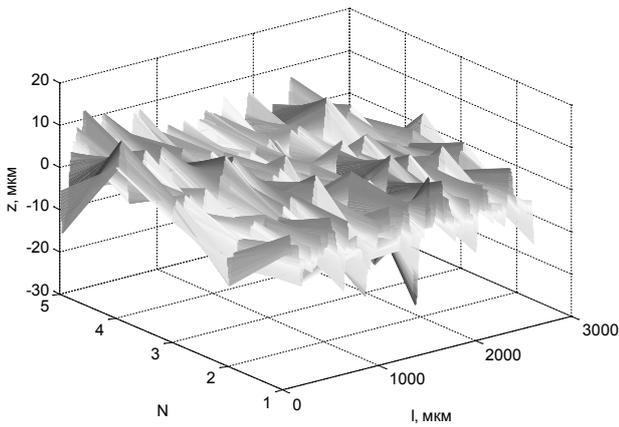
- ◆ топологическую модель поверхности алмазного круга,
- ◆ электромеханические модели приводов,
- ◆ электрическую модель межэлектродного зазора.

Для построения топологической модели использовались режущие профили рабочей поверхности алмазного круга. Было проведено ее сканирование профилографом-профилометром «Сейтроник». Далее было проведено выделение регулярной и случайной составляющих этого профиля. Выделение регулярной составляющей осуществлялось методом сингулярного разложения [3], а выделение случайной составляющей — методом формирующего фильтра [4].

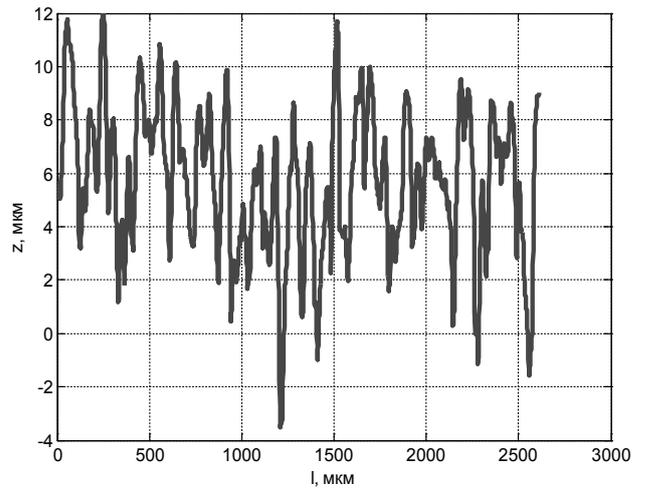
На рис. 4, а показан фрагмент смоделированной поверхности алмазного круга, на рис. 4, б — фрагмент профиля этой поверхности, непосредственно взаи-

модействующего с профилем электрода-инструмента. В результате моделирования и экспериментальных исследований были получены профили поверхности круга различной зернистости, непосредственно влияющие на значение межэлектродного зазора в процессе электроэрозионной обработки. Результирующий профиль получается в результате многократного наложения большого количества отдельных микропрофилей, имеющих примерно одинаковые масштабы, что удовлетворяет условию центральной предельной теоремы. Исходя из этой теоремы, следует, что результирующий профиль поверхности круга будет подчинен нормальному закону распределения. Что подтвердилось последующей проверкой этой гипотезы по критерию Колмогорова-Смирнова. Очевидно, что максимум мощности будет приходиться на середину предельного зазора, при котором еще возникают электрические разряды: в этом случае вероятности возникновения коротких замыканий и холостых ходов равны, что обеспечивает максимальный коэффициент использования импульсов, а, следовательно, и максимальную мощность, выделяемую в межэлектродный зазор.

Разработана модель электропривода вертикальной подачи профилирующего электрода на основе обобщенной модели электроэрозионного профилирования.



а)



б)

Рис. 4. Фрагмент модели поверхностей алмазного круга (а) и фрагмент профиля модели алмазного круга (б)

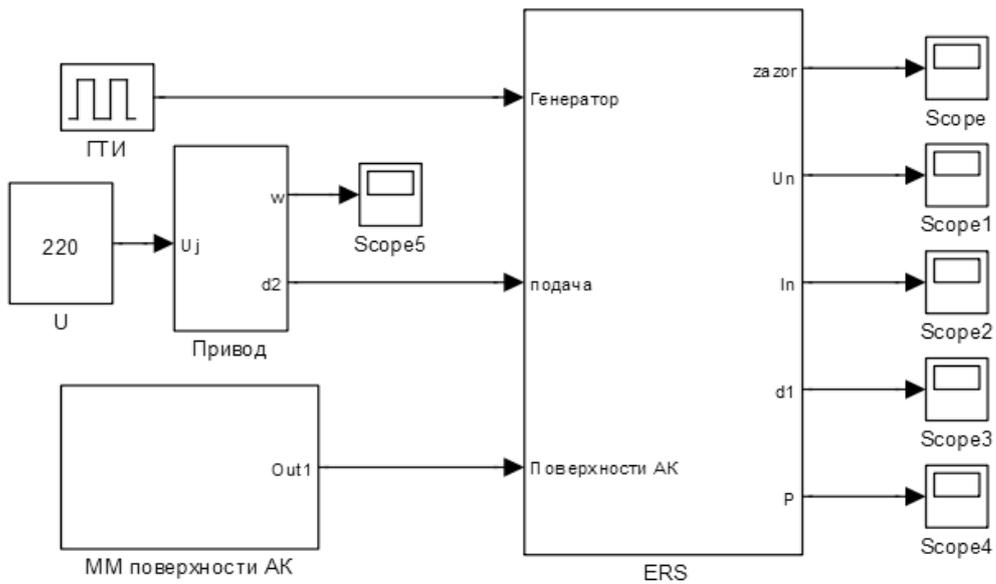


Рис. 5. Структурная схема динамической Simulink-модели процесса электроэрозионного профилирования

щенной теории электрических машин. Механическая часть привода представлена двухмассовой упругодиссипативной моделью.

Параметры электрической схемы замещения межэлектродного зазора определялись исходя из осциллограмм токов и напряжений, экспериментально снятых при разных значениях межэлектродного зазора с последующей их обработкой с помощью пакета System

Identification Tool, входящего в Matlab. В результате этого получены параметры T-образной схемы замещения, учитывающей полное выходное сопротивление генератора рабочих импульсов и межэлектродного зазора.

Найденные значения параметров схемы замещения позволили получить модель, описывающую электрические процессы в межэлектродном зазоре. Разработана обобщенная динамическая модель процесса профили-

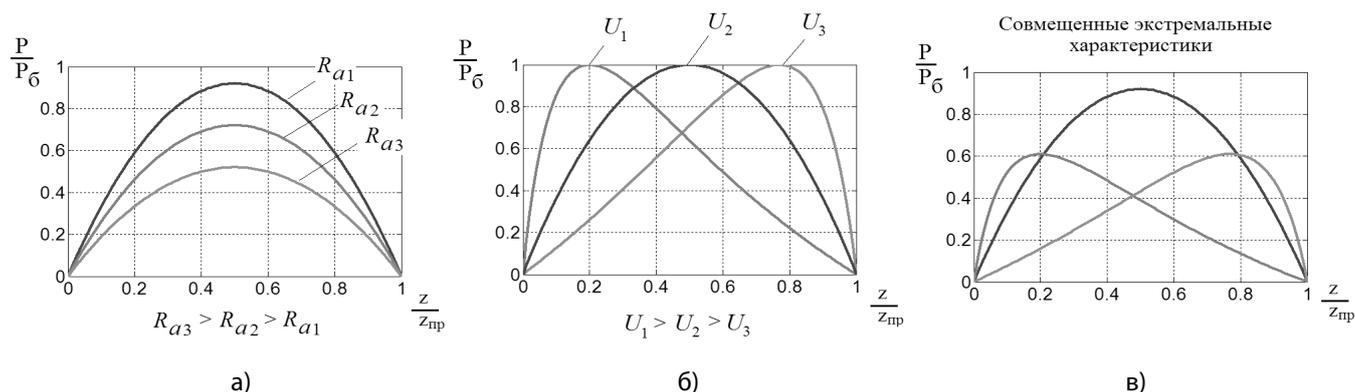


Рис. 6. Смещение экстремальной статической характеристики: характеристика при различных шероховатостях R_a кругов (а); характеристика при различных значениях амплитуды напряжений генератора рабочих импульсов U (б); совмещенная кривая (в)

рования алмазных шлифовальных кругов, учитывающая его электродинамические и технологические особенности, которая включает в себя три модели: топологическую модель, описывающую геометрию поверхности алмазных шлифовальных кругов, построенную на основе сингулярного разложения и метода формирующего фильтра; электромеханическую модель, построенную на основе обобщенной теории электрических машин; электрическую модель, описывающую электрические процессы в межэлектродном зазоре во время процесса электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов.

Структурная схема динамической модели процесса электроэрозионного профилирования (*Simulink*-модель) представлена на рис. 5.

В результате моделирования установлено, что основные характеристики процесса являются экстремальными. Наблюдается дрейф экстремума мощности, как по величине, так и по положению, который в первую очередь зависит от значения межэлектродного зазора [2] и от амплитуды генератора технологических импульсов и его частоты.

Абсолютное значение экстремума достигается при выборе оптимальных значений амплитуды, частоты напряжения генератора импульсов, межэлектродного зазора и требует двух координатного экстремального регулирования по мощности, выделяемой в межэлектродном зазоре (рис. 6).

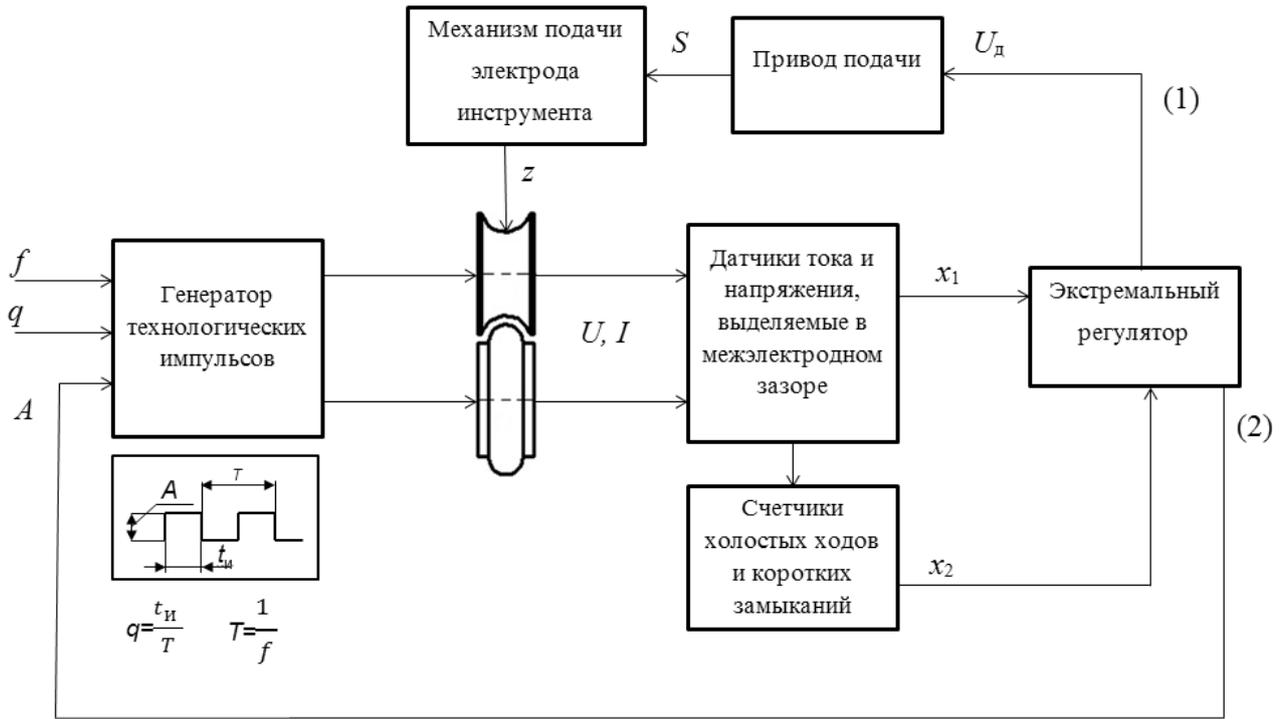
Для совмещения экстремумов необходимо регулировать амплитуду импульсов напряжения генератора рабочих импульсов. Для исследования экстремальной системы управления процессом электроэрозионной обработки разработанная динамическая модель была

аппроксимирована редуцированной инерционной моделью с экстремальной характеристикой. С наибольшей точностью данную модель можно представить моделью типа Гаммерштейна, которая используется при разработке алгоритма поиска экстремума для достижения максимального значения средней мощности, обеспечивающего повышение производительности, стабильности процесса.

Для обеспечения устойчивости системы предлагается использовать рекуррентный алгоритм метода наименьших квадратов, с помощью которого вычисляется коэффициент передачи экстремального объекта по изменению его входной и выходной величины с последующим поиском нулевого значения этого коэффициента. Алгоритм экстремального регулирования состоит из следующих этапов [5]:

- 1) считывание входного и выходного сигналов с экстремального объекта;
- 2) вычисление коэффициентов АРСС-модели по рекуррентному методу наименьших квадратов;
- 3) вычисление коэффициента передачи объекта;
- 4) поиск управляющего воздействия, обеспечивающего нулевое значение коэффициента передачи с использованием прямых методов поиска нуля функций.

В результате моделирования работы алгоритма установлено, что он обеспечивает сходящиеся значения оценки коэффициента передачи, устойчиво удерживая объект в окрестности точки экстремума даже при наличии сильных возмущений. Относительная погрешность в определении коэффициента передачи объекта не превышает 5%, отклонение системы от точки экстремума не более 24% при отношении сигнал/шум, близком к единице. Время поиска экстремума соизмеримо со временем переходного процесса объекта регулирования.



1) контур регулирования межэлектродного зазора
 2) контур регулирования амплитуды напряжения генератора технологических импульсов

Рис. 7. Структура системы с использованием двух координатного управления

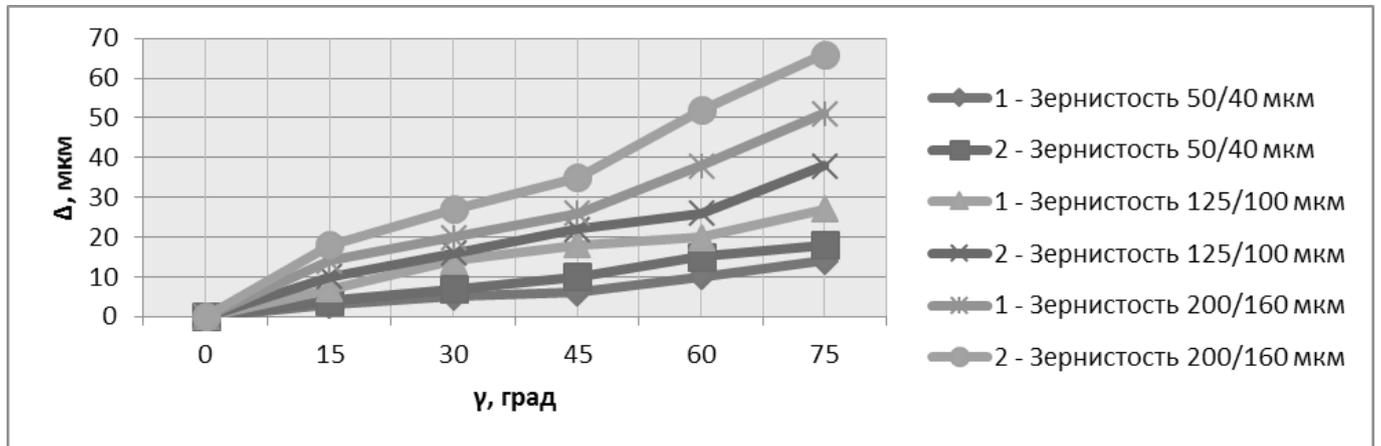


Рис. 8. Зависимость погрешности профилирования алмазных кругов различной зернистости 100% концентрации от угла наклона местной нормали с круговой подачей электрода: 1 — из условия достижения максимальной величины средней мощности; 2 — со средней величиной круговой подачи

Для обеспечения двухкоординатного управления предлагается использовать метод покоординатного подъема (метод Гаусса-Зейделя): это модификация метода градиента с постоянным шагом, позволяющая сократить общий объем вычислений при некотором увеличении числа членов минимизирующей последовательности за счет меньшего количества вычислений. Каждая из ко-

ординат рассчитывается по рекуррентному методу наименьших квадратов. Структура экстремальной системы двух координатного управления представлена на рис. 7.

Экспериментальные исследования проводились на предложенных режимах с круговой подачей профилирующего электрода из условия достижения максимальной

величины средней мощности, выделяемой в межэлектродном промежутке, а также со средним значением круговой подачи. Исследования показали, что профилирование с экстремальным двухкоординтным регулированием обеспечивает повышение точности обработки до 23% (рис. 8).

Так же исследования показали, что стабильность экстремальной системы электроэрозионного профилирования с двухкоординтным управлением возросла на 13%, точность поддержания экстремума — на 15%, производительность возросла на 22%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники / Ю. С. Елисеев, Б. П. Саушкин; под ред. Б. П. Саушкина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — 437 с.
2. Авдеева, О. В. Автоматизация процесса электроэрозионной обработки с использованием методов экстремального комбинированного управления / О. В. Авдеева, Д. В. Артамонов, А. Д. Семенов, А. С. Никиткин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2013. — № 4 (28). — С. 212–224.
3. Александров Ф. И. Автоматизация выделения трендовых и периодических составляющих временного ряда в рамках метода «Гусеница»-SSA / Ф. И. Александров, Н. Э. Голяндина // Exponenta Pro. Математика в приложениях. — 2004. — вып. 3–4. 54–61 с.
4. Семёнов, А. Д. Идентификация объектов управления. / А. Д. Семёнов, Д. В. Артамонов, А. В. Брюхачев. — Пенза: ПГУ, 2005. — 211 с.
5. Семенов, А. Д. Алгоритм экстремального регулирования на основе рекуррентной процедуры метода наименьших квадратов / А. Д. Семенов, О. В. Авдеева, А. С. Никиткин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2012. — № 1. — С. 3–11.

© Авдеева Ольга Викторовна (rasuma@mail.ru), Семенов Анатолий Дмитриевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

THE MODEL OF PROCESSING EVENTS OF INFORMATION SECURITY

**A. Gaynov
I. Zavodtsev**

Summary. This article reviews the existing models of the process of handling information security events, identified and analyzed their strengths and weaknesses. The improved model of this process is proposed, which differs from existing ones that for the events processing are used the special characteristics, contained in log files and data received from employees / customers of the organization, which takes into account the performance requirements. At the same time, the data received from the employees / customers of the organization are represented by the different modalities from the graphic and text materials characterized by different statistical properties. The use of these data in SIEM-systems will improve the speed and accuracy of detection the information security incidents.

Keywords: an information security incident, a SIEM-system, a log-file, multimodality.

Гайнов Артур Евгеньевич

Соискатель, Кубанский институт
Информационной защиты, г. Краснодар
ArturGaynov@mail.ru

Заводцев Илья Валентинович

К.т.н., доцент, Кубанский институт
информационной защиты, г. Краснодар
nilrs@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены существующие модели процесса обработки событий информационной безопасности, выявлены и проанализированы их сильные и слабые стороны. Предложена усовершенствованная модель данного процесса, отличающаяся от существующих тем, что для обработки событий используются признаки содержащиеся, как в лог-файлах, так и в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации, с учетом требований производительности. При этом данные, полученные от сотрудников/клиентов организации, представлены различными модальностями из пространства графических и текстовых материалов, характеризующихся различными статистическими свойствами. Использование в SIEM-системах указанных данных будет способствовать повышению оперативности и точности обнаружения инцидентов информационной безопасности.

Ключевые слова: инцидент информационной безопасности, SIEM-система, лог-файл, мультимодальность.

Введение

Информационные технологии (ИТ) сегодня приобрели глобальный трансграничный характер и стали неотъемлемой частью всех сфер деятельности личности, общества и государства. Обеспечение бесперебойного функционирования информационной инфраструктуры (ИТИ), в первую очередь критической, является одним из национальных интересов Российской Федерации (РФ) в информационной сфере [1].

Вместе с тем, расширение областей применения ИТ, являясь фактором развития, одновременно порождает новые угрозы информационной безопасности (ИБ). Одним из негативных факторов, влияющих на состояние ИБ, является наращивание рядом зарубежных стран возможностей информационно-технического воздействия на ИТИ [1].

На сегодняшний день к числу приоритетных направлений совершенствования системы защиты информации, обрабатываемой в ИТИ, относится развитие системы мониторинга инцидентов ИБ (ИИБ) или, иначе говоря, SIEM-систем [3].

Релевантные работы

Одной из основных целей функционирования SIEM-систем является обнаружение ИИБ за счет эффективной обработки событий ИБ (СИБ), в частности, определение как относящихся или не относящихся к ИИБ [2]:

$ISE = \{ise_1, \dots, ise_n\}$ — множество СИБ. Каждое СИБ $ise \in ISE$ представляет собой последовательность признаков

$$W_{ise} = (w_1, \dots, w_{i_{ise}}),$$

где i_{ise} — длина СИБ ise ;

$ISI = \{isi_1, \dots, isi_j\}$ — конечное множество меток классов ИИБ;

y^* : $ISE \rightarrow ISI$ — неизвестная целевая зависимость.

Для оценки эффективности функционирования SIEM-систем используются критерии: производительность, оперативность, точность.

Под производительностью понимается отношение количества обработанных СИБ в установленный интервал времени:

$$ESP = \frac{SUM_{ISE}}{t_{ISE}}, \quad (1)$$

где SUM_{ISE} — количество обработанных СИБ, Δt_{ISE} — интервал времени, в течении которого производилась обработка СИБ.

Под оперативностью понимается интервал времени, необходимый для обнаружения одного ИИБ:

$$\Delta t = t_2 - t_1, t_2 > t_1, \quad (2)$$

где t_1 — время обнаружения СИБ, t_2 — время подтверждения того, что СИБ является ИИБ.

Под точностью понимается доля СИБ, принадлежащих данному ИИБ, относительно всех СИБ, которые SIEM-система отнесла к данному ИИБ.

$$Presicion = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (3)$$

где, TP — истинно-положительное решение, FP — ложно-положительное решение.

В современных SIEM-системах используются СИБ, полученные из лог-файлов, а также для повышения эффективности обработки СИБ дополнительно применяются данные об ИТИ и состоянии ее защищенности [5]:

$ISE_{PI} = \{ise_{PI1}, \dots, ise_{PIi}\}$ — множество СИБ, полученных из лог-файлов. Каждое СИБ $ise_{PI} \in ISE_{PI}$ представляет собой последовательность признаков

$$W_{ise_{PI}} = (w_{1PI}, \dots, w_{iise_{PI}}),$$

где i_{ise} — длина СИБ ise_{PI} .

$INV = \{inv_1, \dots, inv_n\}$ — множество защищаемых ресурсов (ЗР) ИТИ. Каждый ЗР $inv \in INV$ представляет собой последовательность данных

$$S_{inv} = (w_1, \dots, w_{n_{inv}}),$$

где n_{inv} — длина ЗР inv ;

$VUL = \{vul_1, \dots, vul_m\}$ — множество уязвимостей (УЗ) ИТИ. Каждая УЗ $vul \in VUL$ представляет собой последовательность данных

$$J_{vul} = (j_1, \dots, j_{m_{vul}}),$$

где m_{vul} — длина УЗ vul .

В данном подходе в результате функционирования SIEM-системы определяются не только появление одного или нескольких СИБ, с которыми связана значительная вероятность создания угрозы ИБ, но и ЗР, на которые может быть направлена обнаруженная угроза ИБ, и УЗ, которые могут быть использованы для ее реализации.

Вместе с тем, современные SIEM-системы имеют и ограничения. Так SIEM-система может получать в качестве входных данных СИБ от любых источников. Следовательно, ничто не помешает злоумышленнику сгенерировать поток ложных СИБ, притворившись одним из сенсоров:

$$ISE' = \{ise'_1, \dots, ise'_k\},$$

— множество ложных СИБ. Каждое СИБ $ise' \in ISE'$ представляет собой последовательность симптомов

$$W_{ise'} = (w_1, \dots, w_{iise'}),$$

где $i_{ise'}$ — длина СИБ ise' .

Наличие подобного потока СИБ значительно ухудшает качество процесса обработки СИБ и может привести к обнаружению ИИБ, которых не существует.

Подобные современные SIEM-системы в общем виде всегда содержат ряд основных подсистем: сбора данных, обработки, хранения, представления [4].

На протяжении последних 20 лет активно исследуется вопрос представления подсистемы обработки в виде процесса, включающего последовательно или параллельно выполняемые этапы [5–11].

За указанное время предложены различные схемы, описывающие процесс обработки СИБ, который можно представить следующим образом:

$$PROC_{ISE} = \langle ISEPI, INV, VUL, ISI, PR_{ISE}, I_{ISE} \rangle, \quad (4)$$

где PR_{ISE} — база данных правил обработки СИБ, I_{ISE} — интерпретатор, представленный набором этапов обработки СИБ (таблица 1).

Несомненным достоинством модели, представленной в работе [8], является возможность добавления статистических методов, несмотря на то, что она основана на строго детерминированных подходах. Недостатки представленной модели заключаются в отсутствии среди указанных задач элемента предупреждения ошибок и элемента предупреждения нарушений.

Таблица 1.

Авторы моделей	Основные этапы обработки СИБ
Jakobson U. и др. [8]	$I_{SE} = \langle Com, Ac, Sup, LR, Syn \rangle$, где Com — сжатие, Ac — счет, Sup — подавление, LR — логическая замена, Syn — обобщение
Zurutuza U. и др. [12]	$I_{SE} = \langle Pp, AW, CA, MSC, Cl, Del, Red, Mer \rangle$, где Pp — предобработка, AW — анализ предупреждений, CA — корреляция предупреждений, MSC — измерение схожих признаков, Cl — кластеризация, Del — удаление, Red — редукция, Mer — слияние
Sadoddin R. и др. [10]	$I_{SE} = \langle Nor, Ag, C, SFP, AAS, Pr \rangle$, где Nor — нормализация, Ag — агрегация, C — корреляция, SFP — отсеивание ложных срабатываний, AAS — анализ стратегии атаки, Pr — приоритизация
Dadkhah S. и др. [6]	$I_{SE} = \langle Res, PSA, PC, MSI, F \rangle$, где Res — подобие, PSA — предопределение сценариев атак, PC — многоуровневые вычисления на базе предпосылок и последствий, MSI — использование множества источников информации, F — фильтрация
Kruegel C. и др. [9]	$I_{SE} = \langle Nor, Pp, AsW, VerW, RSpA, RSeA, DSTA, MSC, Alm, Pr \rangle$, где Nor — нормализация, Pp — предобработка, AsW — объединение предупреждений, VerW — верификация предупреждений, RSpA — восстановление хода атаки, RSeA — восстановление сессии атаки, DSTA — определение источника и цели атаки, MSC — многошаговая корреляция, Alm — анализ воздействия, Pr — приоритизация
Elshoushand H.T. [7]	$I_{SE} = \langle Nor, Pp, Pr, VerW, MerW, DSTA, DelEv, MSC, Aln, Alm \rangle$, где Nor — нормализация, Pp — предобработка, Pr — приоритизация, VerW — верификация предупреждений, MerW — слияние предупреждений, DSTA — определение источника и цели атаки, DelEv — удаление не коррелируемых событий, MSC — многошаговая корреляция, Aln — анализ намерений, Alm — анализ воздействий
Котенко и др. [5]	$I_{SE} = \langle Nor, Pp, Anon, AgF, RSpA, RSeA, DSTA, MSC, ADam, Pr, FilRAN \rangle$, где Nor — нормализация, Pp — предобработка, Anon — анонимизация, AgF — агрегация и фильтрация, RSpA — восстановление хода атаки, RSeA — восстановление сессии атаки, DSTA — определение источника и цели атаки, MSC — многошаговая корреляция, ADam — анализ ущерба, Pr — приоритизация, FilRAN — фильтрация на основе ранжирования

В [12] производится обзор работ в области обработки СИБ, генерируемых системами обнаружения вторжений. В частности, рассматриваются этапы и операции процесса обработки СИБ, описывается модель данных формата обмена сообщениями, а также приводится пример процесса обработки СИБ для обнаружения типовой атаки. Стоит отметить, что процесс обработки СИБ представлен 3 этапами. В результате выполнения каждого из этапов формируются простые события, мета-события и сценарии атак, по окончании — отчет.

Модель, представленная в [10], в отличие от аналогичных работ точно связывает этапы процесса обработки СИБ с используемыми в них конкретными методами.

В [6] авторы выделяют пять подходов к процессу обработки СИБ. Первый подход заключается в вычислении величины подобия двух СИБ на основе атрибутов, ассоциируемых с этими событиями. СИБ, величина подобия которых достаточно велика, группируются. Второй подход заключается в объединении в последовательность связанных этапов проведения атак на основе заранее определенных шаблонов сценариев атак. Данный подход применяется для получения агрегированного и более высокоуровневого взгляда на угрозы ИБ. Третий подход основывается на формировании сценариев атак путем связывания отдельных этапов их проведения при

условии, что один из этапов является необходимым условием для проведения другого. Четвертый подход направлен на приоритизацию и классификацию потоков СИБ в зависимости от источника данных. Пятый подход основан на удалении из процесса обработки событий по заранее определенным правилам (фильтрам). Решение об удалении СИБ из процесса корреляции принимается на основе значений одного или нескольких его атрибутов.

В [9] раскрывают методы и подходы к обработке СИБ в зависимости от фазы процесса, указываются их достоинства и недостатки, а также спорные моменты. В работе процесс обработки СИБ представлен в виде этапов, которые преобразуют оповещения сенсоров в отчеты о вторжениях и направлены на разные аспекты процесса обработки СИБ. Рассматриваются методы обработки СИБ в системах обнаружения вторжений, которые также применимы в SIEM-системах.

В [7] процесс обработки СИБ представлен в виде логических блоков. Отличительной особенностью данной работы является представление модели процесса обработки СИБ, которая снижает количество обрабатываемых событий так рано, как это только возможно. Это осуществляется путем вывода из процесса обработки СИБ незначимых или ложных событий еще на на-

чальных этапах процесса. Важно отметить, что данная модель не лишена недостатков. Во-первых, в блоке фильтрации будут обрабатываться, в том числе, и дубликаты СИБ, так как этап слияния предупреждений находится на более высоком уровне. Во-вторых, этап удаления из процесса обработки СИБ данных, которые не могут быть обработаны, не оставляет процессу права на ошибку.

В [5] процесс обработки СИБ является сложной задачей и разбит на подзадачи с помощью декомпозиции. Применение декомпозиции к системе, реализующей процесс обработки СИБ, позволяет представить систему в виде простых функциональных модулей. Такой подход обеспечивает рассмотрение каждого модуля независимо друг от друга. При этом четко определены функциональная нагрузка каждого модуля и порядок их взаимодействия. Кроме того, декомпозиция системы, реализующей процесс обработки СИБ, упрощает разработку, отладку и тестирование отдельных модулей. Важно отметить, что в рамках модульного представления процесса обработки СИБ не отражена реализация процесса верификации или проверки источников СИБ на подлинность.

Несмотря на наличие различий SIEM-систем по процессу обработки СИБ, их объединяет одно общее ограничение: в качестве источников СИБ используются исключительно лог-файлы аппаратных и программных элементов, образующих ИТИ (серверы, компьютеры, коммутаторы, системы обнаружения атак, антивирусные средства и т.д.) [3].

Вместе с тем, для обнаружения СИБ могут и должны обрабатываться признаки, содержащиеся, как в лог-файлах, так и в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации [2].

Таким образом, в ходе проведенного анализа выявлено противоречие: с одной стороны, должны быть обнаружены и обработаны все СИБ в режиме реального времени или близком к нему, с другой стороны, для обнаружения СИБ в существующих SIEM-системах анализ данных, полученных от сотрудников/клиентов организации, для обнаружения в них признаков СИБ и их последующей обработки не проводится.

Учитывая сказанное, а также в условиях, когда время совершения ИИБ занимает всего несколько секунд или минут, а время обнаружения и обработки СИБ может занимать недели и месяцы, одним из путей разрешения указанного противоречия является разработка научно-методического аппарата обработки СИБ, признаки о которых содержатся, как в лог-файлах, так и в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации,

с учетом требований оперативности, производительности и точности.

Модель процесса обработки СИБ

Обработка СИБ, признаки о которых содержатся в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации, создает целый ряд барьеров.

Это связано с тем, что признаки таких СИБ представлены разнообразными модальностями, полученными из пространства графических и текстовых материалов (текстовое сообщение, скриншот экрана, фотография нарушения и т.п.), характеризующихся различными статистическими свойствами [10]: $ISEUs = (P1, P2)$, где $P1 = \{p1, \dots, pk\}$ — множество СИБ, признаки которых выявлены из текстовых обращений, $P2 = \{p1, \dots, pq\}$ — множество СИБ, признаки которых выявлены из графических обращений.

Кроме того, данные признаки являются слабоструктурированными, зашумленными и могут иметь пропущенные значения.

Следовательно, модель процесса обработки СИБ требует уточнения и может быть представлена следующим образом (рис. 1):

$$PROC_{ISE} = \langle ISE_{Pb}, ISE_{Us}, INV, VUL, ISI, PR_{ISE}, I_{ISE} \rangle \quad (5)$$

Основываясь на модели, представленной в работе Котенко [4], интерпретатор включает следующие основные этапы обработки СИБ:

$$I_{ISE} = \langle Nor, Pp, Pp_{Us}, Anon, AgF, Iden, Ver, RSpA, RSeA, DSTA, MSC, ADam, Pr, Fil_{RAN} \rangle, \quad (6)$$

где Pp_{Us} — предобработка, $Iden$ — распознавание, Ver — верификация.

Предобработка. Данные, полученные от сотрудников/клиентов организации, необходимо перевести в вещественное пространство признаков. Например, текст можно представить в виде дискретных разреженных векторов с определенным количеством слов, в то время как изображения — с использованием пиксельных интенсивностей.

Распознавание. На данном этапе необходимо из данных, полученных от сотрудников/клиентов организации, извлечь признаки СИБ. Далее следует определить исходное множество правил обработки, в которых присутствуют СИБ, описываемые полученными признаками.

