

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 6 2017 (ИЮНЬ)

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

Н.А. Корягина — д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Минздрава России

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»

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.

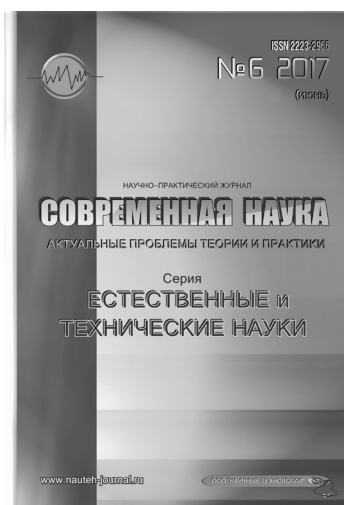
Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК - 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 28.06.2016 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Пурцхванидзе В.А., Симаков Ю.Г., Баткаева Н.В.** — Сравнительный анализ токсичности метиленового синего и профлавина для сапрофитных бактерий и фотодинамическое обеззараживание воды
Purtskhvanidze V., Simakov Yu., Batkayeva N. — Comparative analysis of the toxicity of methylene blue and proflavine for saprophytic bacteria and photodynamic-decontamination of water 3

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Волков Ю.А., Кулигин Г.Г., Леонов