Верификация. После завершения предыдущего этапа необходимо проверить правильность определе-

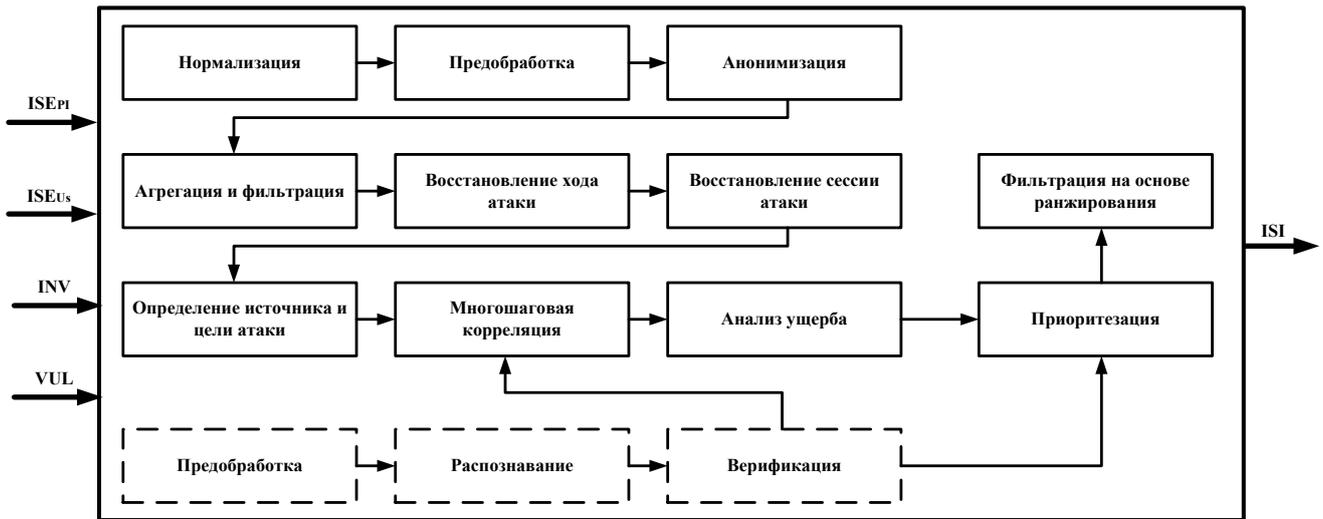


Рис. 1. Функциональная модель процесса обработки СИБ

ния множества правил обработки СИБ. Для указанной проверки предлагается последовательно проводить оценку приоритетности, новизны и специфики правил, использовать фоновые условия, определяющие обстоятельства, влияющие на учет (рассмотрение) тех или иных признаков СИБ, а также определить глубину анализа, устанавливающую временной интервал, в течение которого собираются данные о СИБ. Результатом данного этапа будет окончательное действующее бесконфликтное множество правил, в шаблонах которых имеются СИБ, представленные признаками содержащимися, как в лог-файлах, так и в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации.

При этом целевую функцию SIEM-системы можно записать следующим образом:

$$y = f(ISE_{PI}, INV, VUL, ISE_{US}), \quad (7)$$

где при $y \rightarrow \min, ESP \rightarrow \max, \Delta t \rightarrow 0, Precision \rightarrow 1, ISE'_{PI} \subset ISE_{PI}, ISE'_{US} \subset ISE_{US}$.

Заключение

Таким образом, в данной статье предложена усовершенствованная модель указанного процесса, отличающаяся от существующих тем, что для обработки СИБ используются признаки содержащиеся, как в лог-файлах, так и в данных, полученных от сотрудников/клиентов организации, с учетом требований производительности. Использование в SIEM-системах указанных данных будет способствовать повышению оперативности и точности обнаружения ИИБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Указ Президента Российской Федерации 2016 г. № 646. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации.
2. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/МЭК 18044–2007 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности информации. Менеджмент инцидентов информационной безопасности».
3. Котенко И.В., Саенко И. Б., Юсупов Р.М. Новое поколение систем мониторинга и управления инцидентами безопасности / Котенко И. В., Саенко И. Б., Юсупов Р. М. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2014. — № 3 (198). — с. 7–18.
4. Котенко И.В., Саенко И. Б., Полубелова О. В., Чечулин А. А. Применение технологии управления информацией и событиями безопасности для защиты информации в критически важных инфраструктурах / Котенко И. В., Саенко И. Б., Полубелова О. В., Чечулин А.А // Труды СПИИРАН. — 2012. — № 1 (20). — с. 27–56.
5. Федорченко А.В., Левшун Д. С., Чечулин А. А., Котенко И. В. Анализ методов корреляции событий безопасности в SIEM-системах. Часть 1 / Федорченко А. В., Левшун Д. С., Чечулин А. А., Котенко И. В. // Труды СПИИРАН. — 2016. — № 4(47). — с. 5–27.
6. Dadkhah S., Shoja M., Taheri H. Alert Correlation through a Multi Components Architecture // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2013. vol. 3. no. 4. pp. 461–466.
7. Elshoushand H.T., Osman I. M. An improved framework for intrusion alert correlation // Proceedings of World Congress on Engineering 2012 (WCE2012). 2012. vol. 1. pp. 518–524.
8. Jakobson G., Weissman M. D. Alarm correlation // IEEE Network. 1993. vol. 7(6). pp. 52–59.

9. Kruegel C., Valeur F., Vigna G. *Intrusion Detection and Correlation: Challenges and Solutions* // University of California, Santa Barbara, USA: Springer. 2005. pp. 29–33.
10. Sadoddin R., Ghorbani A. *Alert Correlation Survey: Framework and Techniques* // Proceedings of 2006 International Conference on Privacy, Security and Trust: Bridge the Gap Between PST Technologies and Business Services (PST'06). 2006. Article no. 37.
11. Srivastava N., Sahakutdinov R. *Multimodal Learning with Deep Boltzmann Machines* // Journal of Machine Learning Research. 2014. no. 15. pp. 2949–2980.
12. Zurutuza U., Uribeetxeberria R. *Intrusion Detection Alarm Correlation: A Survey* // Proceedings of IADAT International Conference on Telecommunications and computer Networks. 2004. pp. 1–3.

© Гайнов Артур Евгеньевич (ArturGaynov@mail.ru), Заводцев Илья Валентинович (nilrs@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



**КУБАНСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНФОРМЗАЩИТЫ**

ДЕФЕКТЫ В ПРОГРАММНОЙ КОМПОНЕНТЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

DEFECTS IN A PROGRAM COMPONENT OF THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES

K. Kirillov

Summary. the analysis of defects, which meet in the hardware and software complexes, is provided in article. The review of methods detection of software defects is provided, and the main methodologies detection of software errors is considered. The option of detection and elimination of defects on the basis of ontological classification is offered.

Keywords: defect, software product, hardware–software, complexity metric, ontological, testing.

Кириллов Константин Витальевич

Аспирант, Уфимский Государственный Авиационный
Технический Университет
x5075@yandex.com

Аннотация. в статье приводится анализ дефектов, которые встречаются в аппаратно-программных комплексах. Приведен обзор способов обнаружения дефектов в программах, и рассмотрены основные методологии выявления ошибок в ПО. Предложен вариант обнаружения и устранения дефектов на основе онтологической классификации.

Ключевые слова: дефект, программный продукт, аппаратно–программный, метрика сложности, онтологический, тестирование.

В настоящее время заметно увеличивается объем выпуска программных продуктов, в связи, с чем растет и число появлений различного рода ошибок в зависимости от сложности программного комплекса.

Анализ литературы позволяет сделать вывод, что в основном внимание уделяется управлению дефектами в случае, когда программные продукты представлены в следующем виде [3]:

- 1) Алгоритмы или системы алгоритмов;
- 2) Программный код.

Разработкой и тестированием аппаратно-программных комплексов и их компонентов занимаются разные группы специалистов, исходя из этого, данные о количестве выявленных дефектов и о структурных свойствах программ оказываются разными по объему.

На рисунке 1 показано процентное соотношение ошибок исходя из исследований фирмой Hewlett-Packard.

Реализация программного продукта — это многостадийный процесс, и дефекты на разных стадиях имеют разное происхождение. Наиболее дорогостоящими являются те ошибки, которые были выявлены на ранних стадиях создания ПО [5].

Тестирование — это основной метод, который способен обеспечить и удостоверить качество программ и их компонентов, выявить и устранить неисправности уже

на стадии проектирования и разработки. У тестирования выделяют следующие основные цели [2]:

- 1) Поиск и устранение неисправностей в программах;
- 2) Оценка вероятности появления дефекта.

Проверка программ включают в себя:

- 1) Установление уровня организации тестирования;
- 2) Модель процессов тестирования;
- 3) Определение источника неисправностей в предмете тестирования.

Выделяют следующие уровни выявления неисправностей (рисунок 2):

1. На начальном этапе тестирование схоже с отладкой. Цель тестирования — это демонстрация работы программы.

2. На уровне определения тестирование определяют как этап, следующий после завершения написания кода программы. Цель — показать соответствие программ заявленным критериям спецификации.

3. На уровне интеграции идет проверка взаимодействия между компонентами системы. Процесс интеграции начинается с этапа разработки требований. На этом этапе идет поддержка тестирования версией V-модели.

4. При управлении и измерении программы тестируются по следующим критериям качества:

- 1) Корректность;

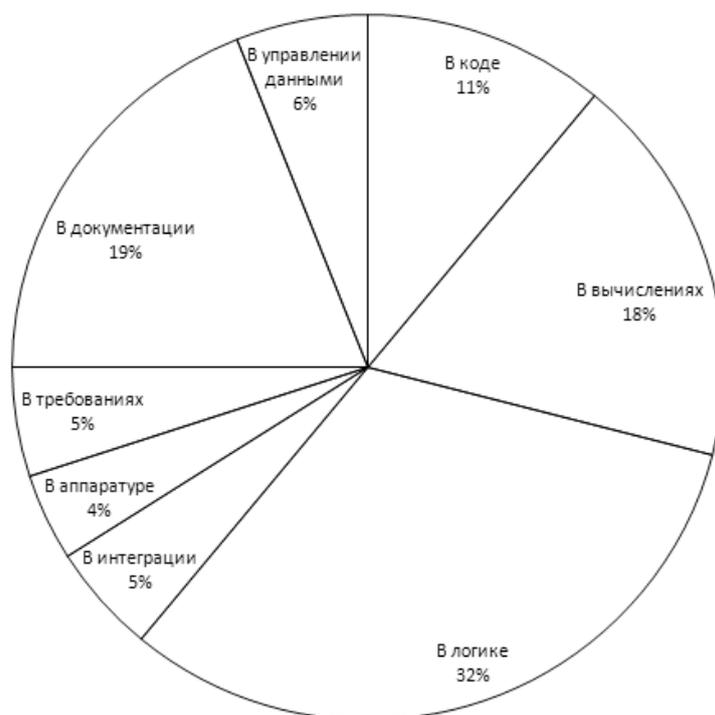


Рис. 1. Процентное соотношение ошибок при разработке ПО.

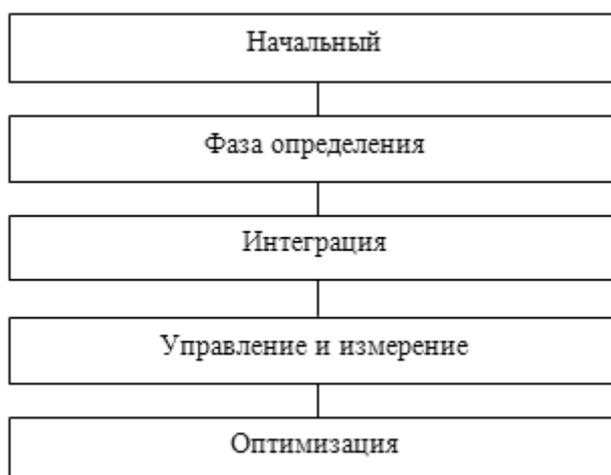


Рис. 2. Уровни проведения тестирования.

- 2) Надежность;
- 3) Простота в использовании;
- 4) Сопровождение.

Выявленные дефекты фиксируются, и им присваивается степень серьезности.

5. На стадии оптимизации процесс тестирования определяют путем статистических выборок и измерений уровней доверия, достоверности, надежности компонентов и комплекса программ.

На рисунке 3 представлена модель организации процессов тестирования модулей, компонентов и комплексов программ.

На данный момент выделяют несколько методологий разработки тестов. Они отличаются теоретическим подходом и практической реализацией. Выделяют основные методологии:

- 1) Системный подход;
- 2) Методология, которая состоит из тестовых случаев использования;



Рис. 3. Модель организации тестирования

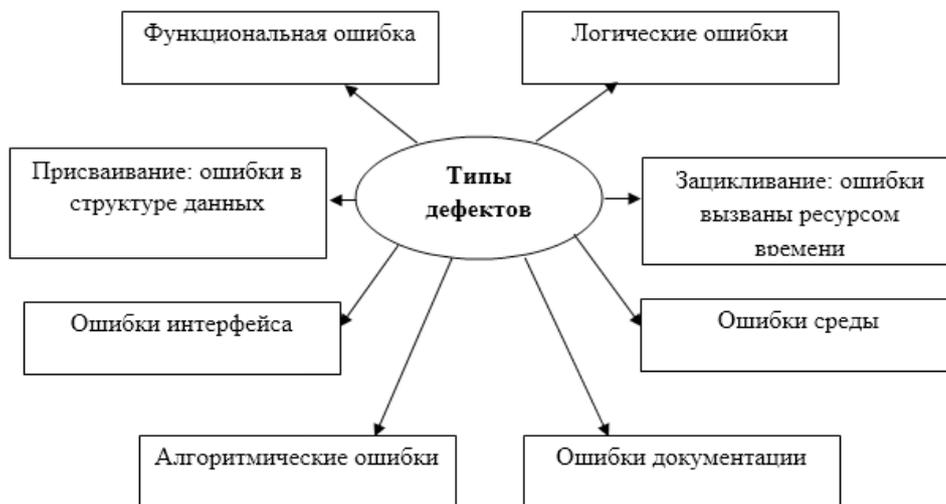


Рис. 4. Типы дефектов

- 3) Метод на основе ортогональной классификации дефектов;
- 4) Методика на основе метрики сложности.

Из перечисленных методов был рассмотрен наиболее широко используемый метод, который основан на классификации по типам ошибок.

Ортогональная классификация дефектов (ODC: Orthogonal Defect Classification) — это метод сбора и анализа информации о типах неисправностей, которые могут появиться в программе. Ключевая особенность — набор инструментов для анализа данных, позволяющий определять решения для улучшения качества проектов [4].

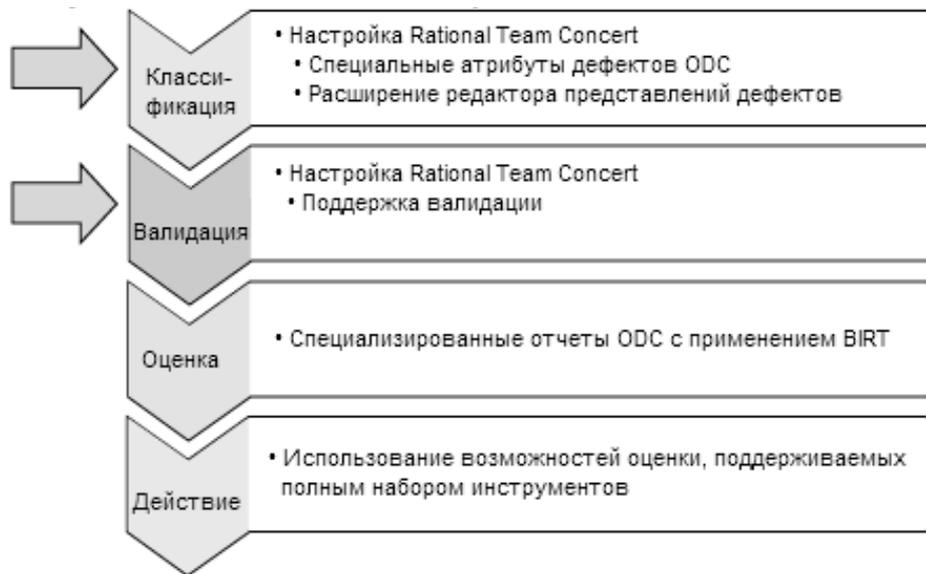


Рис. 5. Этапы процесса ODC

Идея ортогональной классификации неисправностей заключается в разделении всех дефектов на следующие типы (рисунок 4) [4]:

Существует способ быстрого сбора данных и реализации тестирования на методе OVC с помощью программы Rational Team Concert.

Rational Team Concert представляет собой систему для составления отчетов на основе анализа данных ПО. На рисунке 5 представлены основные процессы ODC-анализа [1].

Исходя из выполненного анализа можно сделать вывод, что использование онтологической класси-

фикации для анализа программного продукта при правильном использовании позволит детально проанализировать историю дефектов и сэкономит время на каждом этапе жизненного цикла ПО. Набор простых правил классификации ошибок и аналитических функций ODC легко применимы к любому проекту любой сложности.

Благодарности

Выражается благодарность научному руководителю — заведующему кафедрой технической кибернетики УГАТУ, доктору технических наук, профессору Гвоздеву Владимиру Ефимовичу за ценные консультации и поддержку в проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Бизон–Адамчик, Повышение качества проектов с помощью Rational Team Concert 3.0 и ODC: Часть 1. Классификация и валидация дефектов // IBM. DeveloperWorks: 2011–С.2–17.
2. Липаев В.В., Тестирование компонентов и комплексов программ // Учебник. — М.: СИНТЕГ, 2010. — С.21–23.
3. Субхангулова А. С., Оценивание количества дефектов в программных модулях как задача управления качеством программных продуктов // Материалы XII Всерос. школы конференции молодых ученых «Управление Большими системами», 7–11 сент. 2015 г., — Волгоград, С. 797–808.
4. Методология построения тестовых случаев на основе ортогональной классификации [эл.ресурс] <http://software-testing.ru/library/5-testing/79-2008-09-29-07-36-54>
5. Тюфанова А. А. Дефекты программного обеспечения системы управления движением судов // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). — СПб: Свое издательство, 2016. — С. 99–103.

© Кириллов Константин Витальевич (x5075@yandex.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЁННЫХ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

SYSTEMS FOR DIGITAL PROCESSING OF A NOISED SPEECH SIGNAL AT REAL TIME SCALE

Yu. Krylov

Summary. There is examine of a system for digital processing noised speech signal. Digital processing produces in frequency domain at real time scale. The system is based on using two-channel compensator of a noise. Useful signal observes at a background of a statistic independent interferences. There is examine of a structure scheme and a special compensation of a pipeline –parallel processor. There is definition of a number of iterations for recognition speech signal well at wide range relation of signal/noise.

Keywords: Speech signals, adaptive filter, compensator of a noise, fast Fourier-transportation, pipeline-parallel processor, relation of signal/noise.

Крылов Юрий Дмитриевич

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
Государственный университет
Аэрокосмического приборостроения
yu.d.krylov1@gmail.com

Аннотация. Рассматривается система цифровой обработки зашумленных речевых сигналов. Обработка производится в частотной области в реальном масштабе времени. Система базируется на использовании двухканального адаптивного компенсатора помех. Полезный сигнал наблюдается на фоне аддитивных статистически независимых помех. Рассмотрены структурные схема и состав специализированного поточно- параллельного процессора. Определяется необходимое число итераций вычислительного процесса, необходимых для хорошего распознавания речи в широком диапазоне отношений сигнал/шум.

Ключевые слова. Речевые сигналы, адаптивная фильтрация, компенсатор помех, быстрое преобразование Фурье, отношение сигнал/шум.

В настоящее время в ряде областей техники продолжает оставаться актуальной задача цифровой обработки сигналов [1,2,3]. Среди этих задач особое место занимает задача выделения речевого сигнала на фоне аддитивных помех. При этом могут использоваться методы, основанные на адаптивной фильтрации [4] и на моделях линейного предсказания [5]. Часто необходимо, чтобы выделение полезного речевого сигнала происходило в реальном масштабе времени. Для этой цели с успехом применяется адаптивная фильтрация. Она может осуществляться во временной и частотной областях с помощью адаптивного компенсатора помех, в состав которого входит адаптивный фильтр с настраиваемыми весовыми коэффициентами, которые вычисляются с помощью алгоритма Уидроу таким образом, чтобы достигался минимум среднеквадратической ошибки (СКО). Фильтрация в частотной области позволяет в значительной степени сократить количество вычислений по сравнению с фильтрацией во временной области [1]. Схема организации вычислительного процесса при осуществлении адаптивной фильтрации в частотной области с помощью адаптивного компенсатора помех приведена на рис. 1.

Адаптивный компенсатор помех имеет два входа (канала): основной и опорный. На основной вход системы подается смесь полезного сигнала S и помехи n_1 , а на другой — коррелированная с n_1 помеха n_2 . При этом предполагается, что полезный сигнал S не коррелирован

с помехами n_1 и n_2 . Компенсация помех осуществляется следующим образом. Входные сигналы запоминаются в буферной памяти (на рис. 1 не показана) для образования N -отсчётных блоков данных, которые затем преобразуются посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ) [1] для образования комплексных значений $D(l)$ спектра желаемого отклика и $X(l)$ -входных сигналов адаптивного фильтра ($l=1, \dots, N$).

Каждый комплексный весовой коэффициент $W(l)$, соответствующий l -й компоненте спектра, формируется независимо и только один раз для каждого блока данных. В процессе адаптации этот коэффициент в соответствии с адаптивным алгоритмом Уидроу в частотной области изменяется следующим образом:

$$W(k+1) = W(k) + 2\mu\varepsilon(k)X^*(k), \quad (1)$$

где $W(k)$ — комплексный весовой коэффициент на k -м шаге адаптации; μ — коэффициент адаптации; $\varepsilon(k)$ — ошибка; $X^*(k)$ — комплексно сопряжённая величина от входного сигнала $X(k)$ адаптивного фильтра.

При этом для каждой компоненты ошибка будет

$$\varepsilon(k) = D(k) - Y(k) = D(k) - W(k)X(k), \quad (2)$$

где $D(k)$ — спектральная составляющая смеси полезного сигнала и помехи, поступающей на основной вход

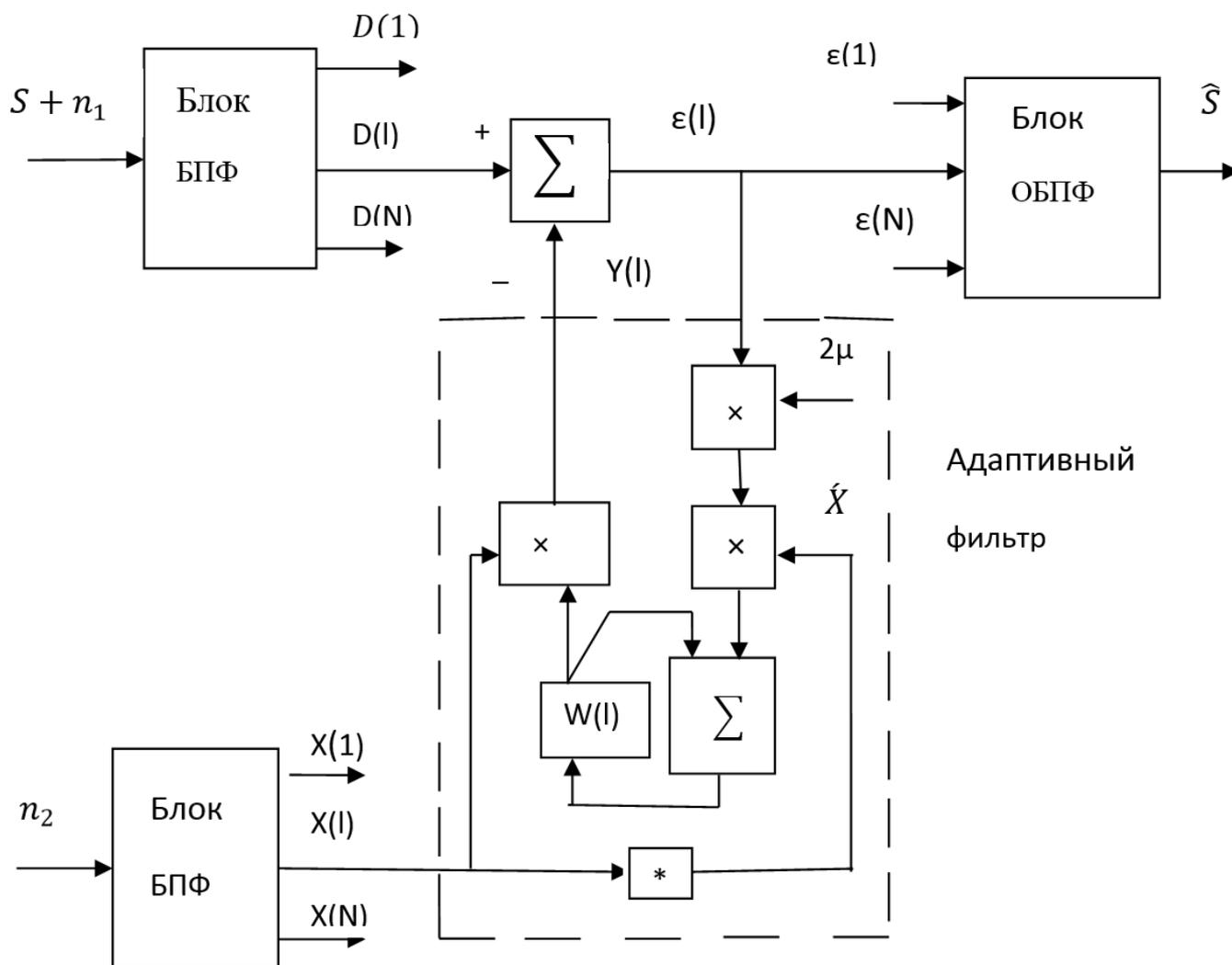


Рис. 1. Адаптивный компенсатор помех

компенсатора; $Y(k)$ — выходной сигнал адаптивного фильтра; $X(k)$ — спектральная составляющая помехи, поступающей на опорный вход компенсатора.

Взвешенные выходные сигналы подаются в блок вычисления обратного БПФ (ОБПФ) для формирования блока выходных данных, представляющих собой отсчеты очищенного полезного сигнала.

В работе [4] исследованы модели взаимодействия полезного сигнала и помех. В первой модели полезный сигнал не проникает на опорный вход компенсатора помех. В этом случае математическое ожидание величины весового коэффициента на

($k+1$)-м шаге адаптации будет

$$E[W(k+1)] = \frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2} [1 - (1 - \mu\sigma_n^2)^{k+1}], \quad (3)$$

где $\sigma_l^2 = E[D(m)X^*(m)]$; σ_n^2 — дисперсия помехи на опорном входе компенсатора; m — номер блока отсчетов временной последовательности сигналов. Для второй модели, когда полезный сигнал частично проникает на опорный вход компенсатора помех, аналогично

$$E[W(k+1)] = \frac{\alpha\sigma_s^2 + \sigma_n^2}{\alpha^2\sigma_s^2 + \sigma_n^2} [1 - (1 - \mu(\alpha^2\sigma_s^2 + \sigma_n^2))^{k+1}], \quad (4)$$

где α — коэффициент корреляции; σ_s^2 дисперсия полезного сигнала.

Адаптивная фильтрация полезного речевого сигнала в реальном

масштабе времени может быть выполнена при применении поточно-параллельной схемы вычисле-



Рис. 2. Структурная схема поточного процессора БПФ

ний. При этом перевод временных последовательностей отсчётов входных сигналов производится с помощью поточных процессоров БПФ, а вычисления по формулам

(1) и (2) проводятся для всех компонент спектра в темпе, определяемом динамикой поступления выходных данных из поточных процессоров БПФ. Аналогично осуществляется с помощью поточного процессора обратное БПФ для получения временной последовательности отсчётов очищенного от помех полезного сигнала.

При работе в реальном масштабе времени при дискретизации входных сигналов с частотой f Гц один этап вычислительного процесса БПФ должен выполняться за время

$$T \leq \frac{N}{qf},$$

где N — длина временной последовательности отсчётов; q — степень перекрытия.

За это время требуется провести необходимое число итераций вычислительного процесса по формулам (1) и (2).

Эксперименты показали, что хорошее качество фильтрации достигается при $f = 15$ кГц, $N = 512$ и $q = 2$ [6]. При применении микропроцессорных комплектов повышенного быстродействия, имеющих в своём составе устройства умножения, аппаратно реализующих операцию умножения, один модуль поточного процессора БПФ может выполнять n этапов вычислительного процесса БПФ. При этом n может быть выбрано из соотношения

$$n \frac{N}{2} t_{б.о.} \leq T,$$

где $N/2$ — число базовых операций БПФ на одном этапе вычислений БПФ; $t_{б.о.}$ — время выполнения базовой операции.

Общее число этапов вычислительного процесса

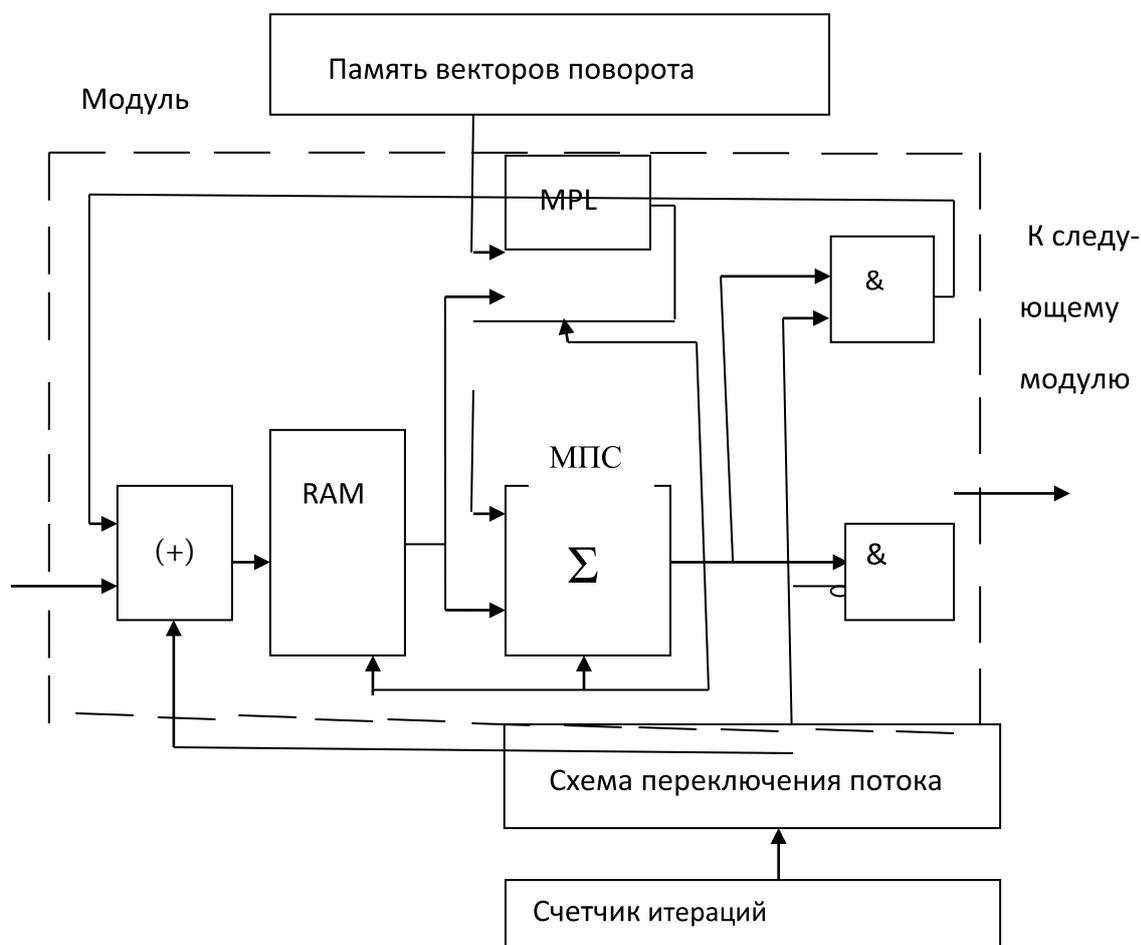


Рис. 3. Структурная схема модуля поточного процессора БПФ

$$M = \log_2 N$$

На рис. 2 приведена структурная схема поточного процессора БПФ.

Он имеет M/n модулей, каждый из которых последовательно выполняет $N/2$ этапов вычислительного процесса при вычислении базовых операций БПФ на каждом этапе. Поворачивающие множители хранятся в памяти векторов поворота и поступают в модули по специальной шине в режиме разделения времени. Модули имеют в своём составе устройства обработки (процессорные блоки), устройства временного хранения данных (ОЗУ), и переключатели для распределения потоков данных после выполнения этапов БПФ (на рис. 2 не показаны). Для управления подачи входных данных и поворачивающих множителей в устройства обработки модулей в состав поточного процессора введен двоичный счётчик с числом разрядов M . Подключение соответствующих разрядов двоичного счетчика для управления осуществляется специальным счётчи-

ком числа итераций, проводимых в модуле, через схему управления и вентили.

На рис. 3 приведена структурная схема модуля поточного процессора БПФ, содержащего процессорный блок, включающий микропроцессорную секцию МПС (сумматор), умножитель MPL, блок ОЗУ (RAM) и схемы переключения.

Расчеты показали, что при использовании сумматора со схемой ускоренного переноса и двух БИС последовательного умножителя (УМП 8×8), быстродействие модуля таково, что при $f = 15$ кГц, $N = 512$ и $g = 2$ он обеспечивает выполнение 3-х этапов БПФ по 256 базовых операций. Процессорный блок выбирает входные данные из ОЗУ предыдущего модуля, проводит три этапа БПФ, используя блок ОЗУ модуля, и выдает результаты в ОЗУ следующего модуля. Три модуля обеспечивают выполнение девяти операций ($N=512$) в реальном масштабе времени. Для проведения 30 операций вычислительного процесса адаптивной фильтрации по формулам (1) и (2) для

всех компонент спектра в реальном масштабе времени требуется 16 обрабатывающих модулей, работающих параллельно, каждый из которых имеет два процессорных блока, каждый такой блок имеет один сумматор и один умножитель.

Проведённые исследования подтвердили справедливость формул (3) и (4) и показали, что компенсация помех достигается в широком диапазоне от-

ношения сигнал/шум (С/Ш). Эксперименты показали [6], что при применен сглаживающих окон Хэмминга и коэффициенте корреляции α равном 0,1 хорошая разборчивость речи достигается при отношении С/Ш, равном 10 дБ за 12 итераций при изменении СКО на 30 дБ; при отношении С/Ш равном 0 дБ за 22 итерации при изменении СКО на 20 дБ и при отношении С/Ш равном -10 дБ за 27 итераций при изменении СКО на 24 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Рабинер, Б. Гоулд. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Пер с англ. /под ред. Ю. Н. Александрова. — М.: Мир, 1978.—848 с.
2. Марпл.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 584 с.
3. Адаптивные фильтры: Пер. с англ./Под ред. К. Ф. Коуэна и П. М. Гранта. — М.: Мир, 1988. — 392 с.
4. Уидроу Б., Маккул Д ж., Болл М. Комплексная форма алгоритма НСКО//ТИИЭР.1973. Т. 63 № 3.
5. Маркер Дж. Д., Грей А. Х. Линейное предсказание речи: Пер с англ./Под ред. Ю. Н. Прохорова и В. С. Звездина. — М.: Связь, 1980. — 308 с.
6. Крылов Ю. Д. Поточно-параллельные вычислительные системы для цифровой обработки речевых сигналов. Москва. Материалы 15-й Международной Научно-практической конференции «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества» Москва: Изд-во 'Интеллект стратегических исследований': Изд-во 'Перо',2015. с. 55–60.

© Крылов Юрий Дмитриевич (yu.d.krylov1@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЕРТНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОРГАНОВ МВД РОССИИ

PROBLEMS OF THE ASSESSMENT OF FORENSIC ACTIVITY IN THE WORK OF LOCAL RUSSIAN INTERIOR MINISTRY UNITS

Ye. Kudinov

Summary. This article reviews problems of assessment of forensic activities in work of local Russian interior ministry units, i.e. it's development in a period from 2012 to 2016 and the influence of assessment on the action of mentioned units.

On the author's view, the assessment of the mentioned police activity should be done from at least two contrary marks, which could consider the structure and the level of criminality. Herewith the assessed marks should not restrain the use of criminalistic forces and resources on one hand or motivate for boundless use of limited forces and resources on each and every crime, without counting the circumstances on the other hand. With this purpose the analyses of the committed crimes and the results of the forensic activities on the territory of service of local police units were done. Two marks for the assessment of the forensic activities of police are offered, considering the results of the research.

Keywords: forensic activities, law enforcement authorities, crime scene examination, investigation of crimes, assessment of police.

Кудинов Евгений Викторович

Главный эксперт экспертно-криминалистического центра ГУ МВД России по Пермскому краю
kudinov.eugene@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы оценки экспертно-криминалистической деятельности территориальных органов МВД России, как она развивалась с 2012 по 2016 годы и влияние оценки на оперативно-служебную деятельность указанных подразделений.

По мнению автора, оценивать данный вид деятельности полиции необходимо с позиции, как минимум двух антагонистических показателей, которые способны учитывать структуру и уровень преступности. При этом оцениваемые показатели не должны сдерживать применение криминалистических сил и средств в раскрытии преступлений или стимулировать к безудержному применению ограниченных сил и средств по всем преступлениям, без учета обстоятельств их совершения. С этой целью проведен регрессионный анализ совершенных на территориях обслуживания территориальных органов МВД России на районном уровне преступлений, а также результатов экспертно-криминалистической деятельности рассматриваемых подразделений. С учетом проведенного исследования предложены два показателя для оценки экспертно-криминалистической деятельности полиции.

Ключевые слова: экспертно-криминалистическая деятельность, правоохранительные органы, осмотр места происшествия, расследование преступлений, оценка деятельности полиции.

Оценка деятельности территориального органа МВД России (ТО МВД России) является необходимым инструментом системы анализа и корректировки направления его работы. Система оценки позволяет определить приоритетные направления деятельности территориального органа МВД России, сформулировать актуальные задачи и направления корректировки оперативно служебной деятельности, в целях повышения эффективности работы.

Критерии оценки должны определяться на основе выявления ключевых проблем конкретных территорий, а также причин существования этих проблем.

Осуществление экспертно-криминалистической деятельности (ЭКД) является одним из основных направлений работы полиции, нацеленной на противодействие преступности, следовательно система оценивания ЭКД должна входить в систему оценивания ТО МВД России.

Система оценивания ЭКД позволяет определить эффективность использования и применения экспер-

тно-криминалистических средств и методов (ЭКМ) в раскрытии и расследовании преступлений, использования их в собирании доказательств, организации назначения и производства судебных экспертиз по уголовным делам или делам об административных правонарушениях. Оценка ЭКД на разных этапах реформирования системы МВД России то исключали из системы оценивания ТО МВД России [1], то вновь включали [2, 3, Error: Reference source not found].

Если рассмотреть изменение системы оценки деятельности экспертно-криминалистических подразделений (ЭКП) и ЭКД ТО МВД России за период с 2005 по 2015 гг., то условно можно выделить 3 периода:

1 период: с 2005 по 2011 гг. Оценка деятельности ТО МВД России по линии экспертно-криминалистической службы осуществлялась по девяти различным направлениям [2, 3], некоторые из которых имели антагонистический характер. По девяти показателям оценивались ТО МВД России как регионального, так и районного уровней, а вместе с ними созданные при них ЭКП.

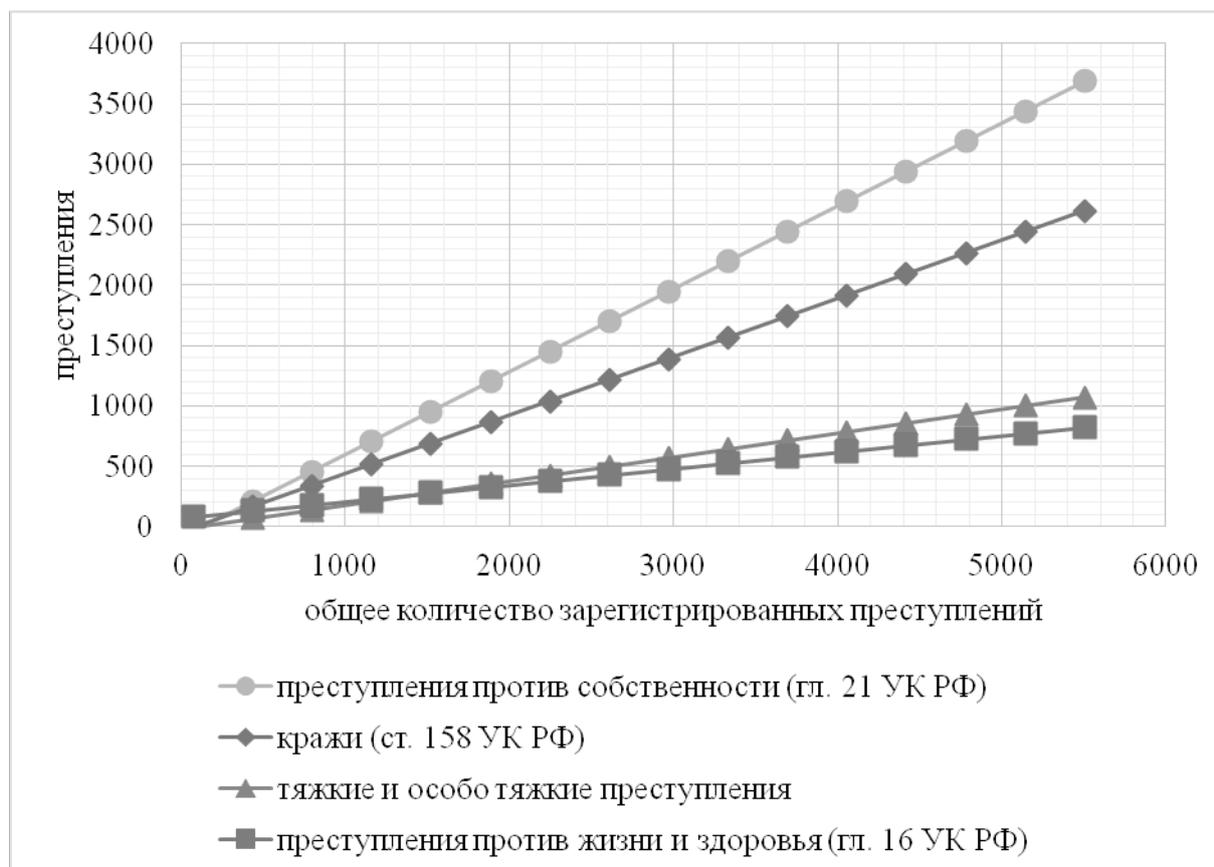


Рис. 1. Распределение видов преступлений от общего количества зарегистрированных преступлений в ТО МВД России на районном уровне

Особенностью системы оценки в указанный период является сравнение качественных показателей с аналогичным периодом прошлого года. Поскольку уровень преступности зависит от ряда социально-экономических факторов [5, 6], то постоянно удерживать все оцениваемые показатели в положительной динамике в условиях ограниченных материальных и кадровых ресурсов — задача для руководителя достаточно сложная.

2 период: с 2012 года по 2013 гг. В связи с изменением концептуальных подходов самой системы оценки органов внутренних дел, ЭКД в новую систему оценки ТО МВД России не была включена, что дало неоднозначные последствия во взаимодействии подразделений в раскрытии и расследовании преступлений [1]. Ряд руководителей ТО МВД России обращали внимание на деятельность и нужды ЭКП в том случае, когда от деятельности данных подразделений зависели оценочные показатели (например, раскрываемость преступлений).

В ТО МВД России, на обслуживаемой территории которых ежегодно регистрировалось примерно 150–300

преступлений, роль ЭКП в раскрытии и расследовании преступлений незначительна, поскольку они раскрывались преимущественно сотрудниками других подразделений. Это характерно для районов сельской местности.

3 период: с 2014 года по настоящее время. В систему оценки ТО МВД России ввели показатель «Осуществление экспертно-криминалистической деятельности» [Error: Reference source not found]. Ввиду того, что не удастся найти или определить объективный критерий оценки как ЭКД, так и ТО МВД России в целом, система оценки ежегодно обновляется.

Введение новых показателей оценки ЭКД не всегда приводит к рациональному использованию имеющихся сил и средств.

Например, в целях повышения оценки ЭКД ТО МВД России на районном уровне проводился анализ составов сообщений о преступлениях, по которым принятие решения о возбуждении уголовного дела маловероятно. По таким сообщениям специалисты ЭКП к осмотрам мест происшествий (ОМП) старались не привлекать,

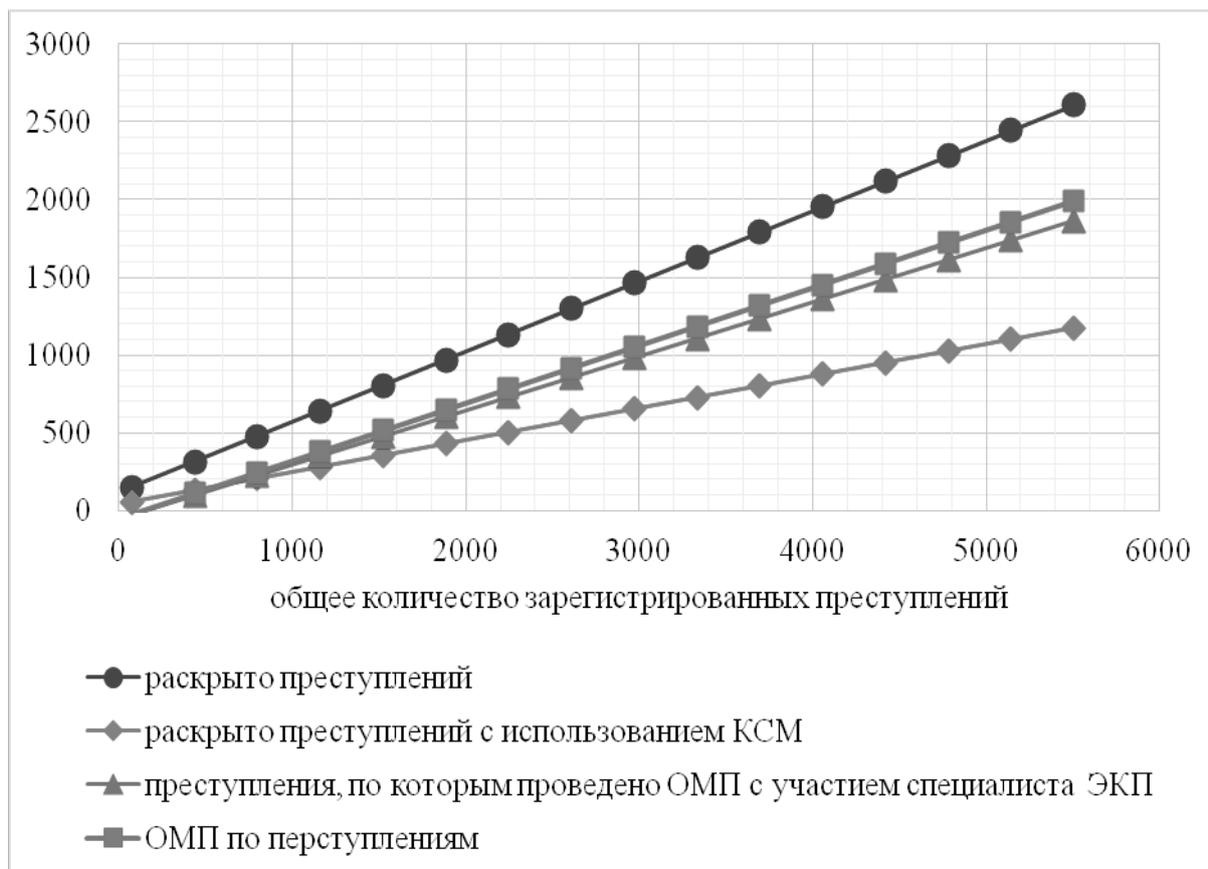


Рис. 2.
Результаты ЭКД ТО МВД России на районном уровне

т.е. дежурные СОГ прибывали на место происшествия не в полном составе, или участие специалистов ЭКП в ОМП не фиксировалось в соответствующем Журнале учета работы. В целях повышения показателя оценки ЭКД ТО МВД России, количество ОМП с участием специалистов ЭКП сократилось, что привело к снижению криминалистического обеспечения ОМП и других ведомственных показателей, используемых в экспертно-криминалистической службе.

Использование с 2014 года одного показателя в оценке ЭКД привело к тому, что работа ряда руководителей строилась на повышении оцениваемого показателя с игнорированием рационального и эффективного использования ограниченных сил и средств.

Таким образом, разрабатываемая система оценки ЭКД не должна быть сдерживающим фактором по применению ЭКСМ в раскрытии и расследовании преступлений, но в то же время не должна стимулировать к необоснованному привлечению специалиста ЭКП к раскрытию преступлений без учета обстоятельств и условий их совершения.

Одной из проблем оценки ЭКД является определение критериев, относительно которых и будет решаться вопрос об эффективном и рациональном использовании кадровых и материально-технических ресурсов с учетом складывающейся на обслуживаемой территории оперативной обстановки. Поэтому в оценке ЭКД предлагается использовать как минимум два антагонистических показателя, которые допустимо использовать при сравнении ТО МВД России с разным кадровым потенциалом и криминогенной обстановкой на обслуживаемой территории.

В ряде ТО МВД России на районном уровне, у которых штатная численность специалистов ЭКП не позволяет организовать их круглосуточное дежурство в составе дежурной следственно-оперативной группы, самостоятельное применение ЭКСМ при проверке сообщения о преступлении осуществляет следователь (дознатель) или иное уполномоченное на то должностное лицо. В целях установления обстоятельств, имеющих значение для расследования преступления, изъятые следы и вещественные доказательства направляются для их дальнейшего экспертного исследования

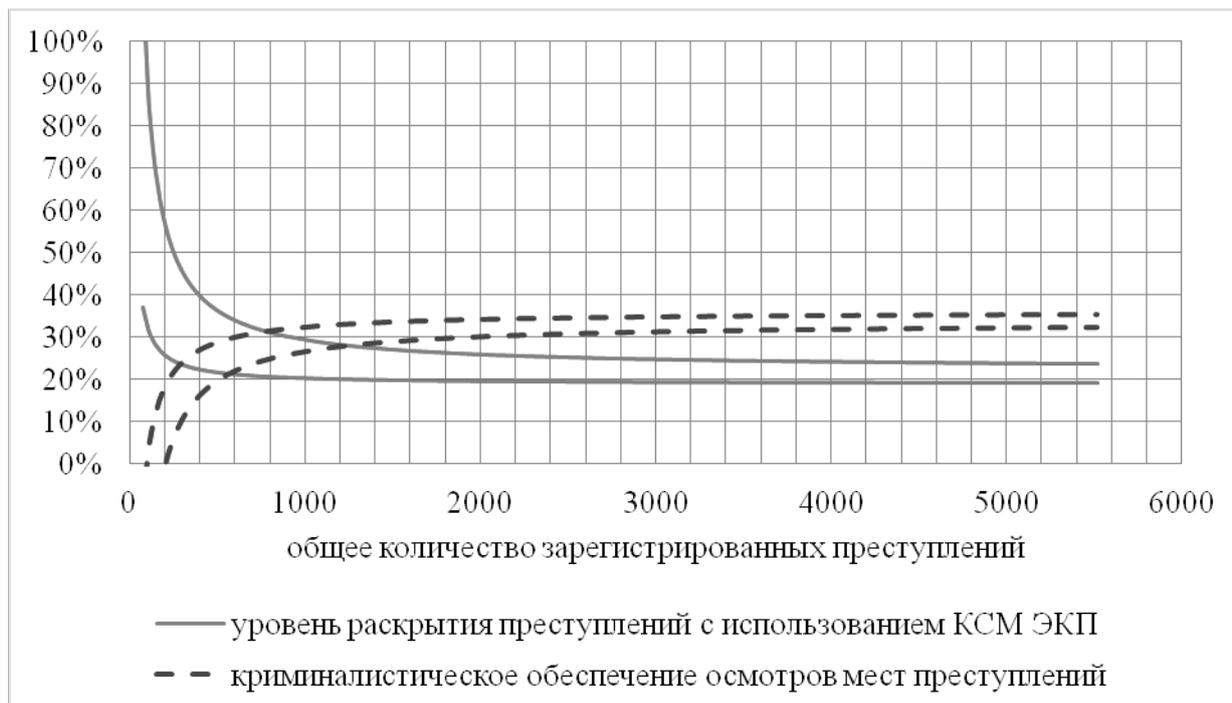


Рис. 3. Доверительные интервалы предлагаемых оцениваемых показателей ТО МВД России (при уровне надежности $\gamma=0,05$)

в ЭКП, что и обуславливает применение ЭКСМ в раскрытии и расследовании преступлений в тех ТО МВД России на районном уровне, при которых ЭКП не созданы или не функционируют по объективным причинам.

Например, по итогам работы за период с 2012 по 2016 года ТО МВД России Пермского края на районном уровне на рисунке 1 показаны регрессионные модели изменения структуры преступности в зависимости от числа регистрируемых преступлений на обслуживаемой территории преступлений в год.

На рисунке 1 видно, что структура преступности, в зависимости от количества регистрируемых преступлений, меняется, соответственно меняются и результаты применения ЭКСМ в раскрытии и расследовании преступлений (см. рис. 2).

Проведенный автором анализ структуры преступности во всех территориальных единицах Пермского края за период с 2012 по 2016 гг. позволил предложить использовать для оценки ЭКД два показателя:

1. «Криминалистическое обеспечение осмотров мест преступлений», определяемый как отношение количества преступлений, по которым ОМП проведено с участием специалиста ЭКП, к общему количеству зарегистрированных преступлений.

2. «Уровень раскрытия преступлений с использованием ЭКСМ ЭКП», определяемый как отношение количества преступлений раскрытых с использованием ЭКСМ ЭКП, к общему количеству зарегистрированных преступлений.

Выбор указанных показателей обусловлен тем, что экспертно-криминалистическая служба не является основной в раскрытии расследовании преступлений, поскольку ход и направление расследования уголовного дела, в соответствии с нормами УПК РФ, самостоятельно определяет лицо, ведущее предварительное расследование преступления.

Поскольку для построения регрессионных моделей включались элементы, у которых наблюдались значительные отличия в характеристиках, то для оценки показателей ТО МВД России целесообразно использовать доверительный интервал с заданным уровнем надежности (γ).

Доверительный интервал чаще всего выбирается симметричным относительно среднего значения (y), т.е.:

$$P\{y \in (y - \varepsilon, y + \varepsilon)\} = P\{|y - \bar{y}| < \varepsilon\} = \gamma$$

Оценка ЭКД ТО МВД России будет осуществляться по двухбалльной шкале: «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Проведенные расчеты показали, что по итогам работы за 2016 год по обоим показателям «Криминалистическое обеспечение осмотров мест преступлений» и «Уровень раскрытия преступлений с использованием ЭКСМ ЭКП» деятельность 19,6% ТО МВД России на районном уровне оценена неудовлетворительно, по одной неудовлетворительной оценке получили 23,5%, деятельность 56,9% подразделений оценена удовлетворительно.

Предлагаемая модель оценки ЭКД ТО МВД России свободна от особенностей структуры и штатного построения оцениваемого подразделения, поскольку допускает привлечение специалиста ЭКП сопредельного ТО МВД России и использование возможностей любого экспертного учреждения, входящего в систему МВД России. Для проведения оценки используются только документы первичного учета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МВД России от 26.12.2011 № 1310 «Вопросы оценки деятельности территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации»;
2. Приказ МВД России от 03.02.2003 № 75дсп «О мерах по повышению эффективности инспектирования и контрольных проверок деятельности органов внутренних дел»;
3. Приказ МВД России от 05.10.2005 № 815 «Об организации и проведении инспектирования и контрольных проверок деятельности органов внутренних дел»;
4. Приказ МВД России от 31.12.2013 № 1040 «Вопросы оценки деятельности территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации»;
5. Горощко И.В., Бондаренко Ю. В. Формализация процесса согласования социальных и экономических показателей развития региона в целях нормализации криминогенной обстановки // Сборник трудов XXIV Всероссийской конференции «Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов» — М.: Академия управления МВД России, 2015. С. 6–9;
6. Латов Юрий Валерьевич Экономические детерминанты преступности в зарубежных странах (обзор криминометрических исследований) // ИС. 2011. № 1.

© Кудинов Евгений Викторович (kudinov.eugene@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ГЕНЕРАЦИЯ ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ ПАПИЛЛЯРНЫХ УЗОРОВ С УЧЕТОМ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСОБЫХ ТОЧЕК

GENERATION OF FIELDS OF DIRECTIONS OF PAPILLARY PATTERNS WITH REGISTRATION OF SPECIAL POINTS

**R. Minkhanov
V. Gudkov**

Summary. Artificial fingerprints imitate the images that are obtained with the help of electronic scanners. A potential alternative to the collection of large fingerprint databases is the synthesis of a fingerprint. The article poses the problem of considering the existing methods and stages of generation of artificial fingerprints. As a result of the analysis, the authors identify the main stages, give a description of the methods. The authors propose their own algorithm for generating the direction field of papillary patterns.

Keywords: papillary patterns; Mathematical models; synthetic.

Минханов Рамиль Фаильевич

Аспирант, преподаватель, «Южно-Уральский
государственный университет (НИУ)»
digerfight@gmail.com

Гудков Владимир Юльевич

Д.ф.-м.н., профессор, «Южно-Уральский
государственный университет (НИУ)»

Аннотация. Искусственные отпечатки пальцев подражают изображениям, которые получены при помощи электронных сканеров. Потенциальной альтернативой сбора больших баз данных отпечатков пальцев является синтез отпечатка пальца. В статье ставится задача рассмотрения существующих методов и этапов генерации искусственных отпечатков пальцев. В результате анализа авторы выделяют основные этапы, дают описание методов. Авторы предлагают свой алгоритм генерации поля направлений папиллярных узоров.

Ключевые слова: папиллярные узоры; математические модели; синтетический.

Введение

Биометрические технологии входят в состав широко распространенных технологий и средств информационной защиты. Самой известной биометрической особенностью человека, применяемой для его идентификации, являются отпечатки пальцев. При создании точных систем распознавания существует потребность в проведение качественного тестирования, что в свою очередь порождает потребность в базах данных с огромным числом моделей отпечатков пальцев. В данный момент времени эта проблема отчасти решена исследованиями и работами по созданию реалистично выглядящих отпечатков пальцев, которые в дальнейшем могут быть применены для всевозможных целей.

Проведенные исследования в различных научных областях, таких как эмбриология, антропология, статистика (закономерности папиллярных узоров), генетика, криминалистика и биометрия, не оказали практически никакого влияния на применявшиеся методы, технологии и механизмы, при применении которых не брался в расчет процесс образования форм папиллярных узоров. Отсутствие общей единой теории об образовании папиллярных узоров несет явные последствия для такой научной дисциплины как криминалистика. На сегодняшний день модели распределения значимых характеристик папиллярного узора и их выявления в большинстве своем построены на статистическом анализе, вслед-

ствие того, что на данный момент адекватной математической модели формирования таких особенностей не представлено.

Проведенные исследования по созданию искусственного отпечатка пальца можно условно разделить на две основные категории: те, которые основаны на физических моделях и те, которые основаны на статистических моделях [4].

В работе Шертинского и Пикарда [8] представлен комплексный метод, который использует динамичную нелинейную систему, называемую «M-lattice», эта модель может быть использована в качестве основы для генерации синтетического отпечатка пальца.

В работах Пенроза [6] допускалось, что папиллярные узоры, такие как петли, завитки и т.д., были сформированы хребтами, соответствующими линиям кривизны кожи эмбриона в то время, когда формировались хребты. Основываясь на этой работе Марди, Ли, и Хейнсворт [5] показали, что узоры отпечатка пальца могут быть смоделированы дифференциальными уравнениями, у которых есть точное решение.

Кюккеном и Ньюэллом [3] предложили свою модель, основанную на следующих гипотезах:

- ◆ папиллярные узоры создаются силами, которые вызваны дифференциальным ростом базального слоя эпидермиса;

- ◆ неоднородный рост базального слоя эпидермиса приводит к сжимающему напряжению, которое приводит к кривизне, создавая первоначальные хребты.

Почти периодические узоры, очень похожие на человеческие отпечатки пальцев, могут быть получены путем применения модели Кюккена [4,7]: три основных класса отпечатков пальцев могут быть смоделированы и проявляют минуции в областях.

Цель данной работы — описать метод генерации поля направлений папиллярных узоров основанной на математической модели. Основное внимание в этой работе уделяется модели, основанной на физических механизмах формирования. Тем не менее, также рассматриваются следующие вопросы:

- ◆ Как определяется направление хребтов с учетом расположения особых точек?
- ◆ Формирование различных типов узоров (виток, петля, арки).

В первой части рассматривается модель формирования зоны отпечатка. Во второй части предлагается модель формирования поля направлений папиллярных узоров.

Генерация зоны отпечатка пальца

В работах Каппелли, Майо и Мальтони [1] выделяются четыре основных этапа формирования синтетического отпечатка пальца:

1. Генерация области отпечатков пальцев;
2. Генерация поля направлений папиллярных линий;
3. Генерация частотного изображения;
4. Генерация рисунка папиллярных линий;

Типичный алгоритм распознавания отпечатков пальцев обрабатывает отпечатки пальцев следующим образом: отпечаток пальца изначально сегментируется от фона, оцениваются локальная частота и поле направлений, и эта информация используется для того, чтобы выделить контуры рисунка хребта и найти минуции [4]. В целях получения изображений отпечатков пальцев необходимо «перевернуть» некоторые из вышеописанных операций: область отпечатка пальца, поле направлений и частотное изображение, созданные независимо друг от друга и являющиеся входными параметрами по отношению к процессу генерации папиллярного узора.

В данной работе рассматриваются первые два этапа генерации. За основу первого этапа берется модель, предложенная Каппелли и др. [1].

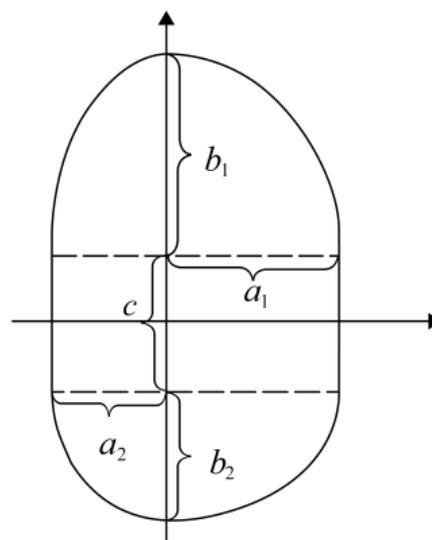


Рис. 1. Модель формирования формы отпечатка пальца (a_1, a_2, b_1, b_2, c — скалярные величины)

На первом этапе генерации, строится основная форма отпечатка пальца в соответствии с моделью, базирующейся на эллиптических сегментах, и которая представлена на рисунке 1.

Модель генерации поля направлений

Модель направления, предложенная Шерлоком и Монро, позволяет построить поле направлений из знания позиции особых точек отпечатка пальца (петли и дельты). В этой модели изображение находится в комплексной плоскости, и направление локального хребта вычисляется фазой квадратного корня сложной рациональной функции, чьи особенности находятся в том же самом месте, как и особые точки отпечатков пальцев (петли и дельты).

К сожалению, генерация изображений поля ориентации для видов папиллярных узоров арочного типа, которые не содержат никаких особых точек, не поддерживаются этой моделью.

Таким образом, несмотря на то, что модель Шерлока и Монро [7] является хорошей отправной точкой, она не подходит для генерации поля направлений.

Визская и Герхардт [9] предложили вариант модели Шерлока и Монро, который предоставляет больше углов свободы, для того чтобы справиться с направлением изменчивости, которая может охарактеризовать поле направлений хребтов с соответствующими особыми точками.

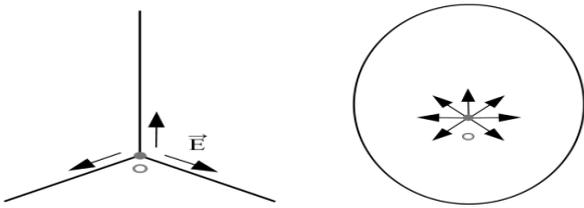


Рис. 2. Модели напряжённости двух классов особых точек. Сила напряженности задается в точке O , сила напряженности в любой точке в пределах поля рассчитывается обратно квадрату расстояния

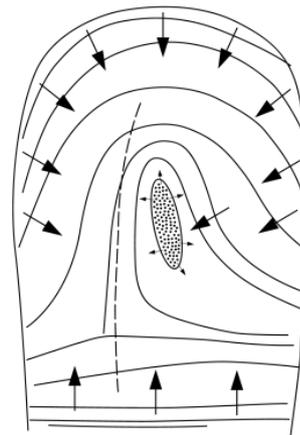


Рис. 3. Модель формирования направлений папиллярных линий

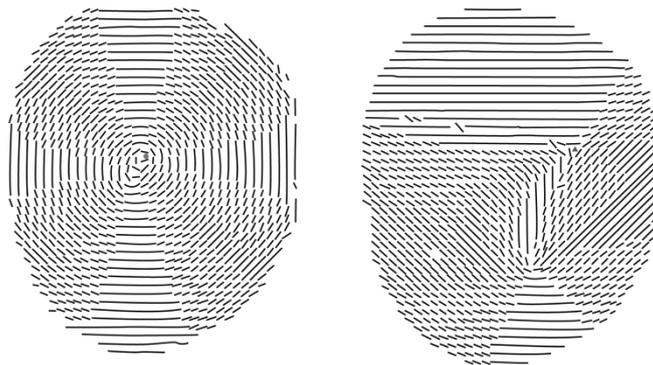


Рис. 4. Результат работы математической модели.

Целью работы Визская и Герхардта является получение наиболее приближенного к реальному поля направления, полученного от конкретного отпечатка пальца.

Модель Визская и Герхардта основана на статистических методах и не учитывает физические основы формирования папиллярного узора.

Интересная модель была предложена Кюккеном и Ньюэллом [3] которая основывается на гипотезах физического формирования папиллярного узора и позволяет построить три основных вида папиллярных узоров.

Авторы работы предлагают начинать второй этап генерации с определения положения особых точек (ядро, дельта), затем, используя математическую модель, осно-

ванную на теории Кюккена и Ньюэлла [2], генерируется поле направлений папиллярных узоров.

Гипотеза складок была предложена впервые в 1883 году А. Колльманом. [10] К. Бонневи в 1924 году в своей работе описала процесс образования первичных хребтов. Согласно Бонневи [11] узоры отпечатков пальцев создаются усилиями, которые вызваны дифференциальным ростом базального слоя эпидермиса; неоднородный рост базального слоя эпидермиса приводит к сжимающему напряжению, которое приводит к кривизне, создавая первоначальные хребты.

Математическая модель, предлагаемая авторами, опирается на теорию формирования папиллярных узоров, вследствие дифференциального роста базального слоя эпидермиса. На данном этапе, так же учитываются

аспекты напряжённости на особых точках. При формировании поля направлений модели параметрически задается поле напряжения в особой точке, согласно рисунку 2.

Стоит отметить, что напряжение изменяется обратно квадрату расстояния от центра поля напряжения особой точки. Вычисляется по формуле:

$$\vec{E}(x, y) = \sum_{i=0}^n a \frac{b_{x,y} t_i \vec{L}_i}{L_i^2 L_i}$$

Где $\vec{E}(x, y)$ — перпендикулярный вектор к направлению хребта в точке (x, y) ; n — количество значимых точек в папиллярном узоре; $b_{x,y}$, t_i и a — коэффициенты влияющие на рисунок поля направления; L_i — расстояние от i -ой значащей точки до точки (x, y) .

Направление хребта \vec{E} в точке — это вектор, перпендикулярный суммарному вектору напряжения в этой

точке. Схематически работа модели представлена на рисунке 3.

Проведённые компьютерные симуляции дали результаты, представленные на рисунке 4. Опыты показали, что два основных класса поля направлений папиллярных линий могут быть смоделированы.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о применимости предложенной авторами модели формирования поля направлений папиллярных узоров. Результаты, полученные в ходе симуляции, дают наглядное представление об изменении направления хребтов в зависимости от особых точек. Успешно применив модель, авторам удалось подтвердить гипотезу формирования папиллярных узоров, предложенную Кюккеном и Ньюэллом. Однако стоит заметить, что предложенная модель не дает ясного понимания процесса формирования хребта и основных типов узоров, но дает основу генерации синтетического папиллярного узора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cappelli, R., Maio, D., & Maltoni, D. (2004). SFinGe: an approach to synthetic fingerprint generation. *International Workshop on Biometric Technologies (BT2004)*, (стр. 147–154).
2. Kücken, M. (2007). Models for fingerprint pattern formation. *Forensic science international*, 171, 85–96.
3. Kücken, M., & Newell, A. C. (2004). A model for fingerprint formation. *Europhysics Letters (EPL)*, 68, 141–146.
4. Maltoni, D. (2009). *Handbook of fingerprint recognition* (изд. 2nd. ed.). London: Springer.
5. MARDIA, K. V., Q., L. I., & HAINSWORTH, T. J. (1992). On the Penrose hypothesis on fingerprint patterns. *Mathematical Medicine and Biology*, 9, 289–294.
6. PENROSE, L. S. (1965). *Dermatoglyphic Topology*. *Nature*, 205, 544–546.
7. Sherlock, B. G., & Monro, D. M. (1993). A model for interpreting fingerprint topology. *Pattern Recognition*, 26, 1047–1055.
8. Sherstinsky, A., & Picard, R. W. (9–13 Oct. 1994). Restoration and enhancement of fingerprint images using M-lattice—a novel nonlinear dynamical system. *12th International Conference on Pattern Recognition*, (стр. 195–200).
9. Vizcaya, P. R., & Gerhardt, L. A. (1996). A nonlinear orientation model for global description of fingerprints. *Pattern Recognition*, 29, 1221–1231.
10. Тегакo, Л., & Кобылянский, Е. (2017). *Дерматоглифика в современном научном познании человека*. ЛитРес.
11. Хить, Г. Л., Ширококов, И. Г., & Славолубова, И. А. (2013). *Дерматоглифика в антропологии*. СПб.: Нестор-История.

© Минханов Рамиль Фаильевич (digerfight@gmail.com), Гудков Владимир Юльевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПОСТРОЕНИЕ КОДЕРА ВИДЕОДАНЫХ, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА ПРИМЕНЕНИЕ НА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

METHOD OF BUILDING VIDEO DATA CODER, UAV-ORIENTED

K. Mudrak

Summary. Review of method of building video data coder, exploiting special features, given by shooting video from UAV. Formalized basic principles for building one. Founded conditions for calculating the matrices of the primary projective transformation. Adaptation of the inverse Lucas-Canade algorithm for pyramidal projection transformation is carried out in terms of exact transformation. Combined the results of the actions of algorithms, proposed the way to further decomposition and compression of the frame

Keywords: video compressing, unmanned aerial vehicle, projection transformation.

Мудрак Константин Русланович

Аспирант, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»
zzzmurdoczzz@bk.ru

Аннотация. Рассмотрен способ построения кодера видеоданных, использующий особенности съемки с беспилотного летательного аппарата (БЛА). Предложены основные принципы построения такого кодера. Проведена работа по нахождению условий для вычисления матриц первичного проективного преобразования. Проведена адаптация инверсного алгоритма Лукаса-Канаде для решения задач точного пирамидального проекционного преобразования. Совмещены результаты действий алгоритмов, предложен путь к дальнейшей декомпозиции и сжатию кадра.

Ключевые слова: видеосжатие, беспилотный летательный аппарат, проективные искажения.

Введение

В силу инерционности человеческого зрения [1], достаточно отображать с частотой более 15–20 Гц статичные изображения для создания ощущения движения на отображающем устройстве. Мозг человека сам интерполирует полученные данные и «достраивает» движение. Собственно, на этом принципе основано телевидение, от него же унаследовало подход к хранению информации и цифровое телевидение. То есть видеоданные представляют собой набор статичных изображений, а значит занимает огромный объем памяти. С целью снижения объема памяти, занимаемого видеоконтентом, необходимо применение схем сжатия. Вне зависимости от применяемого алгоритма кодирования, сами видеоданные высокоэнтропийны, а значит слабо сжимаются. Поэтому для передачи и хранения видеозображений применяется сжатие с потерями. Для того, чтобы потери информации минимально сказывались на субъективном качестве восприятия изображений, необходимо установить, какие данные являются важными, а какие нет. Внутри одного кадра избыточными, согласно JPEG [2], являются данные высокой пространственной частоты и данные о полной цветности каждого пикселя. Этот тип избыточности носит название пространственная избыточность. Между кадрами, согласно MPEG [3], избыточными данными являются блоки изображения, присутствующие в предыдущем кадре. Классические межкадровые кодеры строятся из предположений, что между двумя соседними кадрами разница в перемещении контекстной информации невелика.

Согласно этому постулату, можно разбить изображение предыдущего кадра на блоки пикселей, найти соответствующие им блоки на текущем кадре, и вместо передачи блоков текущего изображения, передавать только вектор перемещения блока. Этот тип избыточности называется временная избыточность. Из-за возникающих в процессе реконструкции изображения только из блоков из предыдущего кадра неточностей, передается не только таблица векторов, но и сигнал ошибки, сформированный абсолютной разностью между текущим кадром и кадром, сформированным на основе сдвига блоков предыдущего кадра.

Применение видеокодирования к БЛА

В случае применения межкадрового кодирования к видеоряду с борта БЛА самолетного типа, несложно заметить, что:

1. Вектора всех блоков должны быть сонаправлены. Это происходит из-за установки видеокамеры ортогонально фюзеляжу БЛА. То есть в ходе полета, информация из предыдущего кадра (Кпред) смещается «вниз» текущего кадра (Ктек).
2. В силу неравномерности полета БЛА, а именно, наличия крена и тангажа в ходе съемки, вектора перемещения недостаточно для полного описания изменения частей изображения. В общем случае блоки подвергаются проекционному преобразованию.

Исходя из вышесказанного, и общего принципа ведения съемки с БЛА, можно сформулировать следующие

постулаты адаптации принципов межкадрового кодирования, применительно к видеоинформации с борта БЛА:

1. Можно, не разбивая изображения на блоки, вычислить смещение $K_{пред}$ относительно $K_{тек}$ целиком и передавать не таблицу векторов, а одну матрицу преобразования кадра.

2. Благодаря наличию телеметрической информации, можно вычислить изначальное смещение $K_{тек}$ относительно $K_{пред}$. Кроме смещения, эта информация также даст необходимые коэффициенты матрицы проективно преобразования.

3. Из-за ошибок телеметрии, задержки поступления телеметрии относительно времени экспозиции кадра, необходимо процесс нахождения матрицы преобразования кадра разбить на два этапа: Первичное преобразование, на основе телеметрической информации, и вторичное преобразование на основе контекстуальной информации внутри кадров.

Рассмотрим каждый из постулатов. Информация между кадрами, снятыми с БЛА, является разновидностью панорамной съемки, при которой происходит смещение камеры относительно объекта съемки. При этом в каждом новом кадре содержится ранее не отснятый регион подстилающей поверхности. Регион из $K_{пред}$ смещается в нижнюю часть кадра. Такое перемещение можно описать как сдвиг в евклидовом пространстве и осуществить с помощью матрицы A размерностью 2 на 2 элемента.

$$A = \begin{pmatrix} \Delta x & 0 \\ 0 & \Delta y \end{pmatrix} \quad (1)$$

Следующим образом:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta x & 0 \\ 0 & \Delta y \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (2)$$

Для прямого полета БЛА без крена, тангажа и поворотов, такой матрицы достаточно для описания необходимого преобразования одного кадра к другому, с целью образования разностного кадра, в котором отсутствует временная избыточность. Но, к сожалению, в ходе полета летательного аппарата неизбежно происходят крены, тангажи и повороты из-за маневров, связанных с корректировкой траектории. В общем случае кадры могут быть искривлены друг относительно друга проективно. Тогда необходимо формирование матрицы A размерностью 3 на 3 элемента, а также переход к однородным координатам. Переход к однородным координатам на двумерном пространстве достаточно прост, необходимо к исходным координатам добавить просто еще один единичный элемент [4]. Тогда уравнение (2) примет вид:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для проецирования координат, полученных в (3) на ту же плоскость, в которой лежат исходные координаты, необходимо:

$$x'' = \frac{x'}{z'}, \quad y'' = \frac{y'}{z'} \quad (4)$$

Таким образом для устранения временной избыточности необходимо сформировать матрицу преобразования A для $K_{пред}$ к $K_{тек}$, на основе преобразованного предыдущего кадра и текущего вычислить разностный кадр, применить к нему любой из необходимых алгоритмов устранения пространственной избыточности и сжатия. Разностный кадр таким образом содержит в себе и новую информацию, вошедшую в кадр и сигнал ошибки преобразования.

Отдельной задачей стоит формирование преобразованного $K_{пред}$. Очевидно матрица A содержит дробные значения, а значит вычисленные координаты будут иметь также дробные значения. Изображение же, в своей сущности состоит из целых значений координат пикселей. Для того чтобы вычислить значения элементов изображения, лежащих по целым значениям координат, можно применить следующее преобразование к (3):

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}^{-1} * \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Тогда, для вычисления значения элемента с целыми координатами в преобразованном изображении, необходимо вычислить координаты этого элемента в исходном изображении и, в случае, если эти координаты дробные, вычислить элемент с помощью суммы взвешенных соседних элементов. Собственно, единственной проблемой теперь стоит нахождение матрицы A .

Первичное искажение кадра

Для вычисления матрицы A необходимо воспользоваться дополнительной информацией, поступающей к видеокамере с САУ БЛА. Эти данные называются телеметрическими. В данных содержатся поля, в которых отображаются текущие координаты фюзеляжа, углы крена (α), тангажа (β), магнитного склонения (γ). На основе разности телеметрии, зафиксированными на момент экспозиции $K_{пред}$ и $K_{тек}$ можно вычислить приращение координат и углов за время между кадрами. На основе

этого приращения можно вычислить относительные координаты углов снимка [5]:

$$(x' \ y' \ h') = (\Delta_x \ \Delta_y \ \Delta_h) + \left(\frac{h}{((0 \ 0 \ -1) \cdot (M \cdot R)) \cdot M \cdot R} \right) \quad (6)$$

Где $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ — приращения координат между двумя кадрами, h — высота снимка над подстилающей поверхностью. M — матрица поворота, сформированная на основе данных об углах наклона фюзеляжа БЛА:

$$M = \begin{pmatrix} \cos(\gamma) & -\sin(\gamma) & 0 \\ \sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \quad (7)$$

R — вектор содержащий данные об углах, относительно нормали, луч наклоненный на которые при пересечении с подстилающей поверхностью даст координаты точки.

$$(a_1 \ a_2 \ a_3) = (\sin(\theta) \ -\cos(\varphi) * \cos(\theta) \ \sin(\varphi) * \cos(\theta)) \quad (8)$$

Где θ, φ — половина угла обзора объектива камеры. Так как ноль системы координат лежит на оптической оси объектива, для вычисления координат углов снимка необходимо лишь сменить знаки углов в (8). Тогда, согласно [6], нужно найти такую матрицу A , чтобы:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ w' \end{pmatrix} = A * \begin{pmatrix} x \\ y \\ w \end{pmatrix} \quad (9)$$

При этом, вектора координат кадров однородные, что значит, что формально вектор с результирующими координатами не равен преобразованному вектору ис-

ходных. Эти векторы сонаправлены, но могут отличаться на ненулевой масштабный коэффициент. Для ликвидации этого эффекта, уравнение (9) можно выразить в форме векторного произведения:

$$\left(\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ w' \end{pmatrix}, A * \begin{pmatrix} x \\ y \\ w \end{pmatrix} \right) = 0 \quad (10)$$

Раскрывая операцию векторного произведения, результирующее уравнение принимает вид (11).

В данной системе уравнений, только первые два уравнения линейно независимы. Согласно сложившейся практике, третье уравнение отбрасывается. Исходных точек изображения четыре, результирующих также четыре, а исходя из (11), коэффициентов в векторе девять. Очевидно, что решение системы, где девятый коэффициент равен нулю не интересен, поэтому элемент a_9 приравнивается единице [6]. Данное приравнивание имеет смысл только тогда, когда, суммарный угол крена или тангажа с половиной угла обзора камеры превышает девяносто градусов к нормали, то есть когда в кадре появляется небо, для которого понятия геокоординат не определены. Тогда (11) примет вид (12).

Далее необходимо сформировать систему уравнений, в которой преобразованным и исходным координатам соответствуют результаты (6) и решить ее для A . При добавлении единичного элемента в вектор A , с помощью которого и было найдено решение и перекомпоновке в матрицу и получается искомая матрица первичного преобразования изображения:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & 1 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Уточнение искажения кадра

В случае идеальной фиксации телеметрии и идеальной точности, этих преобразований достаточ-

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -w'x & -w'y & -w'w & y'x & y'y & y'w \\ w'x & w'y & w'w & 0 & 0 & 0 & -x'x & -x'y & -x'w \\ -y'x & -y'y & -y'w & x'x & x'y & x'w & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \\ a_9 \end{pmatrix} = 0 \quad (11)$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -w'x & -w'y & -w'w & y'x & y'y \\ w'x & w'y & w'w & 0 & 0 & 0 & -x'x & -x'y \end{pmatrix} * \tilde{A} = \begin{pmatrix} -y'w \\ x'w \end{pmatrix} \quad (12)$$

но, чтобы в области пересечения соседних кадров разность их равнялась нулю. Но, к сожалению, такая ситуация крайне маловероятна, а значит необходима корректировка наложений кадров. Выполнить ее можно с помощью инверсного алгоритма Лукаса-Канаде. Применяется инверсный алгоритм, так как в нем единожды, на одну переменную, считается матрица Гессе. Но так как алгоритм Лукаса-Канаде является частным случаем применения итерационного численного метода Ньютона, количество итераций, а значит, и вычислений может оказаться настолько большим, что не успеет выполняться за время, в течении которого кадр может находиться в оперативной памяти обработчика. Поэтому предлагается применить пирамидальное разложение преобразуемого кадра на изображение меньшего разрешения и первые, наибольшие, с точки зрения инкремента коэффициентов, шаги, производить с изображением малого разрешения. Для этого к $K_{пред}$ и $K_{тек}$ применяются матрицы следующего вида:

$$S = \begin{pmatrix} s & 0 & 0 \\ 0 & s & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (14)$$

Где s — константа, обратная коэффициенту уменьшения изображения. В результате получаются изображения меньшего разрешения. От $K_{тек}$, с помощью оператора Собеля [6] берется частный градиент по горизонтальной составляющей и вертикальной ($grad_x, grad_y$). Оператор Собеля в данном случае применяется как оператор взятия производной по направлению.

После этого действия для каждого пикселя изображения формируется матрица Якоби для всех переменных, по которым осуществляется поиск решения и для всех составляющих, по которым выполнена функция градиента. В случае текущего применения, матрица Якоби обладает размерностью 8×2 и сформирована следующим образом:

$$J = \begin{pmatrix} y & x & 1 & 0 & 0 & 0 & -yu & -yx \\ 0 & 0 & 0 & y & x & 1 & -xy & -xx \end{pmatrix} \quad (15)$$

Где y, x — координаты пикселя по вертикали и горизонтали соответственно. Далее с каждым же пикселем формируется восемь изображений, элементами которого становятся суммы произведений элементов градиентов, на соответствующие элементы матрицы Якоби:

$$P(x, y, z) = grad_x(x, y) * J[1, z] + grad_y(x, y) * J[2, z] \quad (16)$$

Теперь, на основе изображений P , можно построить матрицу Гессе, состоящую из вторых частных производных $K_{тек}$ и вычисляемую как:

$$Hess = \begin{pmatrix} P_1 P_1 & \dots & P_1 P_8 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_8 P_1 & \dots & P_8 P_8 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Где P_z — сумма всех пикселей изображения $P(x, y, z)$. На этом подготовительный этап работы с изображением завершён. Далее происходят итерации, в ходе которых метод оптимизации находит минимум разности пересекающихся участков изображений и, соответственно формирует матрицу параметров B . Для этого в области пересечения считаются параметры ошибки E_z :

$$E_z = \sum_{1,1}^{x,y} (K_{пред}(x,y) - K_{тек}(x,y)) * P_z \quad (18)$$

А коэффициенты матрицы B :

$$B = Hess^{-1} * E \quad (19)$$

К B — в свою очередь, добавляется элемент b_{33} , равный единице, применяется перекомпоновка, и получается матрица, аналогичная полученной в (13). После применения этой матрицы к $K_{пред}$, происходит очередное формирование параметров ошибки. Итерации происходят до того момента, пока среднее значение параметра ошибки не понизится ниже предела, определяемого эмпирически.

В уравнении (19) получилась матрица B , которая при применении ее к уменьшенной копии $K_{пред}$ преобразовывает его к уменьшенной копии $K_{тек}$. Теперь необходимо произвести переход к полноразмерным кадрам. Для этого необходимо проследить осуществленные преобразования:

$$K_{пред} \xrightarrow{S} K_{пред\ мал} \xrightarrow{B} K_{преобр} \xleftarrow{S} K_{тек}$$

Согласно вышесказанному, для того, чтобы получить матрицу перехода от $K_{пред}$ к $K_{тек}$ необходимо:

$$K_{тек} = G * K_{пред} \quad (20)$$

Где:

$$G = S * B * S^{-1} \quad (21)$$

Таким образом матрица преобразования, совмещающая в себе преобразования, полученные как за первичный шаг, так и за последующую оптимизацию примет вид:

$$F = A * S * B * S^{-1} \quad (22)$$

Заключение

Применяя это преобразование к предыдущему кадру видеопоследовательности, получается кадр, вычитание которого из текущего приведет к обнулению пересекающейся зоны, за исключением объектов, переместившихся за время между кадрами на величины более одного пикселя. В неперекрывающейся зоне будет присутствовать новая информация. В таком случае в потоке данных нет необходимости использовать ключевые кадры, в ка-

ждом кадре есть новый участок данных. Для компрессии результирующих данных, автор рекомендует использовать кодеры, основанные на вейвлет-декомпозиции, в силу их особенности к делению пространственных частот. В таком случае даже если оба алгоритма совершили ошибки, и пересекающиеся участки не совпали полностью, информация, содержащая ошибки несовпадения, окажутся лишь в одном сегменте декомпозиции, что позволит добиться существенного сжатия всех остальных сегментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браммер Ю. А. Радиотехника Издание 2. М.: Высшая школа, 1969
2. William B. Pennebaker; Joan L. Mitchell. JPEG still image data compression standard. Springer, 1993.
3. ISO. ISO/IEC11172-2:1993 — Information technology — Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s — Part 2: Video. 1993
4. Р. Хартсхорн. Основы проективной геометрии. М.: Мир, 1970.
5. С.М. Вишняков, Н. В. Фильченко. Оценка точности определения координат наземных объектов средствами оптико-электронного контроля на беспилотных летательных аппаратах малой дальности //Успехи современной радиоэлектроники № 7 за 2015
6. Hartley R. Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press 2000.

© Мудрак Константин Русланович (zzzmurdoczzz@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ К РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЧНОСТИ В ВИДЕОПОТОКЕ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

TESTING OF TECHNOLOGY OF FACE IMAGES PREPARING FOR PERSON RECOGNITION IN VIDEO STREAM IN THE REAL TIME MODE

S. Nebaba

Summary. In this paper a technology for preprocessing frames of a video stream with face images based on a number of known computer vision algorithms modified for maximum automation and speed is proposed. Comparison of recognition results that verify the effectiveness of individual components and technology as a whole is given. Positive impact of the proposed technology on the accuracy of identifying a person's identity from the image of his face on high noisy data is shown.

Keywords: face recognition, 3D face model, deformable face model, tracking, illumination normalization, biometric vector.

Небаба Степан Геннадьевич
Аспирант,
stepan-lfx@mail.ru

Аннотация. В работе предложена технология предварительной обработки кадров видеопотока с изображениями лиц на основе ряда известных алгоритмов компьютерного зрения, модифицированных для максимальной автоматизации и быстродействия. Приведено сравнение результатов распознавания, проверяющих эффективность отдельных компонентов и технологии в целом. Продемонстрировано положительное влияние предложенной технологии на точность идентификации личности человека по изображению его лица на сильно зашумленных данных.

Ключевые слова: распознавание личности, 3D модель лица, деформируемая модель лица, трекинг, нормирование освещения, биометрический вектор.

Введение

Задача распознавания личности по изображению лица является одной из первых практических задач, появившихся в процессе создания информационно-поисковых систем [1,2]. В последнее время в различных сферах деятельности возрастает потребность быстрой и правильной некооперативной идентификации личности человека в видеопотоке с плохим качеством съемки в режиме реального времени.

Существующие быстрые 2D алгоритмы достигают хорошей точности только при соблюдении жестких требований по ракурсу изображений лица и условиям съемки, либо требуют вычислительных ресурсов, недоступных при обработке видеопотока в режиме реального времени [3].

В общем случае задача идентификации личности в видеопотоке может быть разделена на несколько этапов:

- 1) Поиск (детектирование) области лица на изображении;
- 2) Слежение за положением лица на последовательности кадров (трекинг);
- 3) Обработка изображения лица с целью компенсации условий съемки;

- 4) Сравнение изображения лица с эталонами, хранящимися в базе.

Число ошибок идентификации личности у всех современных систем имеет явную зависимость от качества изображений лиц, помех на изображении, ракурса съемки и условий освещения.

Проблема предварительной обработки изображений чаще всего рассматривается как набор частных задач по компенсации этих условий съемки, хотя каждый из алгоритмов обработки имеет сложное и нелинейное влияние на ключевые характеристики алгоритмов распознавания: вероятность ложного опознания (FAR) и вероятность пропуска цели (FRR) [4].

Для решения этих проблем создано множество алгоритмов, к примеру, использующих 3D модели лиц [5] и относящихся к методам визуального моделирования [6]. Они предоставляют широкие возможности по варьированию ракурса и освещения 3D моделей каждого лица, но их применение является ресурсоемкой и нетривиальной задачей, а автоматизация такого подхода затруднительна.

Неизбежный поиск баланса между точностью распознавания и скоростью работы существующих алгоритмов делает целесообразным разработку технологии,

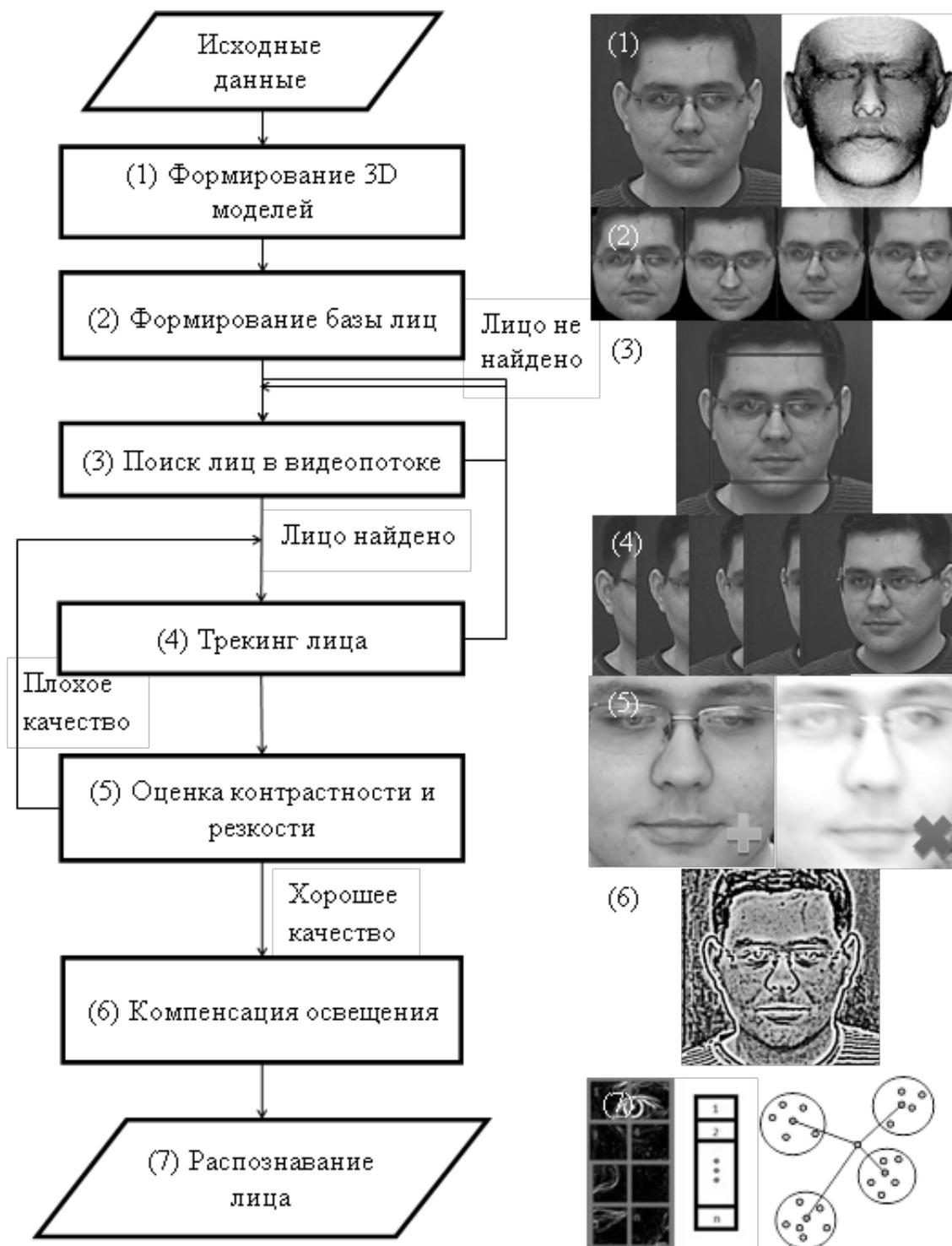


Рис. 1. Схема и визуальное представление технологии

объединяющей все этапы обработки изображений лиц в единый комплекс взаимозависимых алгоритмов, позволяющий гибко регулировать их свойства и сохранять приемлемую точность распознавания в режиме реального времени.

Технология подготовки изображений

Технологию предварительной обработки можно представить в виде комплексного алгоритма для задач обработки видеопотока, в том числе и в режиме реального времени, который должен учитывать все



Рис. 2. Примеры изменения условий съемки в зависимости от времени суток

критерии оценки и обладать достаточным быстродействием.

Ранее были рассмотрены отдельные компоненты такой системы и предложены авторские алгоритмы по компенсации ракурса (модификация алгоритма деформируемых моделей лиц, DFM [7]) и освещения (комбинация фильтров DoG и Log-Gabor [8]).

Эти и другие алгоритмы могут быть представлены в виде единой технологии обработки и анализа изображений, упрощая процесс распознавания лиц в видеопотоке и позволяя проводить гибкую настройку системы распознавания под требуемые параметры окружения и аппаратные средства.

Технология описывается следующей последовательностью действий (рисунок 1):

- (1) Формирование индивидуальных 3D моделей лиц по одной фотографии (модифицированный алгоритм DFM);
- (2) Формирование базы лиц с различными ракурсами с помощью полученной в п. 1 3D модели (авторский алгоритм);
- (3) Поиск (детектирование) лиц на изображении (алгоритм Виолы-Джонса);
- (4) Слежение за обнаруженными лицами в последовательности кадров (трекинг);
- (5) Оценка контрастности и резкости изображений, отбрасывание зашумленных неинформативных кадров;
- (6) Компенсация недостатков освещения сцены (алгоритмы DoG или Log-Gabor);
- (7) Построение и сравнение биометрических векторов изображений лиц (алгоритм kNN, сверточные нейронные сети).

Тестирование

Разработанные алгоритмы были внедрены в программный комплекс, реализующий захват и распознавание личности по изображению лица. В рамках данного программного комплекса было проведено тестирование предложенной технологии на видеофайлах, полученных с помощью IP-камеры, установленной на входе Кибернетического центра Института кибернетики (ИК) Томского политехнического университета. На видео фиксировались лица сотрудников и студентов, заходящих в помещение.

Общее число лиц, обнаруженных стандартным детектором (алгоритм Виолы-Джонса) на первой видеозаписи — 7676. База изображений лиц сотрудников ИК состояла из 40 человек, присутствующих на видеозаписях.

Видеозаписи сделаны в условиях, неблагоприятных для алгоритмов кластеризации, как по ракурсам лиц, так и по освещению (рисунок 2).

Среди всех найденных лиц 638 принадлежит сотрудникам ИК. Ввиду большого числа неизвестных лиц и сложных условий съемки пороговый уровень FAR взят равным 10%.

В ходе тестирования технологии проведена оценка влияния методов компенсации ракурса (DFM) и освещения (DoG, Log-Gabor) на точность и скорость распознавания, а также подобрана оптимальная комбинация алгоритмов обработки изображений (DFM, DoG, фильтр по контрастности и резкости) для заданных условий. Результаты этого эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестирования компонентов технологии предварительной обработки изображений лиц с системой распознавания на первой видеозаписи

Алгоритм обработки	Верно опознанные лица	Ложно опознанные лица	FAR,%	FRR,%	Среднее время обработки, мс
Базовый алгоритм kNN	12	693	11.5	98.12	10
DFM	15	600	9.96	97.65	10
DoG	55	750	12.45	91.38	11
DoG + LogGabor	14	667	11.07	97.81	26
Фильтр контрастности и резкости	34	503	7.55	94.67	10
Оптимальная комбинация алгоритмов: DFM + DoG + контрастность и резкость	52	550	9.13	91.85	11

Таблица 2. Результаты тестирования отдельных компонентов технологии предварительной обработки изображений лиц с системой распознавания на второй видеозаписи

Алгоритм обработки	Верно опознанные лица	Ложно опознанные лица	FAR,%	FRR,%	Среднее время обработки, мс
Базовый алгоритм kNN	3	953	10.84	99.46	10
DFM	5	803	9.14	99.1	10
DoG	13	844	9.6	97.66	11
DoG + LogGabor	6	988	11.24	98.92	25
Фильтр контрастности и резкости	7	784	8.92	98.74	10
Оптимальная комбинация алгоритмов: DFM + DoG + контрастность и резкость	10	626	7.12	98.2	11

На второй видеозаписи стандартным детектором зафиксировано 8788 изображений лиц. Среди всех найденных лиц число лиц людей, содержащихся в базе сотрудников ИК — 555. Второе видео отличается более сложными условиями — съемка велась в дневное время, солнечный свет из окон создавал засветку объектива камеры, из-за чего серьезно снизилась контрастность, и увеличился уровень шума изображений лиц. Все методы были проверены аналогично, результаты этого эксперимента представлены в таблице 2.

Как можно видеть из таблиц 1 и 2, оптимальное сочетание алгоритмов позволяет добиться заметного

улучшения результатов распознавания по соотношению ошибок FAR/FRR, а также не оказывает существенного влияния на скорость обработки изображений, что свидетельствует об эффективности предложенной технологии обработки изображений для задач распознавания в режиме реального времени.

ВЫВОДЫ

Предложена технология предварительной обработки кадров видеопотока с изображениями лиц на основе ряда известных алгоритмов компьютерного зрения, модифицированных для максимальной автоматизации и быстродействия.

Сравнение результатов распознавания позволяет сделать вывод о том, что предложенная комплексная технология подготовки изображений лиц к распознаванию, основанная на ряде известных и оригинальных авторских методов, положительно влияет на точность идентификации личности человека по изображению его лица на сильно зашумленных данных. Кроме того, все рассмотренные методы оказывают слабое вли-

яние на скорость обработки кадров и могут применяться в системах распознавания в режиме реального времени.

Работа выполнена в рамках госзадания № 2.1642.2017/ПЧ на выполнение проекта по теме «Когнитивные методы визуализации и анализа многомерных данных при моделировании нелинейных динамических систем»

ЛИТЕРАТУРА

1. A. J. Goldstein, L. D. Harmon, and A. B. Lesk, «Identification of Human Faces», Proc. IEEE, May 1971, Vol. 59, No. 5, 748–760.
2. M. A. Turk and A. P. Pentland, «Face Recognition Using Eigenfaces», Proc. IEEE, 1991, 586–591.
3. Bui T.T.T., Phan N. H., Spitsyn V. G., Bolotova Y. A., Savitsky Y. V. Development of algorithms for face and character recognition based on wavelet transforms, PCA and neural networks // Proceedings of IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON'2015). 2015. pp. 1–6.
4. Кухарев Г.А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии / Под ред. М.В. Хитрова. СПб: Политехника. 2013. 388 с.
5. Garrido P., Zollhöfer M., Casas D., Valgaerts L., Varanasi K., Pérez P., Theobalt C. Reconstruction of Personalized 3D Face Rigs from Monocular Video // ACM Transactions on Graphics (TOG). 2016. vol. 35. no. 3. p. 28.
6. А.А. Захарова, А. В. Шкляр. Основные принципы построения визуальных моделей данных на примере интерактивных систем трехмерной визуализации // Научная визуализация, 2014. — № 2.
7. Небаба С.Г., Захарова А. А. Применение алгоритма формирования индивидуальной трехмерной модели человеческого лица в системе распознавания личности по изображению лица // Сборник научных трудов 26-й Международной научной конференции «GraphiCon2016» (г. Нижний Новгород, 19–23 сентября 2016 г.) Нижний Новгород: ННГАСУ, 2016. С. 310–313.
8. 8. Savitskiy Yu.V., Nebaba S. G., Spitsyn V. G., Andreev S. Yu., Makarov M. A. Analysis of methods of features extraction from image of human face for identification // Scientific Visualization, 2016. vol. 8. no. 2. pp. 107–119.

© Небаба Степан Геннадьевич (stepan-lfx@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АМПЛИТУДНЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКГ У СТУДЕНТОВ В ПОКОЕ И ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

THE AMPLITUDE AND TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE ECG STUDENTS ALONE AND AFTER DOSED PHYSICAL LOAD

**S. Abumuslimov
Z. Magomedova**

Summary. This paper studied the temporal and amplitude characteristics of the ECG in the standard leads in boys and girls aged 18–19 years after dosed physical load in the form of the Harvard step test for two minutes.

It was revealed that after the step test for two minutes significantly reduced the duration of the intervals R-R and the QT, and heart rate increased. In this duration QRS complex is not significantly changed. Changing QT and R-R after the load has occurred both in boys and girls. Duration corrected QTc interval did not change after the 2-minute step test as compared to the rest, which may indicate the satisfactory condition of the heart.

Wave amplitude P, Q, S ECG in young men and women after a 2-minute step test was significantly increased, and R waves and T — has not changed.

Keywords: ECG, teeth, spacing, amplitude, step test, students.

Абусулимов Саидхамзат Саидмагомедович

К.б.н., доцент, Чеченский госуниверситет
saidkhamzatabumuslimov@gmail.com

Магомедова Зарема Алимсултановна

К.б.н., доцент, Чеченский госуниверситет
magomedova1204@mail.ru

Аннотация. В работе исследованы временные и амплитудные характеристики ЭКГ в стандартных отведениях у юношей и девушек в возрасте 18–19 лет после дозированной физической нагрузки в форме Гарвардского степ-теста в течение двух минут. Выявлено, что после выполнения степ-теста в течение двух минут достоверно сократилась продолжительность интервалов R-R и QT, а частота сердечных сокращений возросла. При этом продолжительность комплекса QRS достоверно не изменилась. Изменение QT и R-R после нагрузки произошло как у юношей, так и у девушек. Продолжительность скорректированного интервала QTc не изменилась после 2-х минутного степ-теста по сравнению с покоем, что может указывать на удовлетворительное состояние сердца.

Амплитуда зубцов P, Q, S ЭКГ у юношей и девушек после 2-х минутного степ-теста достоверно увеличилась, а зубцов R и T — не изменилась.

Ключевые слова: ЭКГ, зубцы, интервалы, амплитуда, степ-тест, студенты.

Введение

Электрокардиографические исследования сердца являются важными при исследовании функциональных возможностей сердца. В последнее время появились многоканальные электрокардиографы с широкими возможностями. Стало возможным проведение более детального анализа временных и амплитудных характеристик работы сердца. В частности, одним из таких электрокардиографов является FX-8322 (Япония).

Электрокардиографические исследования применяются в медицине для выявления нарушений работы сердца [1, с. 24–27].

Исследовать электрические характеристики сердца можно не только в покое, но и после различных функциональных нагрузок. В частности, одним из видов таких

нагрузок является дозированная физическая нагрузка в форме Гарвардского степ-теста [6, с. 108–111; 8, с. 79]. Функциональные пробы на сердце позволяют изучить особенности длительности зубцов, интервалов и амплитуд зубцов после дозированной нагрузки. По динамике изменения указанных характеристик можно судить о функциональном состоянии сердца. В частности, у больных с врожденными пороками сердца на ЭКГ происходят определенные изменения зубцов и интервалов [1, с. 29–30].

В литературе имеются данные относительно изменения зубцов, комплексов, интервалов и сегментов ЭКГ после физической нагрузки различной продолжительности у здорового человека [4, с. 96; 13, с. 36–37]. Гольяпин [4, с. 96] не находит достоверных различий в показателях ЭКГ до и после физической нагрузки у здоровых мужчин в возрасте 20–22 года, кроме интервала R-R, а Чернявских [13, с. 36–37] отмечает изменение продолжительно-

Таблица 1. Показатели ЭКГ в покое и после 2-х минутного степ-теста. Общая группа, $M \pm m$

Функциональное состояние	HR, уд/мин	R-R, с	P-R, с	QRS, с	QT, с	QTc, с	$\alpha 0$
Покой	75,5±3,33	0,80±0,032	0,14±0,003	0,095±0,002	0,35±0,006	0,39±0,008	74±4,55
Степ-тест, 2 мин	116,8±7,89	0,54±0,042	0,11±0,007	0,096±0,003	0,29±0,009	0,39±0,005	73,9±5,60
Достоверность, p	<0,01**	<0,001**	>0,05	>0,05	<0,001***	>0,05	>0,05

* статистически значимые различия по t-критерию Стьюдента

сти интервалов ЭКГ и снижение амплитуды зубцов ЭКГ после физической нагрузки.

Исследование сердца с помощью электрокардиографии в студенческой среде позволяет оценить функциональное состояние сердца, выявить возможные неполадки в его работе еще в донозологический период. Студенты относятся к контингенту, который характеризуется гипокинезией.

В ранее проведенных на кафедре аналогичных исследованиях были изучены только временные характеристики зубцов и интервалов ЭКГ у студентов и студентов в покое и после выполнения степ-теста в течение одной минуты [7]. В настоящей работе изучены временные и амплитудные характеристики зубцов ЭКГ в покое и после выполнения степ-теста в течение двух минут. При этом была определена мощность нагрузки PWC170 при выполнении степ-теста в течение двух минут у юношей и девушек.

Для статистической обработки экспериментального материала использовали t-критерий Стьюдента.

Материалы и методы

В работе принимали участие студенты и студентки БХФ и Агротехнологического факультета ЧГУ. Всего в работе приняли участие 5 студенток и 5 студентов. Студенты и студентки, привлеченные к исследованию, жалоб по поводу состояния сердечно-сосудистой системы не имели.

Средний возраст испытуемых в общей группе равнялся 18,4 годам; у юношей — 18,3 годам, а у девушек — 18,5 годам. Средний вес испытуемых равнялся: у юношей — 73,3 кг, а у девушек — 54,8 кг.

В работе были зарегистрированы ЭКГ в покое и после 2-х минутного степ-теста. Физическая нагрузка студентами выполнялась согласно методике Гарвардского степ-теста [6, с. 108–111; 8, с. 79]. Для студенток использовали скамейку высотой 43 см, а для студентов — 50 см. Число восхождений на скамейку составило 60 в течение двух минут.

Определение значения индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ) для оценки физической работоспособности требует восхождение испытуемого на скамейку высотой 43–50 см на протяжении пяти минут [3, с. 182; 6, с. 108–111]. В таком виде тест используется, как правило, для спортсменов. Поэтому мощность выполненной физической нагрузки PWC170 после выполнения степ-теста в течение двух минут у студентов и студенток рассчитывали согласно упрощенной методике, приведенной в работе [2, с. 50]. Такая методика рекомендуется для нетренированных людей, в том числе, студентов [2, с. 50]. У юношей рассчитанная согласно этой методике мощность нагрузки PWC170 составила — 216 Вт, а у девушек — 105 Вт.

Для записи ЭКГ в настоящей работе использовали 12-ти канальный электрокардиограф FX-8322 (Fucuda, Japan). Данный электрокардиограф обладает широкими возможностями анализа ЭКГ. Электрокардиограф выводит на печать графики ЭКГ, автоматически рассчитанные значения амплитуд зубцов и временные характеристики зубцов и интервалов ЭКГ. В настоящей работе проанализированы амплитудно-временные характеристики ЭКГ во втором стандартном отведении.

В работе использовались три стандартных отведения от рук и ног. Запись производили в покое и сразу по окончании нагрузки. Промежуток времени с момента окончания степ-теста и фактическим началом записи ЭКГ равнялось приблизительно одной минуте (55–65 сек).

Работа выполнена в лаборатории «Физиология человека» на базе Центра коллективного пользования (ЦКП) ЧГУ, г. Грозный. В работе использованы площади и аппаратура ЦКП.

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее было показано, что при исследовании показателей ЭКГ в покое и после выполнения степ-теста в течение одной минуты сокращалась продолжительность интервалов PQ и QT, а частота сердечных сокращений возрастала по сравнению с покоем [7, с. 39]. В настоящей работе выявлено, что после 2-х минутного степ-теста

Таблица 2. Показатели ЭКГ в покое и после 2-х минутного степ-теста у юношей, М±m

Функциональное состояние	HR, уд/мин	R-R, с	P-R, с	QRS, с	QT, с	QTc, с	α^0
Покой	70,5±2,72	0,85±0,036	0,14±0,001	0,099±0,001	0,35±0,01	0,38±0,004	74,3±8,08
Степ-тест, 2 мин	107,5±12,36	0,58±0,73	0,11±0,013	0,099±0,004	0,29±0,014	0,39±0,01	68,5±8,47
Достоверность, p	<0,05*	<0,01**	>0,05	>0,05	<0,05*	>0,05	>0,05

α^0 — угол положения электрической оси сердца

Таблица 3. Показатели ЭКГ в покое и после 2-х минутного степ-теста у девушек, М±m

Функциональное состояние	HR, уд/мин	R-R, с	P-R, с	QRS, с	QT, с	QTc, с	α^0
Покой	80,5±5,27	0,75±0,043	0,14±0,005	0,09±0,004	0,34±0,007	0,39±0,016	73,8±5,59
Степ-тест, 2 мин	126±8,96	0,49±0,036	0,13±0,006	0,09±0,002	0,28±0,01	0,40±0,005	79,3±7,42
Достоверность, p	<0,05*	<0,05*	>0,05	>0,05	<0,05*	>0,05	>0,05

у студентов происходит укорочение временных интервалов QT и R-R (табл. 1). Частота сердечных сокращений (HR) при этом также достоверно возросла (табл. 1).

Продолжительность интервала P-R хотя и сократилась после выполнения степ-теста, но не достоверно (табл. 1). Значение интервала P-R (P-Q(R)) в норме колеблется от 0, 12 до 0, 20 с [10, с. 42]. Значение этого интервала в покое, полученное в настоящей работе (табл. 1) не выходило за пределы референсной нормы [10, с. 42].

Достоверное изменение показателей HR, QT и R-R после нагрузки происходило у юношей (табл. 2). При этом наблюдались те же закономерности, которые были отмечены в общей группе (табл. 1).

Такой же характер носили изменения указанных интервалов и у девушек при сравнении показателей ЭКГ в покое и после выполнения степ-теста в течение 2-х минут (табл. 3). Статистическое значимое изменение интервала P-R(Q) не происходило как у юношей (табл. 2), так и у девушек (табл. 3).

Продолжительность желудочкового комплекса QRS в общей группе достоверно не изменилась (табл. 1). При нагрузке в течение 1 минуты [7, с. 39] продолжительность желудочкового комплекса QRS и зубца P также не менялись достоверно. По-видимому, регуляторные механизмы организма обеспечивают учащение сердечных сокращений, изменяя продолжительность интервалов, не затрагивая при этом распространение электрических сигналов по предсердиям и желудочкам.

Не менялась достоверно продолжительность желудочкового комплекса QRS на ЭКГ в ответ на двухминутный степ-тест у юношей и девушек по сравнению с покоем (табл. 2, 3).

Таким образом, как при нагрузке в форме степ теста в течение одной минуты [7, с. 39], так и в течение двух минут — данные настоящей работы, на ЭКГ меняется продолжительность некоторых интервалов ЭКГ у студентов. При этом у них также достоверно повышается частота сердечных сокращений.

Значение угла α электрической оси сердца у студентов в покое соответствовало вертикальному положению (табл. 1). Согласно работе [10, с. 64] вариант положения электрической оси сердца в промежутке от +700 до +900 рассматривается как вертикальное положение. Однако после нагрузки у юношей электрическая ось сердца заняла нормальное положение (табл. 2), а у девушек электрическая ось сердца сохраняла вертикальное положение (табл. 3). Достоверного изменения угла положения электрической оси сердца после выполнения степ-теста в течение двух минут не происходило ни у юношей, ни у девушек.

Показатели интервала QT в общей группе (табл. 1), у юношей (табл. 2) и у девушек (табл. 3) как в покое, так и после нагрузки не выходили за пределы референсной нормы [14, с. 468]. Как полагают, интервал QT имеет важное клиническое значение. Его удлинение связывают с повышенным риском для сердца [12, с. 311]. Нормальной физиологической реакцией на физическую нагрузку считается укорочение интервала QT, а его удлинение рассматривают как патологическую реакцию [11, с. 24].

После степ-теста в течение двух минут QT достоверно снижался как в общей группе (табл. 1), так и у юношей (табл. 2) и девушек (табл. 3). В целом это согласуется с данными других авторов [13, с. 37]. Показатели скорректированной электрической систолы QTc согласно работе [9, с. 22] в норме при ритме не реже 50 уд./мин находится в интервале от 0, 40 до 0, 42 с. При нормальном состоянии сердца отклонение значения скорректированной (должной) электрической систолы (QTc) от фактической

Таблица 4. Амплитуда зубцов ЭКГ у юношей и девушек в покое и после 2-х минутного степ-теста по данным электрокардиографа FX-8322, M±m

Функциональное состояние	Зубец P, мВ	Зубец Q, мВ	Зубец R, мВ	Зубец S, мВ	Зубец T, мВ
Покой	0,12±0,020	0,07±0,022	1,37±0,071	0,15±0,060	0,34±0,033
Степ-тест, 2 мин	0,22±0,07	0,09±0,024	1,29±0,073	0,30±0,068	0,37±0,050
Достоверность, p	<0,01**	<0,05*	<0,05	<0,01**	<0,05

Таблица 5. Сравнение амплитуды зубцов ЭКГ в покое настоящей работы с данными литературы

Функциональное состояние	Зубец P, мВ	Зубец Q, мВ	Зубец R, мВ	Зубец S, мВ	Зубец T, мВ
Покой, данные литературы	0,05–0,3	0,05–0,3	0,6–2,0	0,05–2,0	0,2–0,6
Покой, данные настоящей работы	0,12±0,020	0,07±0,022	1,37±0,071	0,15±0,060	0,34±0,033

(QT) не должно превышать 15% в ту или иную сторону [13, с. 37]. В покое это отклонение у юношей составило 8% (табл. 2), а у девушек — 14%, что соответствует нормальному распределению. Что может указывать на нормальное распределение волн возбуждения по сердечной мышце [13, с. 37], следовательно, у обследованных нами студентов также эти процессы соответствуют норме. Изменение длительности интервала QTс после нагрузки может указывать на нарушения в работе сердца [12, с. 311]. Интервал QTс также не изменялся и после выполнения степ-теста в течение одной минуты [7, с. 39].

Амплитуда зубцов P, Q, S на ЭКГ после выполнения степ-теста в течение 2-х минут у юношей и девушек достоверно возростала, а зубцов R и T — не менялась (табл. 4). По данным Чернявских [13, с. 36] после физической нагрузки на велоэргометре с мощностью нагрузки в 150 Вт амплитуда зубцов P, Q, R и S достоверно уменьшалась, а длительность интервалов P-Q, QRS и Q-T также снизилась.

Данные об изменении амплитуды зубца R после нагрузки важны для диагностики нарушений сердца, в частности, ишемической болезни сердца (ИБС) [8, с. 33]. Этот показатель может отражать дисфункцию левого желудочка сердца [8, с. 33]. У молодых здоровых людей при умеренной нагрузке отмечается увеличение амплитуды зубцов R, а при максимальной нагрузке — ее уменьшение [8, с. 33]. Достоверное снижение амплитуды зубца R после 5 минутной велоэргометрической пробы у юношей призывного возраста отмечено в работе [13, с. 35]. Полученное в настоящей работе значение амплитуды указанного зубца после выполнения степ-теста в течение двух минут также снижалось по отношению покою, хотя и не достоверно (табл. 4).

Значения амплитуд зубцов ЭКГ у обследованных студентов не выходили за референсные границы нормы (табл. 5). В указанной таблице приведены сравнительные

данные значений амплитуд разных зубцов ЭКГ, полученные в настоящей работе, с литературными [14, с. 468].

Следует также отметить, что статистически значимые изменения показателей ЭКГ происходили как при выполнении степ-теста в течение одной минуты [7, с. 39], так и после выполнения степ-теста в течение двух минут — данные настоящей работы. В то же время достоверные изменения спирографических показателей внешнего дыхания у ранее обследованных нами студентов были отмечены только после выполнения двухминутного степ-теста [5, с. 24]. А после выполнения степ-теста в течение одной минуты показатели внешнего дыхания достоверно не менялись. Возможно, эти данные указывает на то, что сердечно-сосудистая система и ее регуляторные механизмы быстрее реагирует на физическую нагрузку, чем система внешнего дыхания.

Заключение

Таким образом, некоторые литературные данные о том, что происходит изменение продолжительности интервалов ЭКГ и амплитуды зубцов ЭКГ после дозированной физической нагрузки, подтверждаются результатами, полученными в настоящей работе. Хотя характер и направленность изменений на ЭКГ варьирует у разных авторов. Эти изменения зависят от условий проведения физической пробы и контингента, участвующего в исследовании. В частности, изменения на ЭКГ после дозированной физической нагрузки могут отличаться у спортсменов и нетренированных людей. Участвовавшие в исследовании студенты относятся к последней категории.

В целом у обследованных нами студентов параметры ЭКГ в покое находились в пределах референсной нормы, что позволяет сделать вывод об удовлетворительном состоянии работы сердца. Эти исследования были проведены на студентах, не имевших до иссле-

дования жалоб на состояние сердечно-сосудистой системы. Однако, привлечение к исследованию большего числа студентов в будущем, вероятно, позволит получить более полную картину состояния сердечно-со-

судистой системы студентов и её адаптированности к учебному процессу с использованием электрокардиографического метода в сочетании с дозированной физической нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоконь Н. А. Врожденные пороки сердца/Н.А. Белоконь, В. П. Подзолков — М.: Медицина. — 1990. — 352 с.
2. Белоус В. А. Организация научных исследований по физической культуре в вузе: Учебно-методическое пособие/В.А. Белоус, В. А. Щеголев, Ю. Н. Щедрин — СПб: СПбГУИТ-МО. — 2005. — 72 с.
3. Воронин Р. М. Гарвардский степ-тест в оценке функционального состояния юношей 17–18 лет/Р.М. Воронин//Научные ведомости. Серия: Медицина. Фармация. — 2011. — № 16 (111). — Вып.15. — С. 182–185.
4. Гольяпин В. В. Факторный анализ электрофизиологических параметров сердца при физических нагрузках/В.В. Гольяпин, М. Г. Потуданская, М. А. Рогова// Современные наукоемкие технологии. — 2005. — № 10. — С. 95–96.
5. Динамические показатели внешнего дыхания у студентов ЧГУ после дозированной физической нагрузки/С.С. Абумуслимов, В. А. Анзоров, С. В. Морякина [и др.]//Вестник Чеченского государственного университета. — 2016. — № 1. — С. 23–27.
6. Дубровский В. И. Спортивная медицина/В.И. Дубровский — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС. — 2002. — 512 с.
7. Особенности временных характеристик зубцов и интервалов ЭКГ у студентов ЧГУ после выполнения степ-теста/С.С. Абумуслимов, В. А. Анзоров, С. В. Морякина [и др.]//В сборнике: 5 Ежегодная итоговая конференция профессорско-преподавательского состава Чеченского государственного университета. Сер. «Естественные науки». — 2016. — С. 39–42.
8. Симоненко В. Б. Функциональная диагностика/В.Б. Симоненко, А. Я. Фисун — М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. — С. 62–86.
9. Смирнов И. В. Функциональная диагностика. ЭКГ, реография, спирография./И.В. Смирнов, А. М. Старшов. — М.: Эксмо, 2008. — 224 с.
10. Струтынский А. В. Электрокардиограмма: анализ и интерпретация/А.В. Струтынский. — 9-е изд. — М.: МЕДпресс-информ. — 2009. — 224 с.
11. Физиология трудовой деятельности: Метод. указания /Состав. проф. И. Ю. Мышкин; Яросл. гос. ун-т. — Ярославль. — 2001. — 59 с.
12. Фурман Н. В. Клиническое значение удлинения интервалов QT и QTc на фоне приема лекарственных препаратов/Н.В. Фурман, С. С. Шматова//Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии, 2013. № 9 (3). — С. 311–315.
13. Чернявских С. Д. Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у юношей призывного возраста/ С. Д. Чернявских, К. А. Голдаева, Л. А. Дрыганова и др.//Научный результат. — 2014. — № 2. — С. 33–40.
14. Чеснокова С. А. Атлас по нормальной физиологии/С.А. Чеснокова, С. А. Шастун — М.: ООО «Московское информационное агенство». — 2007. — 496 с.

© Абумуслимов Саидхамзат Саидмагомедович (saidkhamzatabumuslimov@gmail.com),

Магомедова Зарема Алимсултановна (magomedova1204@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПАРАМЕТРЫ ОЖИРЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА КАК ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ

PARAMETERS OF OBESITY AND THE STATE OF HYDROCARBON EXCHANGE AS PREJECTORS OF DEVELOPMENT OF GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE

**E. Andreeva
I. Unanova**

Summary. the most common disease of the gastrointestinal tract associated with obesity is gastroesophageal reflux disease. In the article, according to the results of the study, the evidence was confirmed that obesity is a risk factor for the development of gastroesophageal reflux disease, and the role of the state of carbohydrate metabolism in the development of gastroesophageal reflux disease, namely the level of glycosylated hemoglobin, fasting blood glucose and postprandial glycemia in 201 patients with obesity.

Keywords: obesity, gastroesophageal reflux disease, blood glucose, glycated hemoglobin, postprandial glycemia.

Андреева Елена Ивановна

*К.м.н., доцент, Ставропольский государственный
медицинский университет
eandreeva-doctor@yandex.ru*

Унанова Инесса Александровна

*Ассистент, Ставропольский государственный
медицинский университет*

Аннотация: наиболее частым заболеванием органов желудочно-кишечного тракта, ассоциированным с ожирением, является гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь. В статье, по результатам проведенного исследования подтверждены данные о том, что ожирение является фактором риска развития гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, а также доказана роль состояния углеводного обмена в развитии гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, а именно уровня гликозилированного гемоглобина, глюкозы крови натощак и постпрандиальной гликемии у 201 пациента с ожирением.

Ключевые слова: ожирение, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, глюкоза крови, гликированный гемоглобин, постпрандиальная гликемия.

В настоящее время ожирение считается крупнейшей в истории человечества неинфекционной пандемией. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в мире насчитывается более четверти миллиарда больных ожирением, и эта цифра неуклонно растет. В России избыточная масса тела и ожирение встречаются у 47% мужчин и 52% женщин. Ожирение является тяжелым экономическим бременем для государства т.к. приводит к удорожанию лечения практически всех заболеваний [1,2]. Известно, что ожирение в свою очередь является важнейшей составляющей метаболического синдрома (МетС), представляющего совокупность метаболических нарушений и характеризующихся в первую очередь наличием:

- ◆ абдоминального ожирения (увеличение длины окружности талии), повышение уровня триглицеридов;
- ◆ снижения уровня холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП-Х);
- ◆ повышением артериального давления;
- ◆ повышением уровня глюкозы в плазме натощак.

Проблема ожирения значительно повышает риск возникновения серьезных осложнений, которые приводят к ухудшению качества жизни. В частности, было показано, что ожирение играет важнейшую роль в патогене-

зе различных желудочно-кишечных заболеваний, в том числе и ГЭРБ [13]. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь (ГЭРБ) — широко распространенное хроническое рецидивирующее заболевание, типичными симптомами ГЭРБ являются изжога и регургитация. Заболеваемость ГЭРБ среди населения западных стран по различным оценкам, составляет от 10% до 20%, в азиатских странах уровень этого показателя несколько ниже [11].

ГЭРБ является следствием подъема желудочного или дуоденального содержимого выше желудочно-пищеводного соединения, что приводит к проявлениям симптомов заболевания и значительному ухудшению качества жизни пациентов, страдающих данным заболеванием [6,4].

Анализ результатов клинико-эпидемиологических исследований, в которых оценивалась частота проявлений заболевания — изжоги или отрыжки — не менее одного раза в неделю, зарегистрированный показатель распространенности ГЭРБ составил от 18,1 до 27,8% в Соединенных Штатах Америки, от 8,8 до 25,9% в Европе, от 2,2 до 7,8% в странах Восточной Азии, 11,6% в Австралии, 23% в Аргентине [6]. При анализе распространенности заболевания в Латинской Америке, в частности, в Бразилии и в Мексике, распространенность заболевания составила от 3 до 11,9% [7].

В международном исследовании DIGEST было показано, что распространенность симптомов ГЭРБ составляет 7,7%, в то время как изжога является наиболее частым проявлением заболевания (13,5%) со стороны желудочно-кишечного тракта. Также у значительной части пациентов наблюдалась изжога (10,2%) [10].

В некоторых регионах России изжогу по данным выборочных исследований периодически испытывают до 48,5% мужчин и 51,4% женщин [3]. При этом первое в России популяционное эпидемиологическое исследование было инициировано президентом Научного Общества Гастроэнтерологов России директором ЦНИИ гастроэнтерологии Л.Б. Лазебником в рамках реализации программы МЭГРЕ (Многоцентровое исследование «Эпидемиология гастроэзофагеальной рефлюксной болезни в России»). В результате оказалось, что «распространенность ГЭРБ (наличие изжоги и /или кислой отрыжки 1 раз в неделю и чаще в течение последних 12 месяцев) составила 23,6%». Другое многоцентровое исследование АРИАДНА (анализ распространенности изжоги: национальное эпидемиологическое исследование взрослого городского населения) показало, что основной симптом ГЭРБ изжога выявлялся у 59,7% опрошенных, частая изжога (2–3 раза в неделю и чаще) у 22,7% ответивших на вопросы анкеты.

Неуклонный рост распространенности ГЭРБ и связанных с ней осложнений, наряду с общепризнанными факторами риска ГЭРБ, может быть обусловлен изменением характера питания в сторону преимущественного употребления жиров, курением, употреблением алкоголя, а также увеличением числа лиц с избыточной массой тела и ожирением, которое достоверно повышает риск развития клиники ГЭРБ, эрозивного эзофагита, эзофагеальной аденокарциномы.

Имеются отдельные сообщения о наличии корреляции между проявлениями рефлюкса и индексом массы тела (ИМТ) [12, 9]. Сравнительно недавно были опубликованы результаты мета-анализа, где было показано, что увеличение ИМТ является фактором риска ГЭРБ (отношение шансов (ОШ) составило 1,89; 95% доверительный интервал (ДИ): 1.70–2.09) [5]. Есть мнение, что ожирение также представляет собой важный фактор риска развития неэрозивной формы ГЭРБ под воздействием кислой среды [8]. Тем не менее, в настоящее время, связь между ожирением и желудочно-кишечной симптоматикой изучена недостаточно.

Целью исследования

Изучение влияния параметров ожирения (индекса массы тела (ИМТ), окружности талии (ОТ), углеводного

обмена (HbA1c, глюкоза крови натощак, постпрандиальный уровень гликемии) на развитие ГЭРБ.

Материалы и методы исследования

В данное исследование последовательно набирали всех больных, находившихся в отделении эндокринологии ГБУЗ СК СККБ г. Ставрополя с диагнозом «ожирение» различной степени выраженности, верифицированным в соответствии существующим алгоритмом.

В исследование вошли в общей сложности 201 пациент в возрасте от 29 до 64 лет. В числе исследованных было 111 женщин и 90 мужчин. Все больные проходили обследование по клиническому стандарту, включая определение уровня гликозилированного гемоглобина, как показатель отражающий состояние углеводного обмена с уточняющим определением глюкозы крови натощак и постпрандиальным (через 2 часа после углеводной нагрузки). Проводилось физикальное обследование, всем пациентам измерялись антропометрические параметры: окружность талии с помощью сантиметровой ленты, индекс массы тела рассчитывался по формуле Кетле. Также всем включенным в исследование, без учета наличия соответствующих жалоб, выполнялась эзофагогастродуоденоскопия (ЭГДС) с целью диагностики ГЭРБ. На основании полученных данных эзофагогастродуоденоскопии, пациенты были разделены на 2 группы: в первую, основную группу вошли 149 пациентов, у которых были выявлены эндоскопические признаки ГЭРБ, в их числе оказались 84 женщины и 65 мужчин. Во вторую группу, контрольную, вошли 52 пациента с ожирением и отсутствием признаков ГЭРБ. Все пациенты подписали информированное согласие на добровольное участие в исследовании, предварительно ознакомившись с его условиями и целями.

Производилось сравнение полученных данных в обеих группах и с учётом гендерных различий.

Статистический анализ результатов обследования проведен с использованием пакета статистических программ SPSS-22, а также EXEL.

Результаты и их обсуждения

Обработав полученные данные, результаты исследования представлены следующим образом: среди женщин в группе пациентов с эндоскопическими признаками ГЭРБ окружность талии (ОТ) составила 109,81±12,10 см., что статистически достоверно превышает показатели в контрольной группе 107,67±5,67см. (без признаков ГЭРБ) $p=0,001$, среди мужчин также достоверно различались показатели ОТ в группе пациентов, с подтверж-

дённным диагнозом ГЭРБ 110,72±12,51 см и без такового 109,76±5,97 см. $p=0,004$.

Анализируя индекс массы тела, в двух группах были выявлены следующие показатели: у женщин страдающих ГЭРБ средние значения индекса массы тела составили $41,43\pm 5,15$ кг/м², в то время как у пациенток без ГЭРБ этот показатель составил $39,89\pm 2,19$ кг/м², различия явились статистически достоверными ($p=0,001$). Мужчины также продемонстрировали достоверную разницу в превышении ИМТ у тех пациентов, которые имели признаки ГЭРБ ($39,41\pm 5,87$ кг/м²) над теми, у которых данных признаков ГЭРБ обнаружено не было $34,24\pm 2,33$ кг/м² $p=0,000$.

Большой интерес для исследователей представляли данные углеводного обмена, а именно гликозилированный гемоглобин, который в настоящее время используется для диагностики СД, а также уровень глюкозы крови натощак и постпрандиальная гликемия. Произведя подсчёты, были получены данные, свидетельствующие о роли нарушенного углеводного обмена в развитии гастроэзофагеальной рефлюксной болезни. Гликированный гемоглобин в основной группе превышал свои значения по сравнению с группой контроля как среди женщин ($7,26\pm 1,65\%$ в группе с ГЭРБ и $5,47\pm 0,29\%$ в группе без ГЭРБ) $p=0,000$, так и среди мужчин ($6,83\pm 1,42\%$ и $5,41\pm 0,25\%$ соответственно) $p=0,000$. Абсолютным подтверждением этого факта стало влияние как уровня глюкозы натощак, так и после углеводной

нагрузки. В группе пациентов с наличием кислотных рефлюксов были выявлены более высокие показатели гликемии натощак: у женщин $6,60\pm 1,80$ ммоль/л., и $5,71\pm 0,42$ ммоль/л. соответственно $p=0,000$. У мужчин $6,91\pm 2,68\%$ в группе с наличием ГЭРБ и $5,79\pm 0,45\%$ в группе без ГЭРБ $p=0,000$. Постпрандиальная гликемия также оказалась достоверно выше как среди женщин, так и среди мужчин в группе с выявленными признаками ГЭРБ. В обоих случаях $p=0,000$. Средние показатели постпрандиальной гликемии женщин первой группы составили $8,31\pm 2,70$ ммоль/л, во второй группе $6,67\pm 0,89$ ммоль/л. Медиана этого показателя у мужчин $8,34\pm 2,90$ ммоль/л. в первой группе и $6,79\pm 1,04$ ммоль/л во второй группе.

Заключение

Подтверждены данные о том, что ожирение является фактором риска развития гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, в частности, чем выше окружность талии и больше индекс массы тела, тем больше вероятность развития ГЭРБ. Доказана роль состояния углеводного обмена в развитие гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, а именно уровня гликозилированного гемоглобина, глюкозы крови натощак, а также постпрандиальной гликемии, поэтому метаболические нарушения требуют своевременной оптимизации углеводного обмена у данной категории пациентов. Полученные данные можно расценивать как самостоятельные факторы риска развития ГЭРБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутрова С. А. От эпидемии ожирения к эпидемии // *Consilium Medicum (Ukraina)*. — 2010; 7: 34–7.
2. Дедов И. И. Морбидное ожирение-2014-С. 70–80.
3. Лазебник Л.Б., Звенигородская Л. А. Метаболический синдром и органы пищеварения. — М.: Анахарсис, 2009. — 345 с.
4. Acosta A., Camilleri M. Gastrointestinal morbidity in obesity // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2014. Vol. 1311, № 1. P. 42–56.
5. Eslick G. D. Gastrointestinal symptoms and obesity: a meta-analysis // *Obes. Rev.* — 2012. — Vol.13. — P. 469–479.
6. Huerta-Iga F., Tamayo-de la Cuesta J., Noble-Lugo A. et al. Consenso mexicano de enfermedad por reflujo gastroesofágico (Parte I) // *Rev. Gastroenterol. Mex.* — 2012. — Vol.77. — P. 193–213.
7. Salis G. Systematic review: Epidemiology of gastroesophageal reflux disease in Latin America // *Acta Gastroenterol. Latinoam.* — 2011. — Vol.41. — P. 60–69.
8. Savarino E., Martinucci I., Furnari M. et al. Vonoprazan for treatment of gastroesophageal reflux: pharmacodynamic and pharmacokinetic considerations // *Expert Opin. Drug. Metab. Toxicol.* — 2016. — Jul. 18. [Epub ahead of print]
9. Seidell JS. The worldwide epidemic of obesity. In: *Progress in obesity research. 8 International congress in obesity*. Ed. By b/ Guy-Aihaud G. London: Johnlibbey CompanyLtd; 1999. p. 661–668.
10. Stanghellini V. Three-month prevalence rates of gastrointestinal symptoms and the influence of demographic factors: Results from the Domestic International Gastroenterology Surveillance Study (DIGEST) // *Scand. J. Gastroenterol.* — 1999. — Vol.231, Suppl. — P.20–28.
11. Katz P.O., Gerson L. B., Vela M. F. Guidelines for the diagnosis and management of gastroesophageal reflux disease // *Am. J. Gastroenterol.* — 2013. — Vol. 108. — P. 308–328.
12. Locke G.R., Talley N. J., Fett S. L. et al. Risk factors associated with symptoms of gastroesophageal reflux // *Am. J. Med.* — 1999. — Vol.106. — P. 642–649.
13. Quigley E. M. Review article: gastric emptying in functional gastrointestinal disorders // *Alimentary Pharmacology and Therapeutics.* — 2004. — Vol. 20, suppl.7. — P.56–60.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПОРЯДКОВ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

STAGES IN THE DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR DELIVERING MEDICAL CARE IN MODERN RUSSIA

**P. Zapevalin
I. Kicul
B. Taevskij**

Summary. The changes in the normative and law regulation have been studied in the field of health for the last twenty years, history of development of procedures and standards for medical care administration that directly depends on quality, accessibility and safety of medical care have reviewed. And however the procedures of medical care administration appear to be widespread document they need to be future elaborated. This article covers the modern state of the procedures of medical care administration.

Key words: medical care procedures standards of medical care, mandatory health insurance.

Запевалин Павел Владимирович

Аспирант, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования
Med_proekt@bk.ru

Кицул Игорь Сергеевич

Д.м.н., профессор, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования

Таевский Борис Владимирович

К.м.н., доцент, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования

Аннотация. Изучены изменения, происходящие в нормативно-правовом регулировании в сфере здравоохранения последнего двадцатилетия, рассмотрена история развития порядков и стандартов оказания медицинской помощи от чего на прямую зависит качество, доступность и безопасность медицинской помощи. Порядки оказания медицинской помощи являются широко распространенным документом, тем не менее, требуют проработки. В работе предоставлена информация, отражающая современное состояние порядков оказания медицинской помощи.

Ключевые слова: порядок оказания медицинской помощи, стандарты медицинской помощи, обязательное медицинское страхование.

Показателями эффективности работы системы здравоохранения государства вне зависимости от модели построения и источника финансирования признаются доступность и качество медицинской помощи, а также затраты на ее оказание [17]. В соответствии с Федеральным законом от 21.11.2011 № 323-ФЗ, медицинская помощь в Российской Федерации оказывается в соответствии с порядками оказания медицинской помощи, а также на основе стандартов медицинской помощи, обязательными для исполнения на территории Российской Федерации всеми медицинскими организациями с 1 января 2013 г. [1]. Порядки и стандарты являются основой для установления страхового обеспечения в соответствии с базовой программой обязательного медицинского страхования (ОМС), что гарантирует равные качество и объем оказываемой медицинской помощи на всей территории государства [9].

Порядки и стандарты медицинской помощи утверждаются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти и подлежат официальному опубликованию [8]. На сегодняшний день все стандарты оказания медицинской помощи утверждаются нормативно Приказом Министерства здравоохранения РФ. Порядки оказания медицинской помощи разрабатываются по отдельным ее видам, профилям, заболеваниям

или состояниям (группам заболеваний или состояний) и включают в себя: этапы оказания медицинской помощи; правила организации деятельности медицинской организации (ее структурного подразделения, врача); стандарт оснащения медицинской организации, ее структурных подразделений; рекомендуемые штатные нормативы медицинской организации, ее структурных подразделений; иные положения, исходя из особенностей оказания медицинской помощи [22].

Порядки оказания медицинской помощи в России на протяжении своей истории неоднократно подвергались экспериментированию. В результате становления советского законодательства о здравоохранении в период 1917–1925 гг. все медицинские учреждения России стали государственными, деятельность их была преимущественно направлена на профилактику и предупреждение заболеваний, медицинские услуги стали бесплатными, а частные медицинские учреждения были закрыты. При этом нормы, регулирующие порядок предоставления медицинских услуг, содержались в различных нормативных актах гражданского, уголовного и административного права. Советская пропаганда здорового образа жизни среди населения в сочетании с законодательно установленной ответственностью медиков за качество оказываемой ими медицинской помощи способствовали повышению

медицинской грамотности населения страны, а также профессионального уровня и социального статуса медицинских работников. В качестве примера можно назвать Постановление Пермского окружного исполнительного комитета Советов РК и КД № 12 от 12.06.1929 г., которым были утверждены «Правила о соблюдении санитарных мероприятий и об осуществлении санитарного надзора в Пермском округе» [19].

Законодательство, регламентировавшее порядок оказания медицинских услуг в период 1930–1969 гг. характеризовалось ведомственным нормативным регулированием медицинской деятельности, источники которого часто содержали специфические медицинские термины и были направлены на недопущение эпидемий и массовой гибели советских граждан в тылу во время Великой отечественной войны. Данные обстоятельства обусловлены сложной внешне политической ситуацией, связанной с ведением СССР массированных военных действий, приведших к большим человеческим жертвам, что негативно сказалось на демографической ситуации в государстве [7].

Законодательство о здравоохранении более позднего советского периода не внесло больших изменений в правовой статус медицинских учреждений, не ужесточило ответственность медицинских работников, лишь систематизировало существующую систему здравоохранения, более чётко регламентировало порядок администрирования деятельности медицинских работников в лечебных учреждениях и деятельности работников фармацевтической отрасли, а также регламентировало порядок обучения медицинским специальностям. Тем не менее законодательство в здравоохранении данного периода не отвечало требованиям общества и быстро потеряло свою актуальность, так как не предусматривало большинства новых методов диагностики, видов медицинской деятельности, о чём свидетельствует большое количество изменений, которые были внесены в Закон СССР от 19.12.1969 г. «Об утверждении основ законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении» в 1979 г., 1984 г. (дважды), 1985 г., 1987 г., 1990 г. (дважды) [7].

Более ошутимая кардинальная правовая трансформация отечественной системы здравоохранения связана с демократическими изменениями в российском обществе в 90-е гг. Смена государственного строя и переход на рыночную экономику неизбежно внесли изменения и в развитие здравоохранения [14]. Необходимость реформирования отраслей здравоохранения была продиктована насущной потребностью в законодательстве, его соответствии международным актам в области здравоохранения, учитывающим новые виды медицинской деятельности, такие как: репродуктивная

медицина, психиатрия, эвтаназия и альтернативная медицина; а также особенность правоотношений, связанных с реализацией прав граждан и отдельных групп населения в области охраны здоровья, с проблемами оказания медицинской помощи без согласия граждан [7].

В период 1987–1990 гг. проводился опыт по внедрению принципов хозяйственного расчета в учреждения здравоохранения, нового хозяйственного механизма (НХМ) в Самарской, Кемеровской областях и в Санкт-Петербурге. В ходе эксперимента главенствующая роль отводилась амбулаторно-поликлиническому звену, которое становилось ответственным за оказание всех видов помощи. Поликлиника выступала в роли фондодержателя, вступая в договорные отношения с больничными стационарами, консультативными центрами и другими ЛПУ, должна была оплачивать всю лечебную работу этих учреждений в отношении прикрепленного к ней населения. К сожалению, НХМ не мог существенно изменить к лучшему ресурсное обеспечение лечебно-профилактической помощи, ликвидировать пороки остаточного принципа финансирования здравоохранения и эксперимент тогда остался просто экспериментом [14].

Чуть позже, в 1990–1995 гг., проводился организационный эксперимент по поиску рациональных форм обеспечения населения медицинской помощью. В принятом Законе РФ от 28 июня 1991 г. №1499-1. «О медицинском страховании граждан в Российской Федерации». В ст. 21 говорилось о лицензировании и аккредитации медицинских учреждений всех форм собственности. Двумя годами позже принимается закон об «Основах законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г. №5487-1 в котором в ст. 15 так же идет речь о порядке и условиях выдачи лицензий предприятиям, учреждениям и организациям государственной, муниципальной, частной систем здравоохранения. Уже на первых этапах становления государственной контрольно-разрешительной системы в стране (фактически с 1994 г.) проявились некоторые правовые коллизии, которые на десятилетие вперед предопределили трудноразрешимые проблемы ее формирования т.к. два федеральных законодательных акта («Закон» и «Основы») не согласованы между собой.

Реформы периода 1991–2001 гг. затронули все отрасли здравоохранения: вопросы медицинского страхования, экологии, предупреждения распространения ВИЧ-инфекции, охраны материнства и детства, фармацевтики, иммунопрофилактической работы, физической культуры и спорта, психиатрии, санитарно-эпидемиологической деятельности и других [7]. В этот период произошли изменения в характере ответствен-

ности работающих в отрасли здравоохранения, что было в значительной мере связано с существенными изменениями социальной, экономической жизни российского общества. Это реформирование затронуло также и вопросы охраны здоровья населения, связанные с внедрением системы платной частной медицины, обязательной страховой медицины и разрешением целительства. Эти изменения были обусловлены, прежде всего, принципиальными различиями в правовых и морально-этических взаимоотношениях врача и больного в советскую и постсоветскую эпоху, особенно ставшие очевидными после 1993 г., когда были приняты «Основы законодательства РФ об охране здоровья граждан» [1].

Наличие частной медицины потребовало от отечественного законодателя изменения правовой регламентации порядка оказания медицинских услуг как частными, так и государственными лечебными учреждениями и наложения ответственности на частнопрактикующих медицинских работников за качество оказываемых ими услуг. Для этой цели было издано множество законодательных актов, в числе: Гражданский кодекс РФ (часть вторая), предусматривающий порядок расчёта и процедуру взыскания возмещения вреда, причинённого жизни или здоровью гражданина; Уголовный кодекс РФ, где изложена ответственность за незаконный оборот сильнодействующих или ядовитых веществ в целях сбыта (ст. 234), незаконное занятие частной медицинской практикой или частной фармацевтической деятельностью (ст. 235), Нарушение санитарно-эпидемиологических правил (ст. 236); Закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», прописывающий дисциплинарную, административную и уголовную ответственность за несоблюдение санитарного законодательства РСФСР; Федеральный закон РФ «О лекарственных средствах», который регламентировал порядок обращения лекарств на территории России, порядок осуществления контроля за обращением лекарственных средств на территории нашей страны, а главное — ответственность производителей фармацевтической продукции за вред, нанесённый здоровью человека вследствие применения лекарственных некачественных средств и другие [7].

В «Концепции развития здравоохранения и медицинской науки в Российской Федерации» 1997 года нашли свое отражение необходимость проведения коренной реформы в организации, управлении и деятельности системы лечебно-профилактической помощи населению страны. В качестве одной из приоритетных задач по реформированию отрасли было намечено развитие первичной медицинской помощи в стране, усиление первичного звена здравоохране-

ния. Концепция, в том числе, подразумевала мероприятия, связанные с изменением внутренней структуры амбулаторно-поликлинических учреждений по принципу врача общей практики — семейного врача, с внедрением стационарозамещающих технологий, созданием современной консультативно-диагностической службы. Дополнительно вопросы, изложенные в «Концепции развития здравоохранения и медицинской науки», были проработаны в «Основных направлениях государственного регулирования развития здравоохранения Российской Федерации на 2000–2010 годы». Диагностическая служба, созданная в соответствии с этими документами, представляла собой сеть принципиально новых учреждений, позволяющих обеспечить доступность к современным методам диагностики и лечения для населения, особенно на догоспитальном этапе [13].

Совершенно новым подходом к реорганизации амбулаторно-поликлинической помощи населению стало внедрение врача общей практики (семейного врача), поскольку изменяло само существо лечебно-профилактической помощи населению — участковый принцип, доказавший свои очевидные преимущества, усиленный модернизацией понятия пациента, за который теперь принималась семья [26]. Внедрение и развитие стационарозамещающих форм улучшало использование коечного фонда стационаров, являлось эффективной формой медицинского обслуживания населения, способствовало сокращению сроков пребывания в стационаре, уменьшению коек восстановительного лечения, увеличению доступности восстановительного лечения для большого числа людей [3].

С дальнейшим развитием здравоохранения все более остро вставал вопрос об использовании внутренних ресурсов. В качестве одного из направлений было определено повышение эффективности использования ресурсов, в том числе, за счет структурной перестройки отрасли [23]. С целью совершенствования организационных аспектов оказания медицинской помощи населению крупного города, направленного на перераспределение объемов медицинской помощи из дорогостоящего стационарного сектора в амбулаторный на базе дальнейшего развития первичной медико-санитарной помощи, в г. Краснодаре была разработана организационная модель. В ее основе была заложена реструктуризация амбулаторной медицинской помощи с организацией на базе головных поликлиник округов межполиклинических центров, консультативно-диагностических, реабилитационных отделений и центров специализированного курсового амбулаторного лечения (СКАЛ); развитие сети дневных стационаров, центров амбулаторной хирургии, определение технологии взаимодействия между всеми

структурными подразделениями амбулаторной и стационарной служб и т.д. [21].

Однако реальной реформы здравоохранения в стране, в т.ч. первичного звена по оказанию первичной медико-санитарной помощи (ПМСП) не произошло. Подавляющее большинство муниципальных поликлиник продолжали оказывать ПМСП силами участкового терапевта, участкового педиатра, врача ОВП и с любой патологией, кроме ограниченного перечня распространенных внутренних болезней, все прикрепленное население вынуждено по-прежнему обращаться к узким специалистам. Врач общей практики (ВОП) еще не всегда соответствует уровню квалификации этих специалистов, редко принимает больных по разрешенным специальностям. Поэтому ПМСП, как ведущее звено отечественного здравоохранения, должна получить дальнейшее развитие и совершенствование. Она должна стать доступной и гарантированной государством бесплатно по важным социальным стандартам для каждого жителя, включать в себя: лечение наиболее распространенных болезней; травм, отравлений и других неотложных состояний; медицинскую профилактику важнейших заболеваний; санитарно-гигиеническое образование; проведение реабилитационных и других мероприятий, связанных с оказанием ПМСП гражданам по месту жительства. Являясь первым этапом непрерывного процесса охраны здоровья населения, ПМСП должна быть максимально приближена к месту жительства и работы людей, и ее организационной основой остается территориально-участковый принцип [18].

Решить эти задачи был призван принятый в 2005 г. Правительством РФ приоритетный национальный проект «Здоровье». С 2009 г. по инициативе Минздравсоцразвития России в сфере здравоохранения он был запущен в действие и затрагивал основные направления модернизации здравоохранения на период до 2009 года. Реализация происходила по 4 основным направлениям, одно из которых — развитие первичной медико-санитарной помощи, включая: повышение оплаты труда медицинских работников первичного звена здравоохранения, в частности врачей общей (семейной) практики, участковых врачей-терапевтов, участковых врачей-педиатров и медицинских сестер, работающих с ними; врачей, фельдшеров и медицинских сестер скорой медицинской помощи; фельдшеров, акушеров и медицинских сестер ФАП; оснащение амбулаторно-поликлинических учреждений и станций скорой помощи современным оборудованием и автотранспортом; увеличение подготовки врачей на курсах повышения квалификации и переподготовки; усиление профилактической составляющей медицинской помощи: иммунизация населения и расширение Национального календаря профилактических прививок, вы-

явление и лечение инфицированных ВИЧ, гепатитами В и С; диспансеризация и углубленные медицинские осмотры населения, в том числе работающих во вредных и опасных условиях труда, диспансеризация детей сирот и детей, находящихся в трудной жизненной ситуации; обследование новорожденных на галактоземию, муковисцидоз, фенил кетонурию, адреногенитальный синдром, врожденный гипотиреоз и проведение аудиологического скрининга [6].

Главные цели и задачи проекта «Здоровье», направлены на «снижение смертности, инвалидности, заболеваемости; повышение доступности для населения и качества медицинской помощи; развитие профилактической направленности здравоохранения; повышение роли участковой службы (врача общей (семейной) практики, участковых — терапевта, педиатра), создание условий для увеличения объема медицинской помощи на догоспитальном этапе; повышение удовлетворенности населения в высокотехнологичных видах медицинской помощи» [10]. Его реализация показала определенные положительные результаты. Однако основное внимание в большей степени было уделено закупкам дорогостоящего оборудования: вложения в развитие первичной медицинской помощи и профилактики — наиболее эффективные меры улучшения здоровья населения — составили всего 60% всех средств; вложения в решение ключевых проблем здравоохранения (увеличение оплаты труда медицинских работников и повышение их квалификации), от которых определяющим образом зависит эффективность системы здравоохранения, оказались малы [20].

В период реформ здравоохранения произошли коренные изменения и в сфере оказания высокозатратных видов медицинской помощи. При этом главные изменения были направлены на значительное (с 2006 года) увеличение финансирования данной системы из средств федерального бюджета и создание Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП). После появления ВМП Минздравсоцразвития России в целях осуществления программы инициировало замещение затратного механизма финансирования федеральных специализированных медицинских учреждений (СМУ), механизмом финансирования, основанным на установлении государственного задания [2,10].

В настоящее время процесс структурно-функциональной реорганизации здравоохранения продолжается. В разных регионах происходят преобразования: внедрение одноканального финансирования, введение стандартов и новых методов оплаты медицинской помощи, создание новых организационно-правовых форм учреждений здравоохранения. Проводятся ис-

следования, направленные на обновление работы системы здравоохранения на основе увеличения амбулаторно-поликлинической помощи населению [15,24].

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 19 мая 2007 г. № 296, с целью повышения качества услуг в сфере здравоохранения, оперативного управления финансами (обеспечения финансирования стационарной помощи в соответствии с медико-экономическими стандартами (МЭС), а амбулаторно-поликлинической — с использованием подушевого норматива), с июля 2007 г. началась реализация в 19 субъектах Российской Федерации пилотного проекта [12]. В числе основных направлений модернизации — осуществление на уровне амбулаторно-поликлинических учреждений частичной аккумуляции средств, предназначенных для оплаты других видов медицинской помощи (система фондодержания). Пилотный проект рассматривался как эксперимент, который позволил бы получить ответы на вопрос о направлениях преобразований в системе финансирования здравоохранения в масштабах всей страны, как способ выявления возникающих проблем. Это направление проекта реализуется в 11 регионах (Белгородской, Владимирской, Калужской, Тверской, Вологодской, Томской, Калининградской, Ленинградской областях, Хабаровском крае, Республике Чувашия, Татарстане). Амбулаторно-поликлинические учреждения этих регионов становятся держателями средств не только на собственную деятельность, но и на другие виды медицинской помощи, оказываемые прикрепленному населению. Для этого вводится подушевой принцип оплаты амбулаторной помощи. В состав норматива подушевого финансирования входят часть расходов на стационарную помощь, консультации специалистов и исследования в других медицинских учреждениях. За основу взят вариант частичного фондодержания, при котором поликлиника несет финансовые риски в ограниченных масштабах [6].

В большинстве субъектов РФ реализация пилотного проекта осуществлялась по отдельным направлениям, и только 5 территорий реализовывали проект по всех 5 направлениях. Размер финансирования проекта в регионах также был разным и оговаривался соглашением между Правительством РФ и субъекта. К примеру, в Белгородской области он составлял (50% на 50%) по 360 млн. рублей. Естественно, что итоги реализации проекта также разные. В этой связи можно констатировать, что одноканальное финансирование в пилотных территориях было осуществлено только там, где был достаточный объем финансовых средств в системе обязательного медицинского страхования (ОМС), необходимых для оплаты всех затрат учреждения. В целом одноканальное финансирование не ухудшило финан-

совое положение лечебных учреждений. Однако оно позволило начать создавать реальные условия для конкуренции между производителями медицинских услуг разной форм собственности в первичном звене. Устанавливаемый подушевой норматив финансирования, включающий все затраты поликлинических учреждений, позволял практиковать взаиморасчеты между учреждениями. Переход на одноканальное финансирование также позволяет, при имеющейся самостоятельности руководителя, сложившуюся экономию средств по результатам торгов на поставку продукции, выполнение услуг направлять на более реальные нужды учреждения. Финансовые средства направлялись на укрепление материально-технической базы учреждений здравоохранения, на оснащение медицинским оборудованием, приобретение в более полном объеме лекарственных средств, а также на оплату труда медицинских работников за выполнение критериев качества медицинской помощи и достижение конечных результатов. Но, вместе с тем, выявлены и слабые стороны одноканального финансирования, в частности, в рамках действующего тарифа реализации территориальной программы ОМС затруднено приобретение дорогостоящего оборудования и проведение капитальных ремонтов. Затраты на капитальный ремонт и оборудование требуют формирования подушевого норматива в соответствии с фактическими расходами лечебного учреждения [18].

В 2008 г. вышел приказ Министерства здравоохранения и социального развития N410 н «Об организации в Министерстве здравоохранения и социального развития Российской Федерации работы по разработке порядков оказания отдельных видов (по профилям) медицинской помощи и стандартов медицинской помощи» в соответствии с которым предусматривались требования применительно к Порядкам оказания отдельных видов (по профилю) медицинской помощи и стандартом медицинской помощи при конкретных заболеваниях и состояниях. Таких как табель оснащенности медицинской организации и ее структурных подразделений, рекомендуемые штатные нормативы и порядок оказания медицинской помощи по профилю включая этапы ее оказания. Работа по уточнению и разработке федеральных стандартов велась профильными рабочими группами, созданными при Министерстве здравоохранения и социального развития Российской Федерации в соответствии с Приказами Минздравсоцразвития РФ от 27.05.2009 N279. Это способствовал принятию первого «поколения» порядков и стандартов оказания медицинской помощи по разным профилям, которые в 2012 г. были заменены на второе «поколение» порядков оказания медицинской помощи общим количеством более 60 используемые до сих пор. Современные порядки оказания медицинской помощи тре-

буют серьезной проработки особенно это касается стационарной хирургической помощи в плане оснащения медицинской организации, оснащения структурных подразделений и оснащения операционных, требования к санитарным нормам практически не выполнимы для медицинских организаций построенных в период СССР, низкая кадровая обеспеченность, а так же использование новых медицинских технологий.

На сегодняшний день в Министерстве здравоохранения Российской Федерации ведется активная работа по разработке стандартов оказания медицинской помощи по различным нозологиям [9], формируется комплексная отрасль законодательства — здравоохранительное право. Российские медицинские учреждения представляют собой совокупность частных и государственных медицинских учреждений, которые оказывают медицинские услуги в рамках единого правового поля [7]. Принятый ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» с 1 января 2013 г. изменил природу порядков и стандартов медицинской помощи, которые в настоящее время имеют обязательный характер применения [11]. На основе порядков и стандартов медицинской помощи, а с 1 января 2015 г. и клинических рекомендаций (протоколов лечения) формируются критерии оценки качества медицинской помощи (ст. 64 ФЗ-323). Применение порядков и стандартов до введения в действие ст. 37 ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в России» носило необязательный характер, и медицинские работники имели возможность отступать от стандарта оказания медицинской помощи в интересах конкретного пациента. С 1 января 2013 г. такая возможность исчезла. А назначение лечения, не входящего в соответствующий стандарт медицинской помощи, допускается в случае наличия медицинских показаний (индивидуальной непереносимости, по жизненным показаниям) по решению врачебной комиссии на основании п. 5. ст. 37 ФЗ РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [22].

В настоящий период порядки и стандарты медицинской помощи в России теперь утверждаются и подлежат официальному опубликованию, по своей природе являются жесткими, поскольку отступления от их предписаний не допускается, и являются обязательными для соблюдения медицинскими организациями на всей территории страны. Порядки и стандарты медицинской помощи не содержат правовых норм и являются техническими актами [5]. Всякое отступление от стандарта с 1 января 2013 г. расценивается как нарушение качества, а критерии качества оказания медицинской помощи сформированы на основе порядков и стандартов медицинской помощи, утвержденных Министерством здравоохранения Российской Федерации, клинических

рекомендаций (протоколов лечения) по группам заболеваний (состояний) и вводятся в действие с 1 июля 2017 г. [16]. Эти критерии позволяют оценить качество медицинской помощи, оказанной пациенту в амбулаторных, стационарных условиях и в условиях дневного стационара. По мнению ряда авторов усложнение процедуры применения порядков и стандартов медицинской помощи в интересах пациента будет негативно сказываться на медицинской практике: в конкретной практической ситуации у врача просто не будет возможности собрать комиссию врачей для того, чтобы отступить от конкретной схемы лечения, которая указана в стандарте, и избрать лечение, являющееся для данного пациента безопасным и эффективным [16,22]. Для защиты интересов пациентов и охраны их здоровья предлагается внести некоторые дополнения и п. 5 ст. 37 ФЗ РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» изложить в следующей редакции: «Назначение и применение лекарственных препаратов, медицинских изделий и специализированных продуктов лечебного питания, не входящих в соответствующий стандарт медицинской помощи, допускаются в случае наличия медицинских показаний по решению врача в интересах пациента» [22]. Среди проблем в системе оценки медицинской помощи — отсутствие объективности, которая следует из недостатков организации системы здравоохранения, а также отсутствие механизмов досудебного урегулирования конфликтов между врачом и пациентом [16].

Порядки оказания медицинской помощи, стандарты медицинской помощи и клинические рекомендации (протоколы лечения) призваны образовать единую систему, функция которой — обеспечение процесса оказания медицинской помощи на возможно качественном уровне в рамках определенных финансовых ресурсов. Развитие, усовершенствование системы стандартов оказания медицинской помощи отражено в Концепции развития здравоохранения Российской Федерации до 2020 года: «Одним из основных факторов создания системы качественной и доступной медицинской помощи является наличие единых для всей территории Российской Федерации ... стандартов оказания медицинской помощи при наиболее распространенных и социально-значимых заболеваниях и патологических состояниях. Выполнение стандартов медицинской помощи должно быть гарантировано гражданам на всей территории Российской Федерации» [5].

Таким образом, становление порядков оказания медицинской помощи в России начиная с послереволюционного периода можно разделить на два основных этапа: 1) советский период (1917–1990 гг.), который характеризовался формированием жесткой административной системы государственного здравоохранения на терри-

тории всего государства, состоящей из различных государственных медицинских учреждений, частная медицинская практика была запрещена, ответственность медиков за качество оказываемых ими медицинских услуг была ужесточена вплоть до уголовной ответственности; 2) постсоветский период (с 1991 г. по настоящее время), отличающийся многообразием государственных и частных медицинских лечебных учреждений, действующих в рамках единого правового поля [7].

На современном этапе порядок оказания медицинской помощи определяет новые формы и методы развития и совершенствования, которые направлены на обеспечение равного доступа к качественным медицинским услугам всех жителей, повышение качества и продолжительности активной жизни населения (в том числе трудовых ресурсов), что является залогом устойчивого социально-экономического развития страны и каждого региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопов В. И. Медицинское право: современное здравоохранение и право граждан на охрану здоровья. — Ростов на Дону, 2012. — 247с.
2. Воробьев П. А., Вялков А. И., Бальчешский В. В. Стандартизация в здравоохранении на современном этапе // Проблемы стандартизации в здравоохранении. — 2007. — С. 3–9.
3. Горбунков В. Я. Организационно-экономическое обоснование стационарозамещающих форм хирургической помощи: автореф. дис. . . . д-ра мед. наук. — М., 2003. — 48с.
4. Государственная программа г. Москвы на среднесрочный период (2012–2016 гг.) «Развитие здравоохранения г. Москвы (Столичное здравоохранение)», утвержденная Постановлением Правительства Москвы от 22.02.2012 г. № 64-ПП, от 28.05.2013 г. № 331-ПП.
5. Грачева А. С. Стандартизация медицинской помощи как часть системы управления качеством в здравоохранении // Вестник Росздравнадзора. — 2010. — № 5. — С. 16–21.
6. Гриднев О. В. Обзор основных этапов организации амбулаторно-поликлинической помощи в России // Исследования и практика в медицине. — 2014. — № 1. — С. 84–88.
7. Куранов В. Г. Развитие медицинского законодательства в России в советский и современный период // Пермский медицинский журнал. — 2013. — Т. XXX. — № 6. — С. 133–139.
8. Об опубликовании национальных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации: постановление Правительства РФ от 25 сент. 2003 г. № 594 // Собр. законодательства РФ. 2003. № 39. Ст. 3773.
9. Отчет Министерства здравоохранения Российской Федерации «Об итогах работы Министерства здравоохранения Российской Федерации в 2013 году и задачах на 2014 год». Available from: <http://www.rosminzdrav.ru> (accessed 16 August 2014).
10. Перхов В. И. История, реальность и перспективы обеспечения населения Российской Федерации бесплатной высокотехнологичной медицинской помощью. Часть 1. / Киреев С. А. Ахмедов Ш. Д. // Сибирский медицинский журнал. — 2009. — № 1 (24). — С. 63–67.
11. Письмо Минздрава России от 30 апреля 2013 г. № 13–2/10/2–3113 «О применении стандартов и порядков оказания медицинской помощи». — Available from: <http://www.rosminzdrav.ru> (accessed 15 December 2014).
12. Постановление Правительства РФ от 19.05.2007 г. № 296 «Об утверждении финансирования в 2007 г. расходов на реализацию в субъектах РФ пилотного проекта, направленного на повышение качества услуг в сфере здравоохранения и перечня субъектов РФ, участвующих в его реализации.
13. Прощенский Б. М. Организационно-экономические механизмы совершенствования консультативно-диагностической помощи населению: автореф. дис. . . . канд. мед. наук. — М., 2004. — 24с.
14. Ройтман М. П., Линденбратен А. Л. От нового хозяйственного механизма в здравоохранении к обязательному медицинскому страхованию // Проблемы социальной гигиены и история медицины. — 1996 г. — Т. 1. — стр. 30–36.4
15. Селезнева Е. В., Шейман И. М., Шишкин С. В. Содержание организационно-экономических инноваций и их соответствие задачам повышения эффективности использования ресурсов. — М.: Издательство «Дело» РАНХ, 2010. — С. 11–40.
16. Старченко А. А., Тарасова О. В., Салдуева О. В., Гуженко М. Д. Карта дефектов медицинской помощи: пособие для медицинских работников и экспертов по дефектам оказания медицинской помощи. — М., 2015. — 314с.
17. Степчук М. А., Пинкус Т. М., Абрамова С. В., Боженко Д. П. Доступность медицинской помощи на этапах ее оказания // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. — 2011. — № 16 (111). — Т. 15. — С. 9.
18. Степчук М. А., Пинкус Т. М., Боженко Д. П. Этапы развития первичной медико-санитарной помощи в России // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. — 2012. — № 10 (129). — Вып. 18/1. — С. 140–147.
19. Урланис Б. Ц. Рождаемость и продолжительность жизни в СССР. М.: Соцэргиз 1963; 26.
20. Хальфин Р. А. Уроки приоритетного национального проекта «Здоровье» // Общественное здоровье и здравоохранение. Национальное руководство / Под ред. Стародубова В. И. Щепина О. П. — М., 2013.
21. Ханкоев И. М. Научное обоснование и разработка средств оптимизации системы медицинской помощи населению крупного города // Автореф. дис. . . . д-ра мед. наук. — М.: 2001 г. — стр. 48
22. Шевчук Е. П. Порядки и стандарты медицинской помощи как инструменты в оценке качества оказания медицинских услуг в России // Сибирский юридический вестник. — 2016. — № 4(75). — С. 89–94.

23. Щепин В. О. Структурно-функциональные преобразования в системе лечебно-профилактической помощи населению РФ // Бюлл. НИИ им. Н.А Семашко. Тематич. вып. — 2000 г. — стр.89–92
24. Щепин В.О., Миргородская О. В. Структурный анализ сети учреждений амбулаторно-поликлинической помощи в Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены. Здравоохранения и истории медицины. — 2012 г.— Т. 6.— стр. 26–31.
25. Щепин О.П., Дмитриева Н. В., Коротких Р.В. Теоретические и организационные аспекты первичной медико-санитарной помощи в России // Проблемы социальной гигиены и история медицины. — 1996 г.— Т. 2.— стр. 3–11.
26. Щепин О.П., Овчаров В. К. Организационный и методический подход к работе врача общей практики (семейного врача [Журнал] // Семейная медицина. — 1998 г.— Т. 2.— стр. 2–7.

© Запевалин Павел Владимирович (Med_proekt@bk.ru), Кицун Игорь Сергеевич, Таевский Борис Владимирович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ БЕРЕМЕННОСТИ РАННИХ СРОКОВ ПОСЛЕ ЭКО

PREDICTIVE VALUE OF ULTRASOUND STUDY IN THE DIAGNOSIS OF EARLY-STAGE PREGNANCY AFTER IVF

**G. Kolpinskiy
T. Kamaeva**

Summary. Infertility is one of the most actual problems of modern medicine. Currently, assisted reproductive technologies are one of the most effective treatments for many factors reproductive function. Unfortunately, the IVF procedure does not exclude such adverse pregnancy outcomes as spontaneous miscarriage or early pregnancy. This article describes methods of predictive significance of ultrasonic method for complicated pregnancy.

Keywords: ultrasound diagnostics, in-vitro fertilization.

Колпинский Глеб Иванович

Д.м.н., профессор, ГБОУ Кемеровский медицинский университет МЗ РФ г. Кемерово

Камаева Татьяна Александровна

К.м.н., ФГБОУ ВО Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова, г. Абакан

tatyankamaev@ya.ru

Аннотация. Бесплодие — одно из самых актуальных проблем современной медицины. В настоящее время вспомогательные репродуктивные технологии являются одними из самых результативных методов лечения многих факторов нарушения репродуктивной функции. К сожалению, процедура экстракорпорального оплодотворения (далее — ЭКО) не исключает такие неблагоприятные исходы беременности как самопроизвольный выкидыш или замершая беременность. В настоящей статье приведены методы прогностической значимости ультразвукового метода исследования для осложненного течения беременности.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, экстракорпоральное оплодотворение.

Введение

Нарушения репродуктивной функции в настоящее время являются наиболее актуальными в современной медицине. Выявлено множество причин, осложняющих деторождение на различных уровнях репродуктивной системы женщины и мужчины. Процент бесплодных пар неуклонно растет и по данным ВОЗ, в развитых странах он достигает 20% [8]. Одним из современных и эффективных методов лечения бесплодия является экстракорпоральное оплодотворение. По данным европейского консорциума по IVF-мониторингу (EIM) при европейском сообществе репродукции человека и эмбриологии (ESHRE), частота наступления беременности в программе экстракорпорального оплодотворения (далее ЭКО) в среднем составляет 28,4% [3].

В настоящее время для оценки эффективности метода ЭКО все чаще используется показатель рождения живых детей, выписанных из родильного дома после лечения бесплодия (take home baby). Этот показатель обычно не превышает 6–19% из расчета на перенос эмбриона (далее ПЭ) и 56–78% — на число клинически наступивших беременностей [6]. Согласно данным литературы у женщин после ЭКО и ПЭ отмечается высокий процент перинатальных потерь и заболеваемости новорожденных. Ультразвуковой метод диагностики беременности после ЭКО считается общепризнанным и проводится

всем женщинам на 21–28 день после переноса эмбриона, что соответствует гестационному сроку 5–6 недель. Учитывая особую ценность здоровья детей, родившихся после столь непросто наступившей беременности, целью данного исследования является прогностическая значимость УЗИ при детальном исследовании хориона и кровотока в нем. При выявлении неблагоприятных данных по прогнозу беременности после ЭКО возможно коррекция терапии для поддержки данной беременности, что возможно предотвратит неблагоприятный ее исход.

Материалы и методы исследования

В качестве основной группы представлено 80 пациенток с бесплодием, прошедших программу экстракорпорального оплодотворения. Возраст обследуемых женщин в основной группе варьировал от 26 до 42 лет (35 ± 4), в анамнезе всех женщин (100%) имелись отягчающие факторы. Основными показаниями к проведению ЭКО было трубно-перитонеальное бесплодие — в 50 (62,5%) случаях, мужской фактор бесплодия отмечен у 16 семейных пар (20%), эндокринное бесплодие — 8 (10%), смешанного генеза — 6 (7,5%).

Всем женщинам основной группы проведена стимуляция овуляции по короткому протоколу, перенос в полость матки 1 эмбриона для исключения многоплодной беременности.

В качестве контрольной группы обследованы 80 пациенток после естественного зачатия, не имеющие экстрагенитальной патологии и гинекологических заболеваний. Возраст беременных в группе сравнения составил от 18 до 40 лет ($27 \pm 4,2$),отягощающие факторы имелись лишь у 48 (60%) пациенток.

Ультразвуковое исследование органов малого таза проводилось на стационарном ультразвуковом аппарате экспертного класса Samsung Medison Accuvix A30 конвексным и трехмерным ретовагинальным датчиком 5–9 МГц.

Применялся 2Д режим, цветное доплерометрическое картирование, импульсный доплер и 3Д реконструкция проводилось 80 беременным после ЭКО с положительным результатом ХГЧ на 21–28 день после переноса эмбриона, что соответствует 5–6 неделе гестационного срока. В контрольной группе обследование проведено на 5–6 неделе.

С **5 недели** гестации формируется нервная трубка эмбриона. К этому сроку **копчико-теменной размер достигает 3 мм**, образуются сомиты, начинают развиваться зачатки сердца, легких, щитовидной железы, почечных сосудов. В нервной трубке дифференцируются передний, средний и задний мозговые пузыри. С помощью ультразвука возможно предельно сформированное сердце, на этом сроке устанавливается замкнутое кровообращение через желточный мешок и ножку зародыша [1, 6, 11, 14, 16]. В этот период нами визуализировалась амниотическая полость, желточный мешок, дифференцируется вентральная и дорсальная поверхности эмбриона, головной и тазовый конец, дифференциация внутренних органов невозможна. Трансвагинальная эхография с использованием цветного доплеровского картирования позволила определить пульсацию сердечной трубки. В месте имплантационной площадки формируются типичные мезенхимальные ворсинки, с противоположной стороны от зоны имплантации ворсинки останавливаются в своем развитии. В эти же сроки проходит первая волна инвазии трофобласта и формируется межворсинчатое пространство, которое также возможно для визуализации.

На 6-й неделе гестации нами определялись зачатки рук и ног, удлиняется почка передней конечности, появляется зачаток кистевой пластины, нижняя конечность остается в виде почки. В этот период возникают зачатки парных полушарий головного мозга, продолжается формирование органов чувств (глаз и уха). В замкнутой нервной трубке определялись по УЗИ отделы мозга и обозначены полушария головного мозга и мозжечка. В этот период формируется односторонний ток крови через сердце, практически завершается подразделение

сердца на камеры, сердце к этому сроку функционирует. Определяется первичная почка, зачатки мочеточника, зачатки половых желез, а также печень, желчный пузырь, поджелудочная железа, различные отделы кишечного тракта [7, 14, 16]. Продолжается первая волна инвазии цитотрофобласта в сторону спиральных артерий с формированием венозных коллекторов. К концу 6-й недели гестации копчико-теменной размер эмбриона достигает 6 мм. В этот период появляются жаберные дуги, формируется зрительный пузырь, начинается дифференцировка гипофиза. Начинает определяться промежуточный и средний мозг, полость четвертого желудочка и заднего мозга. Формируется кишечник и передняя брюшная стенка. При проведении ультразвукового сканирования мы определяли амниотическую полость, желточный мешок, эмбрион длиной 4–5 мм. Четко дифференцируются вентральная и дорсальная поверхности эмбриона, головной и тазовый конец, видны почки передних и задних конечностей. Нами проводилось прицельная визуализация заднего мозга, зачатков парных полушарий головного мозга, полости четвертого желудочка. С целью определения нами применялось цветное доплерометрическое картирование.

Методика УЗИ исследования проводилась через 21 день после подсадки эмбриона, что соответствует сроку 5–6 недель и заключалась в:

1. Определении среднего диаметра плодного яйца, КТР, диаметра желточного мешочка, локализации хориона в режиме серой шкалы.
2. При цветном доплерометрическом картировании определялись показатели кровотока в маточных артериях, васкуляризация хориона.
3. При проведении 3Д реконструкции хориона рассчитывали VI — индекс васкуляризации, который отражает процентное содержание сосудистых элементов в интересующем объеме плацентарной ткани и FI — индекс кровотока, который отражает количество клеток крови, транспортируемых в момент исследования, т.е. интенсивность кровотока.

Результаты и обсуждения

В результате проведенных исследований ультразвуковое исследование в серой шкале не отличалось от рутинного обследования беременных. Данное исследование значимо для диагностики срока и локализации беременности, исключения замершей беременности и анэмбрионии.

При проведении ЦДК в маточных артериях выявлено достоверное увеличение показателей IR у беременных

Таблица 1. Характеристики кровотока при ультразвуковом исследовании хориона в 5–6 недель гестации в контрольной группе

Срок гестации при проведении УЗИ	Количество наблюдений	IR маточных артерий	Средний объем хориона, см ³	Индекс васкуляризации	Индекс кровотока
5 недель	45	0,5±0,07	5,4±0,7	14,0±1,0	31,8±1,1
6 недель	35	0,49±0,1	8,9±0,67	17,9±0,9	32,1±1,3

Таблица 2. Количество обследованных женщин основной группы, имеющих отклонения в показателях при ультразвуковом исследовании хориона в 5–6 недель гестации

Срок гестации при проведении УЗИ	Количество наблюдений	IR маточных артерий		Средний объем хориона, см ³		Индекс васкуляризации		Индекс кровотока	
		Кол-во женщин имеющие отклонения	Кол-во женщин с нормативным значением	Кол-во женщин имеющие отклонения	Кол-во женщин с нормативным значением	Кол-во женщин имеющие отклонения	Кол-во женщин с нормативным значением	Кол-во женщин имеющие отклонения	Кол-во женщин с нормативным значением
5 недель	68	25	43	41	27	40	28	37	31
6 недель	12	3	9	6	6	8	4	3	9

в основной группе в 55% случаях – 44 пациентки, в дальнейшем у всех женщин реализовалась угроза самопроизвольного выкидыша. В контрольной группе увеличение IR в маточных артериях выявлено всего лишь в 18,7% – 15 женщин. Показатель резистентности кровотока в маточных артериях является прогностически значимым для ведения беременных в группе риска по невынашиванию и плацентарной недостаточности.

Также визуализировался хорион при цветном доплерометрическом картировании, определялась локализация хориона, степень его васкуляризации.

В результате проведенного исследования в контрольной группе уточнены ультразвуковые характеристики физиологического течения беременности на раннем сроке (таблица 1).

При исследовании хориона в режиме 3Д в контрольной группе были определены параметры среднего объема хориона — 5,4–8,9 см³, индекс васкуляризации — 14–17,9 и индекс кровотока — 31,8–33. Данные значения были приняты за нормативные для данных сроков беременности.

В основной группе те или иные изменения в кровоснабжении хориона на ранних сроках в 5–6 недель диагностированы у 61 женщины — 76,2% (таблица 2).

Из таблицы видно, что наиболее диагностически значимыми являются показатели среднего объема хориона и индекс васкуляризации.

Течение беременности в основной группе осложнилось угрозой прерывания беременности 76,2%, преждевременными родами у 45%, преэклампсией у 24%, синдромом задержки развития плода у 45%. Все данные исходы зарегистрированы у женщин, имеющие отклонения в ультразвуковых показателях на ранних сроках беременности.

В контрольной группе отклонение в показателях кровоснабжения хориона диагностировано в 18% случаев. Осложнения беременности возникли в 25%.

Анализ историй новорожденных показал, что после ЭКО родились дети с массой тела 2894±513г и оценкой по шкале Апгар 6,87±0,9 баллов, тогда как у женщин с естественным оплодотворением масса детей составила 3187±425 г и оценкой по шкале Апгар 7,76±0,7 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного исследования подтверждено отношение к беременности после экстракорпорального оплодотворения к беременности высокой группы риска акушерских осложнений.

2. Течение беременности с использованием ЭКО сопровождаются угрозой прерывания беременности в 76,2% случаев, что диктует необходимость более детального подхода к проведению вспомогательных репродуктивных технологий и качественной прегравидарной подготовки

3. Внедрение новых технологий — трехмерное сканирование в сочетании с доплерометрией, расширяют возможности ультразвуковой диагностики, и способствуют раннему выявлению нарушений в нормальном развитии комплекса «мать-плацента-плод», что является ключевым в разработке мероприятий, необходимых для обеспечения эффективной перинатальной охраны плода и новорожденного. Наиболее клинически значимыми при ультразвуковой исследовании беременности ран-

него срока являются средний объем хориона и индекс васкуляризации хориона.

4. Считаем целесообразным проведение более углубленного ультразвукового исследования с применением доплерометрии и 3х мерной реконструкции хориона в ранние сроки беременности после ЭКО для своевременной коррекции медикаментозной поддержки беременности и улучшения перинатальных исходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аншина, М.Б. ЭКО в естественных циклах (клиническая лекция) / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2008. — № 4.
2. Доброхотова Ю. Э., Зубарев А. Р., Залеская С. А., Зубарева Е. А., Сапрыкина Л. В., Демидова А. К. Оценка формирующегося маточно-плацентарного кровотока у пациенток с угрозой прерывания на фоне дефицита прогестерона в 1 триместре беременности. Акушерство и гинекология. — 2016 г. — № 6.
3. Назаренко Т. А. Значение оценки овариального резерва в лечении бесплодия у женщин старшего репродуктивного возраста / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2005. — № 2.
4. Корсак В. С. Исследование эндометрия у пациенток с трубно-перитонеальным бесплодием на этапе подготовки к ЭКО / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2005. — № 2.
5. Подзолкова, Н. М. Особенности ВРТ у пациенток с ожирением (обзор литературы) / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2008. — № 4.
6. Ускова М. А. Рациональные подходы к лечению трубно-перитонеального бесплодия (обзор литературы) / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2009. — № 4.
7. Тишкевич О. Л. Эффективность ЭКО и частота многоплодной беременности в зависимости от числа и качества переносимых эмбрионов у женщин разного возраста / Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2008. — № 2.
8. Фалин Л. И. Эмбриология человека. Атлас. — М.: Медицина, 1976. — 544 с.
9. Федорова М. В. Калашникова Е. П. Плацента и ее роль при беременности. — М.: Медицина, 1986. — 265 с.
10. Bodemer Ch. W. Modern embryology // N.Y., 1968; 475p.
11. Bentz E. K., Kenning M., Schneeberger C., Kolbus A., Haber J. C., Hefler L. A., Tempfer C. B. OCT — 4 expression in follicular and luteal phase endometrium: a pilot study. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2010; 8:38.
12. Corliss C. E. Patten's human embryology. Elements of clinical development // McGraw-Hill Book Company, A Blackiston Publication, N.Y., a. o., 1976; 470 p.
13. Gotte M., Steabler A., Buchweitz O., Kelsch R., Schuring A. N., Kiesel L. Increased expression of the adult stem cell marker Musashi-1 in endometriosis. *J. Pathol.* 2008; 215(3): 317–29.
14. Edwards R. G. Science et ethique de la segmentation des embryons humains in vitro // *Contracpt. Fertil Sex* 1986;14:4:313.318.
15. England M. A. Farbatlas der Embriologie // F. K. Shattner Verlag. — Stuttgart.N.Y.1985;25.
16. Pretorius D. H., Nelson T. R., Baergen R. N., Pai E., Cantrell C. Imaging of placental vasculature using three-dimensional ultrasound and color power Doppler: a preliminary study // *Ultrasound Obstet Gynecol*, 1998 Jul; 12 (1): 45.9.
17. Welsh A. W., Humphries K., Congrove D. O., Taylor M. J., Fisk N. M. Developments of three-dimensional power Doppler ultrasound imaging of fetoplacental vasculature // *Ultrasound Med Biol*, 2001 Sep; 27 (9): 1161.70.

© Колпинский Глеб Иванович, Камаева Татьяна Александровна (tatyankamaev@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА У БОЛЬНЫХ ВИЧ ИНФЕКЦИЕЙ

THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT OF TUBERCULOSIS IN PATIENTS WITH HIV INFECTION

**M. Sinitsyn
L. Ayusheeva
A. Galstyan**

Summary. The article discusses the results of the comparative of treatment effectiveness of HIV-positive patients with tuberculosis (TB/HIV+) and HIV-negative TB patients (TB/HIV-), based on cohort analysis for new pulmonary TB cases, and based on dispensary follow up data of TB/HIV+ and TB/HIV- patients. It was showed a significant effect of HIV infection on the TB treatment effectiveness. Treatment effectiveness of new pulmonary TB patients registered in 2013–2014 in the TB/HIV+ cohort was only 56.0% at 84.2% in TB/HIV- cohort. The effectiveness of chemotherapy for TB relapse in TB/HIV+ cohort were also significantly lower than in TB/HIV- cohort of TB relapses — 47.4% against 68.4%. Evaluation of TB treatment outcomes for MDR-TB patients showed better efficacy of treatment in TB/HIV+ cohort compared with the TB/ HIV- cohort: 56.4% and 52.0% of the successfully rate of treatment.

Keywords: HIV infection, tuberculosis, chemoprevention.

Синицын Михаил Валерьевич

*К.м.н., старший научный сотрудник, заместитель главного врача по медицинской части (для работы с пациентами сочетанной ВИЧ/туберкулез инфекцией), ГБУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы»
msinitsyn@mail.ru*

Аюшеева Лидия Булатовна

*К.м.н., заведующая диспансерным отделением для больных туберкулезом, сочетанным с ВИЧ-инфекцией, ГБУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы»
ayusheevalida64@gmail.com*

Галстян Армине Сергеевна

*Соискатель степени к.м.н., врач-фтизиатр туберкулезного легочного отделения, ГБУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы»
armik2205@gmail.com*

Аннотация. В статье рассматриваются сравнительные результаты лечения больных ВИЧ-ассоциированным туберкулезом и больных туберкулезом без ВИЧ-инфекции с использованием когортного анализа для впервые выявленных больных туберкулезом легких, состоящих на диспансерном учете в Москве. Было показано существенное влияние ВИЧ-инфекции на эффективность лечения туберкулеза. Эффективность лечения впервые выявленных больных туберкулезом легких, зарегистрированных в 2013–2014 гг., в когорте ТБ/ВИЧ+ составила всего 56,0% при 84,2% у больных ТБ/ВИЧ-. Эффективность химиотерапии рецидивов туберкулеза в группе ТБ/ВИЧ+ также были достоверно ниже, чем у пациентов ТБ/ВИЧ- — 47,4% против 68,4%. Оценка исходов химиотерапии больных с МЛУ МБТ показала лучшую эффективность лечения у больных ТБ/ВИЧ+ по сравнению с ТБ/ВИЧ-: 56,4% и 52,0%.

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, туберкулез, химиопрофилактика.

Пораженность ВИЧ-инфекцией населения определяет возросшее за последние десятилетия ее влияние на основные показатели по туберкулезу, в том числе и эффективность лечения [2, 11, 13, 14]. В Москве эпидемиологическая ситуация по туберкулезу одна из самых благоприятных в Российской Федерации (РФ). И не смотря на одно из самых низких показателей распространенности сочетанной ВИЧ/туберкулез-инфекции (в 2015 г — 5,8 на 100 тыс. населения в Москве, 19,8 на 100 тыс. населения в РФ), по абсолютному числу лиц с сочетанной ВИЧ/туберкулез инфекцией она входит

в первую двадцатку регионов РФ. В течение последних 4-х лет в столице отмечается снижение абсолютного числа впервые выявленных больных сочетанной ВИЧ/туберкулез инфекцией, а с 2015 года — и доли этих пациентов. В 2015 году доля впервые выявленных случаев ВИЧ/туберкулез составила 18,6%, против 20,3% в 2014 году [6]. Основным инструментом противодействия распространению туберкулеза среди больных ВИЧ-инфекцией явилось широкое внедрение химиопрофилактики туберкулеза, а также диагностика латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ) и ее превентивное ле-

Таблица 1. Эффективность курсов химиотерапии больных туберкулезом легких

Когорта	Эффективный	Неэффективный	Умерло от ТБ	Умерло от др. причин	Досрочн. прекращ.	Выбыл	МЛУ МБТ	Размер когорты
ВВ ТЛ, все	80,4%	5,2%	2,1%	5,2%	4,7%	2,4%	3,9%	2998
ВВ М+	72,4%	9,1%	3,9%	6,9%	5,6%	2,2%	9,3%	971
ВВ М-	84,2%	3,3%	1,3%	4,3%	4,3%	2,5%	1,4%	2027
ВВ ТЛ ТБ/ВИЧ-	84,2%	4,8%	2,4%	2,4%	4,1%	2,1%	3,2%	2589
ВВ М+	76,4%	8,1%	4,5%	3,7%	5,5%	1,8%	8,2%	819
ВВ М-	87,9%	3,2%	1,4%	1,8%	3,5%	2,3%	0,8%	1770
ВВ ТЛ ТБ/ВИЧ+	56,0%	7,8%	0,7%	22,7%	8,6%	4,2%	8,8%	409
ВВ М+	50,7%	14,5%	0,7%	24,3%	5,9%	3,9%	15,1%	152
ВВ М-	59,1%	3,9%	0,8%	21,8%	10,1%	4,3%	5,1%	257
Р ТЛ, все	65,6%	10,8%	5,0%	7,5%	9,4%	1,7%	9,0%	424
Р ТЛ ТБ/ВИЧ-	68,4%	10,4%	5,7%	5,2%	9,3%	1,1%	9,0%	367
Р ТЛ ТБ/ВИЧ+	47,4%	14,0%	0,0%	22,8%	10,5%	5,3%	8,8%	57

чение [7,8,9,10]. В РФ среди впервые выявленных больных туберкулезом в 2014 г. 15,1% составили пациенты ВИЧ/туберкулез, а в 2015 г. этот показатель увеличился до 17,3% [11]. Степень воздействия ВИЧ-инфекции за течение туберкулеза зависит от уровня снижения иммунитета [1, 3]. На ранних стадиях ВИЧ-инфекции лечение туберкулеза у больных в большинстве случаев не отличается от терапии больных, неинфицированных ВИЧ, на поздних стадиях тесно связано с прогрессированием основного заболевания и других вторичных инфекций, соответственно эффективность лечебных мероприятий снижается [12]. Антиретровирусная терапия (АРТ) вероятно влияет на эффективность химиотерапии туберкулеза, результаты опубликованных исследований свидетельствуют об уменьшении числа смертей среди больных, получавших как АРТ, так и противотуберкулезную терапию [4, 5].

Материалы и методы

Для определения эффективности лечения были изучены: форма № 8-ТБ об исходах лечения когорт 2013 и 2014 гг. 2998 впервые выявленных больных туберкулезом и больных рецидивом туберкулеза, сочетанным с ВИЧ-инфекцией и без ВИЧ-инфекции, у которых не была зарегистрирована МЛУ МБТ (постоянное население города); временные учетные карты № 01-ТБ /МЛУ, журналы № 03-ТБ/МЛУ для изучения лечения когорты 2013 г.— 360 больных туберкулезом с МЛУ МБТ, сочетанным с ВИЧ-инфекцией (61 пациент) и без ВИЧ-инфекции (299 пациентов). Эффективность курсов химиотерапии оценивали по принятым для когортного анализа критериям во фтизиатрии. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Epi Info 7.

Результаты и обсуждение

Проведенное исследование эффективности курсов химиотерапии по результатам когортного анализа для больных туберкулезом легких, сочетанным с ВИЧ-инфекцией (ТБ/ВИЧ+) и без ВИЧ-инфекции (ТБ/ВИЧ-) за 2013–2014 годы, без учета лиц с МЛУ МБТ показало, что исходы курсов химиотерапии в когортах 2013 и 2014 гг. были схожи. Это дало основание подвергнуть анализу объединенные данные указанных двух когорт, что привело к увеличению выборки и получению статистически значимых результатов. При изучении результатов лечения впервые выявленных больных туберкулезом легких (ВВ) отдельно анализировали данные по больным с положительным (ВВ М+) и отрицательным (ВВ М-) мазком мокроты на КУМ, было выявлено следующее. Зафиксирована достоверно меньшая эффективность лечения больных ТБ/ВИЧ+, чем больных ТБ/ВИЧ-, которая составила 56,0% (95% ДИ: 51,0–60,9%) против 84,2% (95% ДИ: 82,8–85,6%) для ВВ в целом; 50,7% (95% ДИ: 42,4–58,9%) и 76,4% (95% ДИ: 73,4–79,3%) для ВВ М+ и 59,1% (95% ДИ: 52,9–65,2%) и 87,9% (95% ДИ: 86,2–89,3%) — для ВВ М- ($p < 0,01$) соответственно. Значительно большая доля умерших от других причин отмечена у впервые выявленных больных туберкулезом, сочетанным с ВИЧ-инфекцией по сравнению с пациентами без ВИЧ-инфекции 22,7% (95% ДИ 18,8–27,1%) и 2,4% (95% ДИ 1,8–3,1%), $p < 0,01$. Доля пациентов досрочно прекративших курс лечения была больше среди больных туберкулезом, инфицированных ВИЧ 8,6% (95% ДИ 6,0–11,7%) и 4,1% (95% ДИ 3,4–5,0%), $p < 0,01$, а также выбывших: 4,2% (95% ДИ 2,4–6,6%) и 2,1% (95% ДИ 1,6–2,8%) $p < 0,05$. Результаты лечения рецидивов туберкулеза у больных ТБ/ВИЧ+ (Р ТЛ ТБ/ВИЧ+) были существенно хуже, чем у пациентов ТБ/ВИЧ- (Р ТЛ ТБ/ВИЧ-

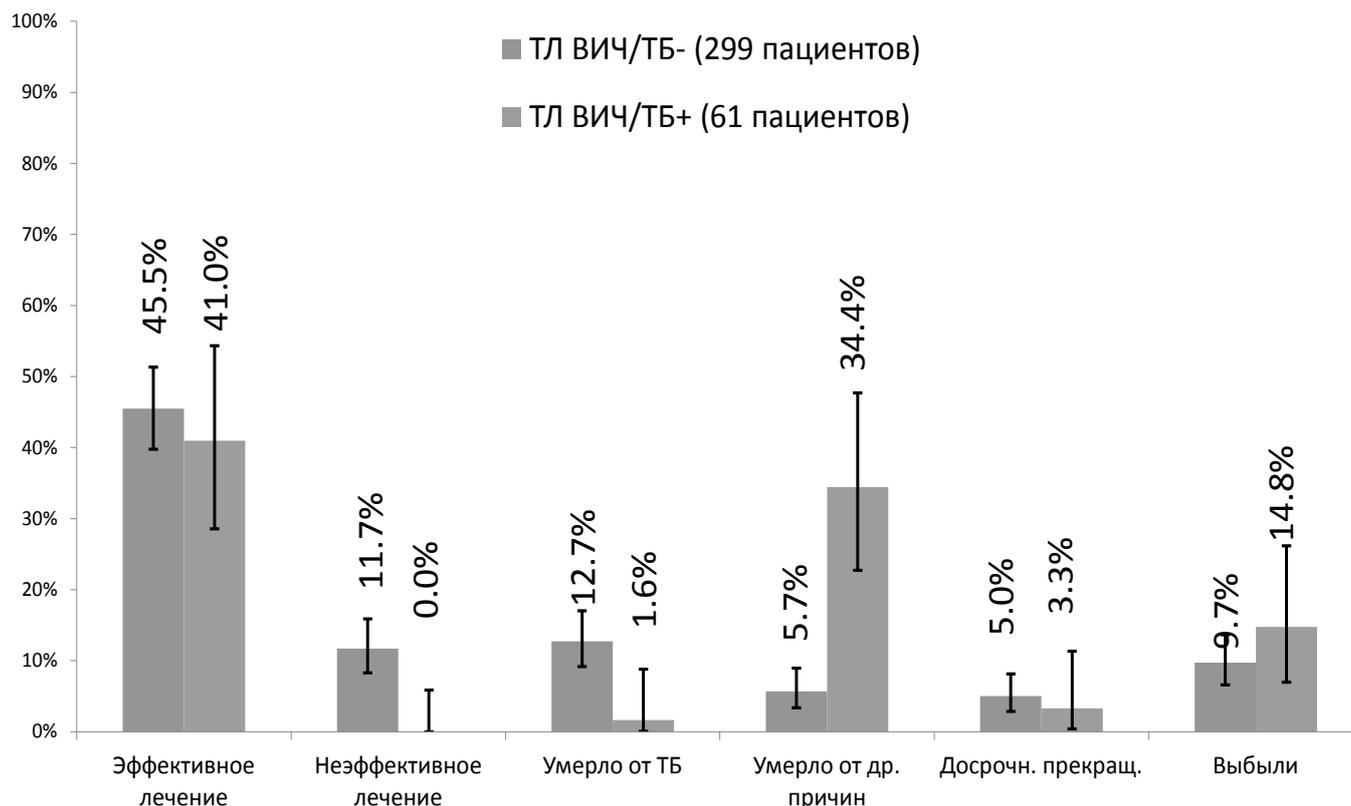


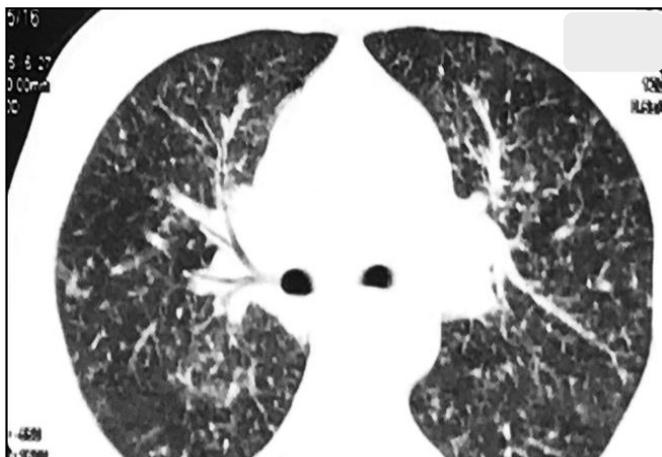
Рис. 1. Результаты химиотерапии впервые выявленных больных туберкулезом с МЛУ МБТ для когорт, больных с ВИЧ-инфекцией и без ВИЧ-инфекции

) 47,4% (95% ДИ 34,0–61,0%) против 68,4% (63,4–73,1%), $p < 0,01$. Исход «смерть от других причин» встречался в 4 раза чаще: 22,8% (95% ДИ 12,7–35,8%) против 5,2% (95% ДИ 3,1–8,0%), $p < 0,01$ (таблица 1).

Значительное число больных туберкулезом, сочетанным с ВИЧ, в данных когортах выявлено достаточно поздно, и не было подвергнуто профилактическим мероприятиям ввиду особенностей социальной характеристики этого контингента, поэтому они умирали от ВИЧ-инфекции в первый месяц от начала химиотерапии туберкулеза. В связи с этим, для оценки курсов химиотерапии больных ТБ/ВИЧ+ и ТБ/ВИЧ- мы решили рассмотреть исходы, для когорт, не включающих случаи смерти. Таким образом, с одной стороны, мы нивелировали влияние исхода «смерть от других причин» для больных ВИЧ-инфекцией, с другой, исключили влияние исхода «умер от туберкулеза» так как, такие случаи у больных ТБ/ВИЧ+ практически не регистрируются из-за особенностей классификации причин смерти у больных ВИЧ-инфекцией. После внесенных изменений разница в эффективности лечения больных туберкулезом с ВИЧ-инфекцией и без нее стала не столь очевидной, но по-прежнему статистически значимой: 88,4% и 73,2% для впервые выявленных больных ($p < 0,01$). Для рецидивов туберкулеза 76,8% и 61,4% соответственно, $p < 0,05$.

В ходе исследования была проведена оценка эффективности курсов химиотерапии для больных туберкулезом легких, сочетанным с ВИЧ-инфекцией и без ВИЧ-инфекции, у которых была выявлена МЛУ МБТ, когорты 2013 г. (рисунки 1).

В результате было установлено отсутствие различия в эффективности курсов лечения между двумя группами больных туберкулезом с МЛУ МБТ: 41,0% (95% ДИ 26,8–54,3%) и 45,5% (95% ДИ 39,7–51,3%) для ТБ/ВИЧ+ и ТБ/ВИЧ- соответственно ($p > 0,05$). Соответственно получены различия между умершими не от туберкулеза, которых значительно больше в первой группе: 34,4% против 5,7%, $p < 0,01$, и умерших от туберкулеза, которые практически все были из когорты ТБ/ВИЧ-: 12,7% (95% ДИ 3,3–8,9%) исходов. Общая доля умерших больных в рассматриваемых когортах вне зависимости от причины смерти была достоверно выше среди пациентов ТБ/ВИЧ+, чем ТБ/ВИЧ-: 36,1% (95% ДИ 24,2–49,4%) против 18,4% (95% ДИ 14,2–23,3%), $p < 0,01$. Также как и для больных без МЛУ МБТ, провели оценку эффективности химиотерапии без случаев смерти. В результате получили более высокую эффективность лечения у ТБ/ВИЧ+, по сравнению с ТБ/ВИЧ-: 56,4% и 52,0% ($p > 0,05$), однако разница статистически недостоверна.



а) до лечения



б) после лечения

Рис. 2 Компьютерная томография органов грудной клетки до лечения (а) и после завершения интенсивной фазы химиотерапии (б)

Клиническое наблюдение

Пациент Ф., 33 лет, гражданин РФ, в Москве временная регистрация, образование высшее, не работал. Из анамнеза известно, что ВИЧ-инфекция установлена 6 лет назад (2010 г.), предполагаемый путь заражения — половой, на учет в центре СПИД встал, АРТ не получал. Клинических проявлений заболевания не было, ухудшение состояния наступило около года назад (январь 2016 г.), после чего госпитализирован в инфекционную больницу, где после комплексного обследования был установлен диагноз туберкулез, начата АРТ и противотуберкулезная терапия. Для дальнейшего лечения был переведен в противотуберкулезный стационар. При поступлении состояние больного тяжелое, менингеальная симптоматика, отмечались выраженные симптомы интоксикации (слабость, фебрильная температура, тахикардия), при аускультации дыхание ослабленное везикулярное с жестким оттенком с обеих сторон, единичные сухие хрипы преимущественно в нижних отделах, частота дыхательных движений 20–22 в мин, тоны сердца приглушены, АД 100/60 мм.рт.ст., ЧСС 110 в мин, печень перкуторно несколько увеличена в размерах, выступала на 3 см из-под края реберной дуги, физиологические отправления в норме. В клиническом анализе крови: гемоглобин 84 г/л, эритроциты $2,88 \times 10^{12}$, тромбоциты 247, лейкоциты $11,8 \times 10^9$, п/ядерные 17%, с/ядерные 62%, эозинофилы 2%, лимфоциты 18%, моноциты 1%, СОЭ 100 мм/ч. В биохимическом анализе крови: общий белок 66 г/л, общий билирубин 26,46 ммоль/л, АЛТ 74 ед/л, АСТ 101 ед/л, мочевины 8,26 ммоль/л, глюкоза 4,14 ммоль/л, креатинин 148,2 ммоль/л. Иммунный статус: CD4+лимфоциты 30 кл/мкл, вирусная нагрузка 139729 копии/мл. При исследовании мокроты методом люминесцент-

ной микроскопии обнаружены микобактерии, методом ПЦР-исследования выявлена ДНК МБТ, при бактериологическом исследовании получен рост МБТ. Выполнялась спинномозговая пункция, в ликворе выявлена ДНК МБТ. Выполнена компьютерная томография головного мозга, грудной клетки, брюшной полости и забрюшинного пространства. Выявлено: признаки энцефалита, расширение желудочком головного мозга, увеличение внутригрудных лимфатических узлов с абсцедированием, диссеминация в легочной ткани, увеличение и абсцедирование забрюшинных лимфоузлов, увеличение шейных, подмышечных и паховых лимфоузлов. На основании проведенного обследования был установлен диагноз. ВИЧ-инфекция, 4В стадия, фаза прогрессирования вне АРТ. Генерализованный туберкулез. Туберкулезный менингоэнцефалит. Туберкулез внутригрудных лимфоузлов, фаза инфильтрации и абсцедирования. Диссеминированный туберкулез легких в фазе инфильтрации МБТ(+). Туберкулез парааортальных, забрюшинных лимфатических узлов в фазе инфильтрации и абсцедирования. Туберкулез периферических лимфатических узлов.

Лечение проводилось по персонифицированному режиму химиотерапии (стандартный I с индивидуализацией всего 290 доз) учитывая распространенность процесса, поражение головного мозга, переносимость препаратов (изониазид, пипразинамид, этамбутол, моксифлоксацин, линезолид). Также была продолжена АРТ: ставудин, амивирен, калетра.

Проведенное лечение привело к исчезновению симптомов интоксикации, ликвидации менингеальных знаков, рассасыванию очаговой диссеминации в легочной ткани (рис. 2), уменьшению размеров лимфоузлов, пре-

кращению их казеификации. МБТ в мокроте перестали определяться через 4 месяца лечения. В конце лечения уровень CD4+лимфоцитов вырос до 262 кл/мкл, вирусная нагрузка снизилась до 40 копии/мл.

Данное клиническое наблюдение демонстрирует характер туберкулезного процесса при выраженной иммуносупрессии в отсутствие АРТ, необходимость для тельной противотуберкулезной терапии с включением препаратов резерва даже при отсутствии лекарственной устойчивости МБТ, связанное с невозможностью составить эффективную схему лечения используя только препараты основного ряда ввиду их непереносимости и недостаточной эффективности. Вместе с тем адекватный режим химиотерапии даже у таких тяжелых больных с поражением ЦНС может привести к благоприятному результату.

Результаты исследования продемонстрировали более низкую эффективность лечения больных туберкулезом, сочетанным с ВИЧ-инфекцией в сравнении с больными туберкулезом не инфицированными ВИЧ. Наиболее выраженные различия получили у ВИЧ-инфицированных больных с впервые выявленным туберкулезом без МЛУ возбудителя, у которых значение показателя эффективности курса химиотерапии почти в полтора раза ниже, чем у больных туберкулезом без ВИЧ-инфекции. Доля неблагоприятных исходов лечения туберкулеза у больных сочетанной инфекцией была достоверно выше, даже без учета умерших пациентов. Анализируя результаты эффективности лечения больных туберкулезом с МЛУ МБТ, достоверных различий в исходах IV режима химиотерапии мы не получили. Возможно, это связано с особенностями отбора больных на лечение препаратами резерва. Кроме объективных клинических данных на эффективность лечения больных сочетанной ВИЧ/туберкулез инфекцией могла оказать влияние

более сложная социально-демографическая структура этой группы больных, что определяло их недостаточную приверженность к лечению [6].

Заключение

Изучение эффективности лечения туберкулеза показало существенную роль ВИЧ-инфекции на исходы химиотерапии. Среди впервые выявленных больных туберкулезом легких, эффективность лечения больных ко-инфекцией ВИЧ/ТБ составила 56,0% (95% ДИ: 51,0–60,9%), что значительно ниже показателя эффективности курсов химиотерапии у больных туберкулезом без ВИЧ-инфекции, которые были 84,2% (95% ДИ: 82,8–85,6%). При этом доля умерших «от других причин» среди впервые выявленных больных сочетанной инфекцией по сравнению с пациентами туберкулезом была намного выше 22,7% (95% ДИ 18,8–27,1%) и 2,4% (95% ДИ 1,8–3,1%) соответственно, $p < 0,01$. Лечение туберкулеза у больных ВИЧ-инфекцией является менее эффективным в сравнении с результатами химиотерапии ВИЧ-негативных пациентов. Этому способствуют и выявление туберкулеза на поздних стадиях ВИЧ-инфекции при глубоком иммунодефиците в отсутствие антиретровирусной терапии, и низкая приверженность пациентов к лечению. Постоянное нарастание доли ВИЧ-инфицированных среди больных туберкулезом и существенная разница в результатах их лечения позволяют рекомендовать отдельную оценку эффективности лечения у ВИЧ-позитивных и ВИЧ-негативных пациентов для более объективной оценки противотуберкулезной работы. Ситуация, связанная с недостаточной эффективностью лечения в данной группе пациентов, может быть улучшена при усилении работы по профилактике и раннему выявлению туберкулеза среди ВИЧ-инфицированных лиц, в том числе с помощью химиопрофилактики [7,8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Л. П. Особенности выявления, клинического течения и лечения больных туберкулезом и ВИЧ-инфекцией: автореф. дис. ... канд. мед.наук.— М., 2008.— 43с.
2. Влияние ВИЧ-инфекции на структуру показателя заболеваемости туберкулезом в условиях мегаполиса/ Богородская Е. М., Синицын М. В., Белиловский Е. М., Борисов С. Е., Котова Е. А., Рыбка Л. Н. /Туберкулез и социально значимые заболевания.— 2016.— № 3.— С. 3–18.
3. Зиминова В. Н. Совершенствование диагностики и эффективность лечения туберкулеза у больных ВИЧ-инфекцией при различной степени иммуносупрессии: автореф. дис. ... док.мед.наук.— М., 2012.— 44с.
4. Клинические аспекты ВИЧ-инфекции. Российское издание. Бартлетт Д., Редфилд Р, Фам П., Мазус А. И.— М.: ГРАНАТ, 2013.— 696с.
5. Пантелеев А. М. Патогенез, клиника, диагностика и лечение туберкулеза у больных ВИЧ-инфекцией: автореф. дис. ... док.мед.наук.— СПб., 2012.— 46с.
6. Противотуберкулезная работа в городе Москве. Аналитический обзор статистических показателей по туберкулезу, 2015 г., под ред.д.м.н. Е. М. Богородской, акад. РАН В. И. Литвинова, к.б.н. Е. М. Белиловского, М.: МНПЦБТ.— 2016 г.— 261с.
7. Руководство по ведению пациентов с латентной туберкулезной инфекцией. Женева, ВОЗ, 2015. [доступ 10 марта 2017] Адрес: <http://www.who.int/tb/publications/ru/>
8. Руководящие принципы для интенсивного выявления туберкулеза и профилактической терапии изониазидом у людей, живущих с ВИЧ, в условиях нехватки ресурсов. Женева, ВОЗ, 2011 г. [доступ 10 марта 2017]. Адрес: http://who.int/publications/2011/9789244500705_rus.pdf

9. Синицын М.В., Богородская Е. М. Правовые и организационные основы проведения химиопрофилактики/ Инфекционные болезни.— 2016.— № 2(14).— С. 55–58.
10. Синицын М.В., Аюшеева Л. Б., Богородская Е. М. Организация химиопрофилактики туберкулеза ВИЧ-инфицированным лицам в современных условиях/ Клиническая практика.— 2016.— № 3(27).— С. 78–83.
11. Туберкулез в Российской Федерации, 2012/2013/2014 гг. Аналитический обзор статистических показателей, используемых в Российской Федерации и мире.— М.,2015.— 312с.
12. Щелканова А. И. Особенности клинического течения и эффективность химиотерапии туберкулеза у ВИЧ инфицированных лиц: автореф. дис. ... канд. мед.наук.— М., 2003.— 24 с.
13. ЮНЭЙДС/Информационный бюллетень за 2015 год [доступ 10 марта 2017] http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/20150901_FactSheet_2015_ru.pdf
14. Global tuberculosis report 2015. Geneva: World Health Organization; 2015[доступ 10 марта 2017] <http://www.who.int/tb/publications/ru/>

© Синицын Михаил Валерьевич (msiniitsyn@mail.ru),

Аюшеева Лидия Булатовна (ausheevalida64@gmail.com), Галстян Армине Сергеевна (armik2205@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АППАРАТ БИОИМПЕДАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАРКОЗА И ОЖОГА НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

BIOIMPEDANCE DIAGNOSTICS DEVICE TO STUDY THE EFFECTS OF ANESTHESIA AND BURNS ON A BIOLOGICAL OBJECT

**S. Yampilov
B. Galsanov
T. Potyomkina**

Summary. In East-Siberia State University of Technology and management developed device for bioimpedance diagnostic, which determines for given frequencies electricity, resistance of biological tissues. That device allows to assess the state of organs and systems of biological objects under various external influences (burn, anesthesia, frostbite and others). Device difference from all other present devices in that it allows simultaneously obtain impedance data at different frequencies of the probing current.

The aim of the study was to study external factors (anesthesia and burns) on a biological object using the bioimpedance diagnostic apparatus.

The effect of external factors (anesthesia and burns) on the biological object (rat) was studied using the apparatus of bioimpedance diagnostics. Analysis of rat data under the influence of anesthesia and a burn with an increase in the exposure time of the impedance decreases, and as the frequency of the probing current increases, the impedance decreases.

Keywords: the device, electric current, the resistance of biological tissue, the frequency of the probe current, bioimpedance diagnostics, generator power supply.

Ямпиров Сэнгэ Самбуевич

Д.т.н., профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ
yampilovss@mail.ru

Галсанов Буда Рэгзэнович

Магистр, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ
budagalsanov@mail.ru

Потемкина Татьяна Федоровна

Магистрант, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ
tatyana-ustino2014@mail.ru

Аннотация. в ВСГУТУ разработан аппарат биоимпедансной диагностики, который определяет для заданных частот электрического тока, сопротивление биологических тканей. Данный аппарат позволяет оценить состояние органов и систем биологических объектов при различных внешних воздействиях (ожог, наркоз, обморожение, и др.). Отличается от всех существующих аппаратов тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока.

Цель исследования — изучения внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект с помощью аппарата биоимпедансной диагностики.

Было изучено воздействие внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект (крыса) с помощью аппарата биоимпедансной диагностики. Анализ данных крысы под действием наркоза и ожога с увеличением времени воздействия импеданс уменьшается, а также с увеличением частоты зондирующего тока импеданс падает.

Ключевые слова: аппарат, электрический ток, сопротивление биологических тканей, частота зондирующего тока, биоимпедансная диагностика, генератор, блок питания.

Введение

Известны устройства биоимпедансной диагностики, которые определяют для заданной частоты зондирующего тока — сопротивление биологических тканей. При этом данные аппараты позволяют получить информацию о состоянии биологических тканей и о водном балансе организма человека. Основными блоками данных устройств являются источник переменного тока, блок коммутации, токовые и потенциальные электроды и блок обработки результатов в виде АЦП [1, 2, 3].

Недостатками указанных устройств являются использование одной частоты зондирующего тока, раз-

деление электродов на токовые и потенциальные, их малое количество, которые ограничивают количество информационных показателей, снимаемых с биологического объекта, обеспечивают невысокую точность измерений и не позволяют широко использовать данные устройства для проведения биоимпедансной диагностики.

Аппараты биоимпедансной диагностики используют для количественной оценки состояния органов и систем организма при различных заболеваниях [4,5,6], а также для выявления изменений в биологических тканях, вызываемыми различными внешними воздействиями (ожог, обморожение и другими лекарственными препаратами).

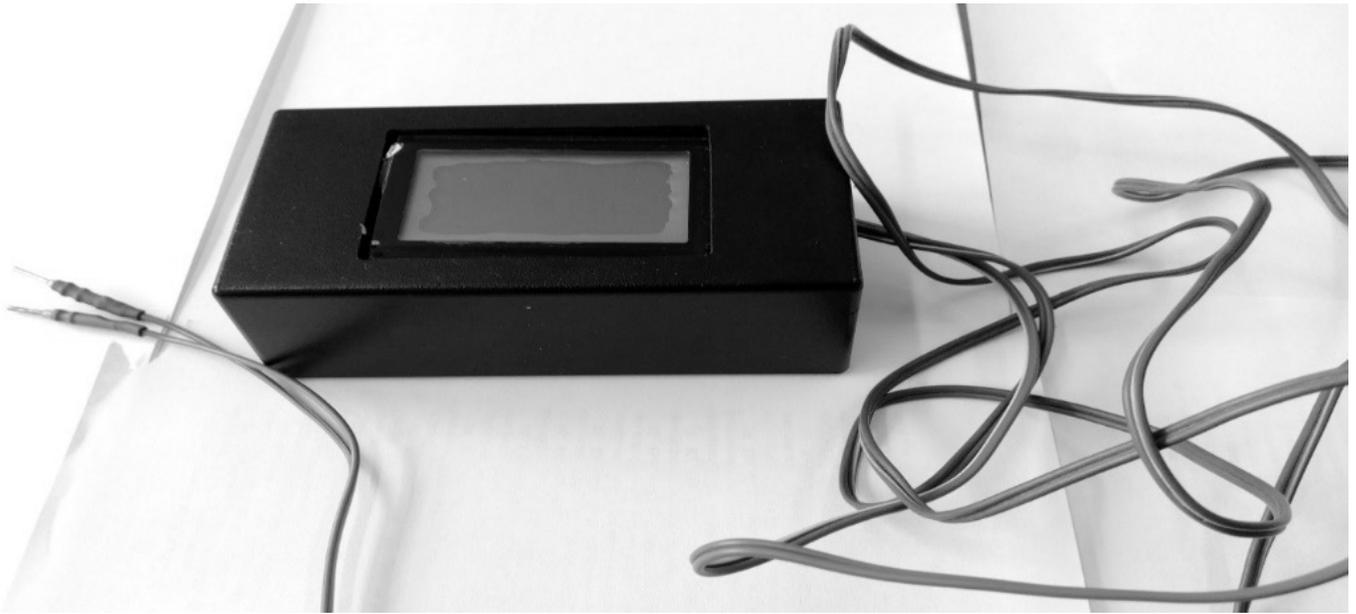


Рис. 1. Общий вид аппарата биоимпедансной диагностики

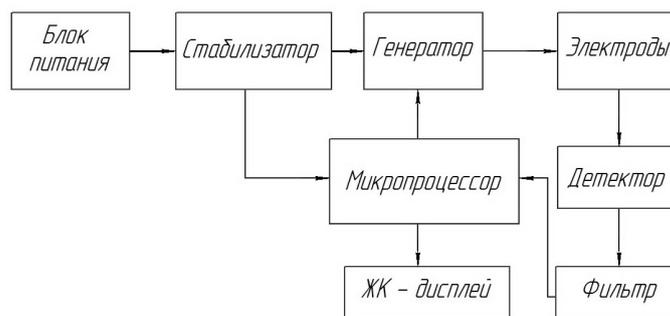


Рис. 2. Структурная схема аппарата биоимпедансной диагностики

Суммарное сопротивление переменному электрическому току биологической ткани называется полным импедансом Z . Его активная составляющая R связана в первую очередь с проводимостью внутренних жидких сред, являющихся электролитами. Различные процессы в биологических тканях, сопровождающиеся необратимыми потерями энергии, также дают вклад в величину активной составляющей импеданса. Реактивная компонента X определяется емкостными свойствами биологической ткани, в частности, емкостью биологических мембран. Т.е. биологические ткани способны накапливать электрические заряды при прохождении через них электрического тока. Кроме того, в емкостную составляющую дает вклад и область контакта электродов с биологическими тканями.

Величина полного импеданса определяется выражением:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1)$$

Основная часть

В ВСГУТУ разработан аппарат для проведения биоимпедансной диагностики который состоит из следующих блоков — блока питания, стабилизатора, генератора, микроконтроллера, детектора, фильтра, электродов и ЖК-дисплея, который отличается от всех существующих тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при трех разных частотах зондирующего тока.

На рисунке 1 представлен общий вид аппарата биоимпедансной диагностики.

Блок питания выносной, обеспечивает питание схемы постоянным нестабилизированным напряжением 12 В. Мощность блока 6 Вт. Питающее напряжение поступает на стабилизатора, собранный на двух аналоговых микросхем LM3175 и LM7805. Первая представляет собой регулируемый стабилизатор, построенный на вы-

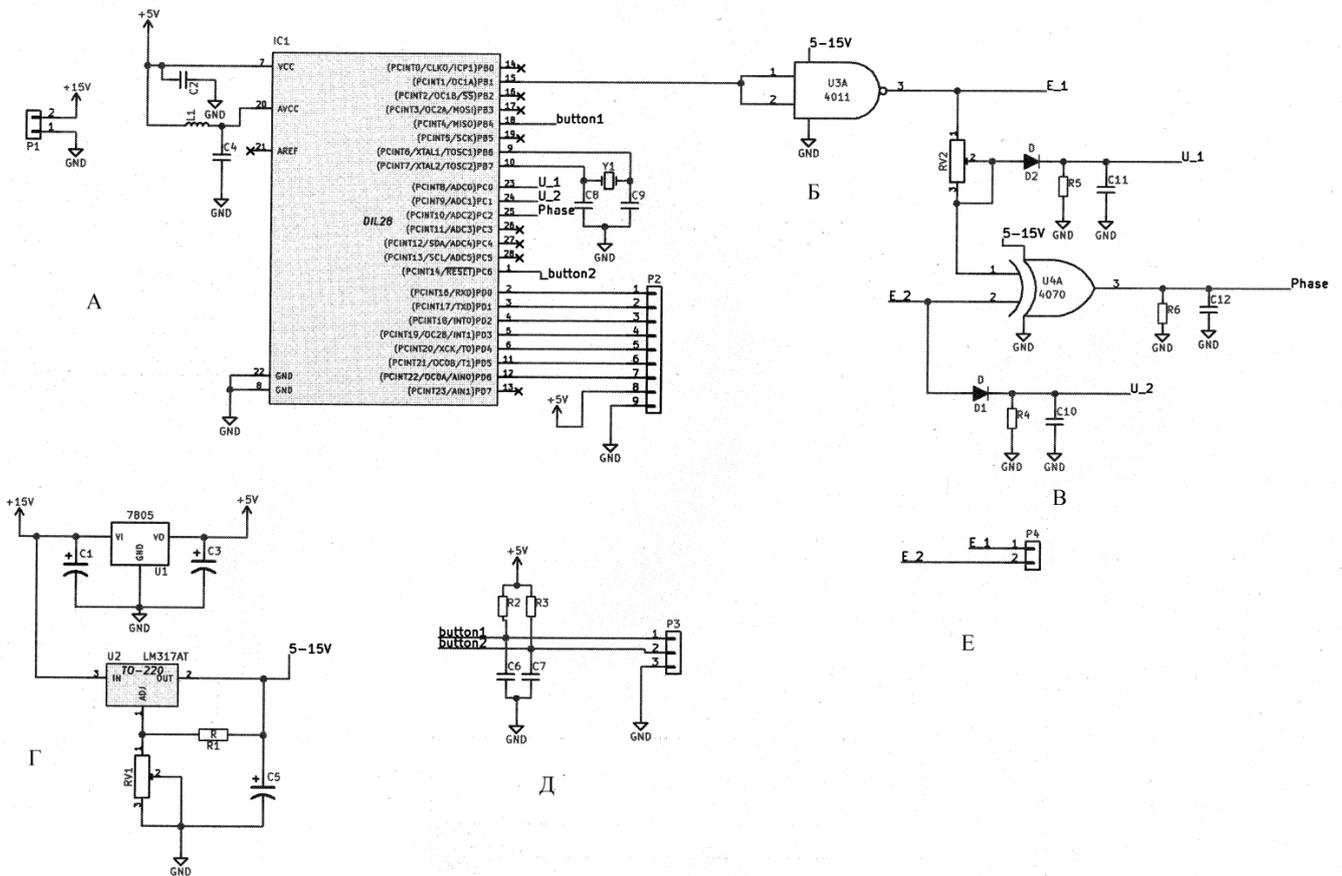


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной диагностики. А — микроконтроллер; Б — усилитель; В — блок обработки информации; Г — стабилизатор напряжения; Д — фильтр; Е — электроды

ходном напряжении 10В. Вторая — это нерегулируемый стабилизатор с выходным напряжением 5 В. Стабилизированное напряжение 10 В. питает повторитель генератора, а все остальные блоки используют напряжение 5В.

На рисунке 2 представлена структурная схема аппарата биоимпедансной диагностики.

Генератор состоит из задающего генератора, функции которого выполняет микроконтроллер и усилители, собранного на микросхеме 4011. Объединив входы элемента получим инвертор, усиливающий входной меандр до уровня 10В. Выходное напряжение генератора поступает на активный электрод и на измерительную схему (D2, R5, C11), преобразует импульсное напряжение в постоянное и позволяет микроконтроллеру оценивать уровень выдаваемого на электроды сигнала.

Электрод прикладывают к биологическому объекту, через него протекает электрический ток и на измерительном электроде появляется потенциал.

Напряжение измерительного электрода поступает на схему измерения сдвига фаз и детектор (D1, R4, C10). Детектор вместе с фильтром преобразуют импульсное напряжение в постоянное для оценки его микроконтроллером.

Схема измерения сдвига фаз выполнена на микросхеме 4070, который, выдает импульсы шириной равной величине сдвига фаз. Далее импульсы преобразуются в постоянное напряжение (R6, C12).

На рисунке 3 представлена электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной диагностики.

Микроконтроллер выполняет несколько функций. Во — первых, генерирует последовательности импульсов частотой 50, 100 и 200 кГц со скважностью 50%. Во — вторых, используя встроенный аналого-цифровой преобразователь, оцифровывает значения напряжения на активном, измерительном электроде ми со схем из-



Рис. 4. Крыса с ожогом и под наркозом

Таблица 1. Крыса под наркозом

	50 кГц	100 кГц	200 кГц
5 мин	246 ⁽⁺⁹⁾	233 ⁽⁺⁷⁾	170 ⁽⁺⁸⁾
10 мин	181 ⁽⁺⁰⁾	233 ⁽⁺⁰⁾	165 ⁽⁺⁸⁾
15 мин	181 ⁽⁺⁰⁾	233 ⁽⁺⁰⁾	161 ⁽⁺⁵⁾
20 мин	181 ⁽⁺⁰⁾	223 ⁽⁺¹⁰⁾	156 ⁽⁺⁸⁾

Таблица 2. Крыса под наркозом и ожогом

	50	100	200
5 мин	132 ⁽⁺⁰⁾	215 ⁽⁺⁶⁾	145 ⁽⁺⁷⁾
10 мин	132 ⁽⁺⁰⁾	209 ⁽⁺⁹⁾	149 ⁽⁺⁴⁾
15 мин	132 ⁽⁺⁰⁾	205 ⁽⁺⁷⁾	145 ⁽⁺⁵⁾
20 мин	94 ⁽⁺⁰⁾	187 ⁽⁺⁷⁾	136 ⁽⁺⁴⁾

мерения сдвига фаз. В — третьих, на основе полученных данных вычисляет значение импеданса в условных единицах и выводит на ЖК-дисплей.

Для изучения внешних факторов (наркоза и ожога) на биологический объект с помощью аппарата биоимпедансной диагностики были проведены опыты на биологическом объекте (лабораторная крыса рода «Вистар»). Последовательность проведения опытов: взвесили мышь — 150 гр; с помощью шприца ввести в мышечную ткань крысы общий наркоз (ти-

опентал натрия (**Thiopentalum natrium**)) 45 мг/кг; после того как крыса погрузилась в сон закрепляем ее на деревянной доске с помощью марлевых бинтов; в области сердца выстригаем небольшой участок шерсти; включаем аппарат и проверяем его готовность к работе; по истечению 5 минут на очищенные участки кожи мыши накладываем два электрода; через 15 секунд снимаем показания аппарата в омах; затем процедуру повторили через 10, 15, 20 минут в пяти повторностях. Аппарат биоимпедансной диагностики измеряет полное сопротивление объекта

(импеданс объекта) который зависит как от свойств самого объекта (электрического сопротивления R , емкости C и индуктивности L объекта), так и от частоты переменного тока. Аппарат измеряет величину электрического импеданса Z биоткани (формула 2) на участке исследования между активным электродом и пассивным электродом в диапазоне подаваемых на исследуемый участок биологического объекта частот от 50 кГц до 200 кГц.

Так, при воздействии наркоза на биологический объект, анализ данных показал, что с увеличением времени воздействия наркоза на биологический объект импеданс уменьшается.

После того, как все данные были сняты на кожу мыши с помощью ватки наносится 20% уксусный раствор и держим 1 минуту для образования ожога.

Подключаем прибор и прикладываем электроды к ожогу и также как и в первом случае снимаем показания через 5, 10, 15, 20 минут (рис. 4).

Заключение

Разработан аппарат для проведения биоимпедансной диагностики биологических объектов, который позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока. Были проведены опыты на биологическом объекте (крыса) при воздействии наркоза и ожога и определены биоимпедансы. Анализ данных крысы под наркозом показал, что с увеличением частоты зондирующего тока и увеличении времени воздействия на биологический объект импеданс уменьшается. А под действием наркоза и ожога с увеличением времени воздействия импеданс уменьшается, т.е. наблюдается некоторое отмирание клеток биологической ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев Д.В., Похис К. А., Цветков А. А., Смирнов А. В. Способ региональной биоимпедансометрии. Патент РФ № 2204938. 27.05.2003 г.
2. Капитанов Е.Н., Николаев Д. В. и др. Устройство для измерения электрического импеданса в частях тела. Патент РФ № 2242165. 20.12. 2004 г.
3. Устюжанин В.А., Епифанцев В. В., Ишков А. А. Устройство для проведения импедансной спектрометрии биологических объектов Патент на полезную модель РФ. № 100894. 20.06. 2010 г.
4. Ямпиллов С.С., Галсанов Б. Р., Потемкина Т. Ф. Разработка устройства биоимпедансной диагностики. Материалы международной научно-практической конференции. «Проблемы динамики и прочности современных машин». -Вып.1. Улан-Удэ.—2016. С.—140–145.
5. Московец О. Н. Оценка состояния тканей падонта методом биоимпедансной спектрометрии / О. Н. Московец, Д. В. Николаев //Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: сб.тр. седьмой научн-практ.конф., 23 марта 2005 г. М.,—2005.-С.67–69.
6. Кузнецов В. В. Биоимпедансная поличастотная спектрометрия в диагностике нейродерматологических патологий. / В. В. Кузнецов, А. А. Новиков // Омский научный вестник. № 3(113).-2012. — С. 263–267.

© Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич (yampilovss@mail.ru),

Галсанов Буда Рэгзэнович (budagalsanov@mail.ru), Потемкина Татьяна Федоровна (tatyana-ustino2014@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РАССТРОЙСТВА МЫШЕЧНО-СУСТАВНОГО КОМПЛЕКСА У ЛИЦ С ВЫСОКОЙ РЕЧЕВОЙ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

FUNCTIONAL DISORDERS OF THE MUSCULAR-JOINT COMPLEX IN THE PERSONS, WITH HIGH SPEECH AND PSYCHOEMOTIONAL LOAD

**A. Yatsuk
K. Sivolapov**

Summary. The prevalence of diseases and pathological conditions of the musculo-articular complex in persons with high speech and psychoemotional load is related to the peculiarities of labor activity.

Keywords: diseases of the temporomandibular joint, musculo-articular complex, speech and psychoemotional load, pathological conditions, arthritis, arthrosis deforming and sclerosing, musculo-articular dysfunction.

Яцук Андрей Викторович

*К.м.н., Главный врач, стоматолог — хирург
Ново Дент, на базе Новокузнецкого государственного
института усовершенствования врачей — филиал
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения дополнительного
профессионального образования «Российская
медицинская академия непрерывного профессионального
образования» (НГИУВ — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО
Минздрава России)
Dr-yatsuk@mail.ru*

Сиволапов Константин Анатольевич

*Д.м.н., профессор, Новокузнецкий государственный
институт усовершенствования врачей — филиал
ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия
непрерывного профессионального образования»
(НГИУВ — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО
Минздрава России)*

Аннотация. Распространённость заболеваний и патологических состояний мышечно-суставного комплекса у лиц, с высокой речевой и психоэмоциональной нагрузкой связана с особенностями трудовой деятельности.

Ключевые слова: заболевания височно-нижнечелюстного сустава, мышечно-суставной комплекс, речевая и психоэмоциональная нагрузка, патологические состояния, артриты, артрозы деформирующие и склерозирующие, мышечно-суставные дисфункции.

Заболевания, связанные с внесуставной и внутрисуставной патологией височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) занимают третье место среди стоматологических заболеваний после кариеса и патологий тканей пародонта [1, 2, 3, 4, 5]. До настоящего времени оказание специализированной помощи данной группе пациентов в условиях муниципального здравоохранения, особенно у людей, имеющих высокую функциональную нагрузку на речевой аппарат и неблагоприятные психоэмоциональные факторы, находится на низком уровне [4, 6, 7, 8]. Исследования, направленные на изучение распространенности заболеваний патологических состояний ВНЧС у лиц с высокой речевой нагрузкой не проводилось.

Цель исследования: провести системный анализ заболеваний и патологических состояний мышечно-суставного комплекса у лиц, с высокой речевой и психоэмоциональной нагрузкой.

Задачи исследования

1. Изучить распространенность и клинические особенности заболеваний височно-нижнечелюстного сустава у педагогов, операторов горячей линии и работников банковского сектора
2. Определить уровень корреляции с учётом стажа работы и атипичной речевой нагрузки.

Материалы и методы

Общеклиническое обследование включало в себя: сбор анамнеза, жалоб, исследование зубных рядов. Лучевое обследование 190 пациентов — ортопантомография проводилась на аппарате «Orthophos 3 — Sirona» (Германия). Исследования элементов сустава у 41 человека было выполнено на магнитно-резонансном томографе «SiemensMagnetomC0,35 T.», исследование

Таблица 1. Распределение больных в зависимости от патологии мышечно-суставного комплекса

Область поражения	Внутрисуставные поражения	Внесуставные поражения	Всего
группа 1 (n 100)	32 (32%)	59 (59%)	91%
группа 2 (n 100)	18 (18%)	31(31%)	49%
группа 3 (n 100)	17 (17%)	31 (31%)	48%

Таблица 2. Распределение заболеваний ВНЧС

	Направление специальности	Артрит	Мсд	Склерозирующий артроз	Деформирующий Артроз
Первая группа (n 100)	Кафедра французского и немецкого языков (n 48)	10 (20,83%)	29 (60,41%)	2 (4,17%)	1 (2,08%)
	Английского (n52)	12 (23,08%)	30 (57,69%)	4 (7,62%)	3 (5,77%)
Вторая группа (n 100)	Русского языка, литературы, истории и другие, преподающие на русском языке	13 (13%)	31 (31%)	3 (3%)	2 (2%)
Третья группа (n 100)	операторы социальных сетей и банковского сектора	14 (14%)	31 (31%)	2 (2%)	1 (1%)

Таблица 3. Количество заболеваний ВНЧС зависимости от стажа работы

Возраст	20–30 лет (n89)	31–45 лет (n98)	Свыше 45 лет(n113)
Деформирующий артроз	1 (1,12%)	2 (2,04%)	4 (3,54%)
Склерозирующий артроз	1 (1,12%)	4 (4,08%)	9 (7,96%)
Артрит	5 (5,62%)	11 (11,22%)	29 (25,66%)
Мышечно-суставная дисфункция	26 (29,21%)	29 (29,59%)	66 (58,41%)
Всего%	38,2%	46,93%	95,57%

на спиральном томографе проведено 30 пациентам на аппарате «SOMATOMSensation — 40». Для осуществления более точной диагностики патологических изменений в жевательных мышцах нами был разработан электрогнатодинамометр с функцией проекции на дисплей «жевательного графика», с возможностью осуществления обратной связи (патент РФ № 2012118168, от 03.05.2012 г.). Электромиография жевательных мышц путем регистрации их биологических потенциалов проводилась для выявления функциональных нарушений, позволяющая проследить изменения, происходящие в них в процессе лечения. Исследование выполнялось с использованием компьютерного электромиографа «Нейро-МВП» (Россия). Одним из этапов обследования пациентов являлось их анкетирование, которое было проведено среди 300 человек. В период с 2011 по 2016 г. было обследовано 300 человек в возрасте от 21 до 60 лет. В объект исследования вошли 200 педагогов факультета иностранных языков и факультета русского и литературы Сибирского государственного индустриального университета и Новокузнецкого института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет». В первую группу

вошли люди (100 человек), ведущие занятия на языках романо-германской группы, имеющие лингвистические особенности произношения (французский, немецкий, английский языки). Во второй группе занятия на русском языке проводили 100 человек (литература, психология, ботаника, история). У всех преподавателей стаж работы был не менее пяти лет. Кроме того, в объект исследования были включены операторы горячих линий и банковского сектора — 100 человек (группа 3). Группы были сбалансированы по возрасту. Средний возраст испытуемых составил $52,1 \pm 8,3$ года.

В зависимости от патологии мышечно-суставного комплекса пациенты были отнесены к трём группам (табл. 1).

У педагогов, использующих иностранные языки в повседневной практике, патологические изменения в ВНЧС были выявлены в 91% случаев. Во второй группе, несмотря на высокую речевую нагрузку, из 100 обследованных, патологические изменения мы обнаружили у 49%. Таким образом, было выявлено, что среди педагогов, ведущих занятия на иностранном языке, патология ВНЧС встречается на 42% чаще, чем у педагогов, исполь-

зующих в повседневной работе русский язык. В третьей группе заболевания мышечно-суставного комплекса было выявлено у 48 человек. Различия между второй и третьей группами статистически не значимо.

Распределение заболеваний ВНЧС в зависимости от диагноза внесено в таблицу 2.

В ходе проведённого исследования было установлено, что у педагогов с заболеваниями височно-нижнечелюстных суставов наиболее часто наблюдалась патология мышечного аппарата, особенно у преподавателей кафедры иностранного языка (59%), что обусловлено напряжением латеральной крыловидной мышцы и мышц дна полости рта во время произношения отдельных, не свойственных русскому языку, звуков.

В зависимости от стажа работы количество заболеваний ВНЧС у пациентов всех групп выглядело следующим образом (табл. 3).

Анализ таблицы позволил сделать вывод, с увеличением стажа работы и возраста частота заболеваний увеличивается в обеих группах.

Обработка данных

Проведён сравнительный анализ частот с помощью углового преобразования Фишера, как тест предназначенный для сопоставления двух выборок по частоте встречаемости эффекта, а именно увеличение частоты заболеваний в основной группе.

В результате тест Фишера подтвердил значимость статистических различий, например, доля пациентов с патологиями ВНЧС в первой подгруппе составляет 91%, в отличие от второй подгруппы, где частота патологий составляет 49% при уровне значимости $p=0,000278$, различия значимы. Уточнение значения вероятности ошибки сделано с помощью распределения Стьюдента. При сравнении долей в 91% и 48% вероятность ошибки составляет $p=0,000124$, что подтверждает наличие статистически значимых различий между этими долями. Нулевая гипотеза отклонялась, если уровень статистической значимости (p) был равным или более 0,05.

Анализ анкетных данных позволил сделать нам следующие выводы:

1. Более половины обследуемых, 133 человек (66,5%) испытывали стрессовые ситуации, причём у 61 человек (30,5%) эмоциональное напряжение сопровождалось бруксизмом с последующим появлением болей в жевательных мышцах или ВНЧС.

2. 70,5% испытывает болевые ощущения в ВНЧС и жевательных мышцах после длительных речевых нагрузок, почти половина обследуемых (47,5%) отмечает пробуждение с болезненными мимическими мышцами, что свидетельствует о наличии триггерных зон в них.

3. Такие клинические проявления в височно-нижнечелюстном суставе, как боли в нижней челюсти после еды, щёлканье в суставе после еды, не являются доминирующими и по сравнению с болями и спазмами в крыловидных (85%) и собственно жевательной мышцах (64%), встречаются в 46,2% и 34,1% случаев соответственно.

4. Наряду с широким распространением патологических изменений в жевательных мышцах и ВНЧС 46% пациентов имеет синдром верхней шейной артерии, что подтверждается частым головокружением, головными болями, наличием шейного остеохондроза вследствие профессиональных вредностей.

5. Травматические факторы, такие как — острая травма нижней челюсти, Бруксизм, интубация не являются преобладающим фактором в возникновении заболеваний и патологических состояний ВНЧС у педагогов.

6. По результатам сравнения долей по наблюдаемым признакам были выявлены существенными различия по следующим признакам (7 вопросов анкеты из 22):

- ◆ Боли в нижней челюсти после еды ($p = 0,0435$),
- ◆ Пробуждение с болезненными мимическими мышцами ($p = 0,0004$),
- ◆ Больно смещать нижнюю челюсть в сторону ($p = 0,0018$),
- ◆ Усиление болевых ощущений в ВНЧС и жевательных мышцах после длительных речевых нагрузок ($p = 0,0002$),
- ◆ Травма нижней челюсти ($p = 0,034$),
- ◆ Лечение у невропатолога, терапевта по поводу неясных болей в голове или шее ($p=0,018$),
- ◆ Множественные стрессовые ситуации ($p = 0,0008$).

Выводы

1. Наиболее высокая заболеваемость выявлена у педагогов, преподающих на английском, немецком и французском языке — на 42% выше, чем у преподавателей, дающих знания на русском языке, тест Фишера показал уровень значимости в различиях $p=0,000278$. На 43% выше, чем у лиц, разговорных специальностей, тест Фишера показал уровень значимости в различиях $p=0,000124$.

2. По результатам обзорного исследования ответов пациентов был проведен частотный анализ

с использованием теста Фишера, который позволил определить ключевые вопросы для диагностики мышечно-суставных дисфункций: боли в нижней челюсти после еды ($p = 0,0435$), пробуждение с болезненными мимическими мышцами ($p = 0,0004$), больно смещать нижнюю челюсть в сторону ($p = 0,0018$),

усиление болевых ощущений в ВНЧС и жевательных мышцах после длительных речевых нагрузок ($p = 0,0002$), травма нижней челюсти ($p = 0,034$), лечение у невропатолога, терапевта по поводу неясных болей в голове или шее ($p = 0,018$), множественные стрессовые ситуации ($p = 0,0008$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Булычева, Е. А. Клиническая картина, диагностика и лечение заболеваний височно-нижнечелюстного сустава, осложненных парафункциями жевательных мышц. Е. А. Булычева. Стоматология.-2007.-Т.86, № 6.-79–83.
2. Потапов, В. П. Системный подход к обоснованию новых методов диагностики и комплексному лечению заболеваний височно-нижнечелюстного сустава при нарушении функциональной окклюзии. В. П. Потапов. Автореф. дисс. д-ра мед. Наук.— Саратов, 2010.— 42 с.
3. Семкин, В. А. Патология височно-нижнечелюстных суставов. В. А. Семкин, Н. А. Рабухина, Волков С. И. // Практическая медицина — 2011 Москва, С. 168.
4. Хватова, В. А. Функциональная диагностика и лечение в стоматологии. В. А. Хватова — М: Медицинская книга, 2007. — 294 с.
5. Шубина О. С. Психосоматические аспекты хронического суставного синдрома. О. С. Шубина, Л. А. Уколова, Н. А. Шабиков // Хронические болевые синдромы: Тезисы докладов. — Новосибирск, 2007. — 159–161.
6. Яцук А. В. Клинико-функциональные особенности диагностики и лечения заболеваний височно-нижнечелюстного сустава у педагогов. А. В. Яцук. Автореф. дисс. к. м. н. Омск — 2013 г.-23 с.
7. Яцук, А. В. Особенности функциональных расстройств височно-нижнечелюстного сустава у педагогов языковых кафедр [Электронный ресурс] / А. В. Яцук, К. А. Сиволапов, В. В. Вавин // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал.— 2012 — № 5.— Режим доступа: <http://www.science-education.ru/105-7064>.
8. De Fel cio CM, Sidequersky FV, Tartaglia GM, Sforza C: Electromyographic standardized indices in healthy Brazilian young adults and data reproducibility. J Oral Rehabil 2009; 36(8):577–583. Epub 2009 Jun 22.

© Яцук Андрей Викторович (Dr-yatsuk@mail.ru), Сиволапов Константин Анатольевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НАШИ АВТОРЫ

OUR AUTHORS

Abdullayev A. — Cand. of phis.-math.sc., Institute of Transport and Aviation Space Problems of the National Aviation Academy of Azerbaijan anarcfarov09@mail.ru

Abumuslimov S. — PhD, assistant professor of physiology and anatomy of human and animal Chechen State University saidkhamzatabumuslimov@gmail.com

Andreeva E. — Candidate of Medical Sciences, associate Professor, Stavropol State Medical University. eandreeva-doctor@yandex.ru

Avdeyeva O. — Penza State University rasuma@mail.ru

Ayusheeva L. — Ph.D., head of the dispensary department for patients with HIV / TB co-infection, Moscow Scientific and Clinical Center for TB Control ausheevalida64@gmail.com

D. Vasiliev — Bachelor of technical science Joint Stock Company «Ramenskoye Instrument Plant». Deputy Chief Designer vasiliev1969@yandex.ru

Galsanov B. — Master, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude budagalsanov@mail.ru

Galstyan A. — Candidate of the degree Ph.D., phthisiatrician of the tubercular pulmonary department, Moscow Scientific and Clinical Center for TB Control armik2205@gmail.com

Gaynov A. — Kuban institute of information protection, Krasnodar ArturGaynov@mail.ru

Gubsky O. — Military Institute of Physical Culture oksanochka23932393@mail.ru

Gudkov V. — Doctor of science, professor, «South Ural State University (NRU)»

Isakov E. — Military Academy of communications named Marshal Of the USSR S.M. Budyonny

Kamaeva T. — Candidate of medical Sciences of the Khakass state University n. a. N. F. Katanov tatyankamaev@ya.ru

Kicul I. — Doctor of Sciences, Professor, head of the Department of public health and health care Irkutsk state medical Academy of postgraduate education

Kirillov K. — Postgraduate, Ufa State Aviation Technical University x5075@yandex.com

Kolpinskiy G. — Doctor of medical Sciences, Professor, The Kemerovo medical University Ministry of health of Russia, Kemerovo

Kovalgin U. — Dr Sc, professor, The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications

Krivtsov S. — Military Academy of communications named Marshal Of the USSR S.M. Budyonny

Krylov Yu. — Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation yu.d.krylov1@gmail.com

Kudinov Ye. — Chief expert of the Expert Forensic Center of the General Directorate of the Ministry of Interior of Russia in Perm Region kudinov.eugene@gmail.com

Magomedova Z. — PhD, assistant professor of physiology and anatomy of human and animal Chechen State University. magomedova1204@mail.ru

Minkhanov R. — Graduate student, teacher, «South Ural State University (NRU)» digerfight@gmail.com

Mudrak K. — Postgraduate, Saint-Petersburg Government University of Telecommunications, named by professor M.A. Bonch-Bruevich

Myakotin A. — Military Academy of communications named Marshal Of the USSR S.M. Budyonny

Nabiyev R. — Dr. of Eng. Sc., Professor, Institute of Transport and Aviation Space Problems of the National Aviation Academy of Azerbaijan (Baku) nabiyevrasim@gmail.com

Nebaba S. — National Research Tomsk Polytechnic University stepan-lfx@mail.ru

Pakhomov M. — PhD student, The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications mpakhomov39@gmail.com

Potyomkina T. — Graduate student, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude tatyana-ustino2014@mail.ru

Rognov V. — PhD student, The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications

Semenov A. — Doctor of engineering sciences, professor, sub-department of automatics and remote control, Penza State University

Sinitsyn M. — Ph.D., Senior Research Associate, Deputy Chief Medical Officer (for work with patients with HIV / TB co-infection), Moscow Scientific and Clinical Center for TB Control msinitsyn@mail.ru

Sivolapov K. — Doctor of medical Sciences, Professor, Novokuznetsk state medical refresher Institute – branch of Federal state budgetary educational institution of additional professional education «Russian medical Academy of continuous education» (NGIUV – branch FGBOU DPO RMAPO Ministry of health of Russia)

Taevskij B. — PhD, associate Professor, Department of public health and health care Irkutsk state medical Academy of postgraduate education

Unanova I. — Assistant, Stavropol State Medical University

Yampilov S. — Doctor of technical Sciences, Professor, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude yampilovss@mail.ru

Yatsuk A. — The candidate of medical Sciences Chief physician, oral surgeon Novo dent on the base Novokuznetsk state medical refresher Institute – branch of Federal state budgetary educational institution of additional professional education «Russian medical Academy of continuous education» (NGIUV – branch FGBOU DPO RMAPO Ministry of health of Russia) dr-yatsuk@mail.ru

Zapevalin P. — Assistant Professor, Department of public health and health care Irkutsk state medical Academy of postgraduate education Med_proekt@bk.ru

Zavodtsev I. — k.t.s., docent, Kuban institute of information protection, Krasnodar nilrs@mail.ru zzzmurdoczzz@bk.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).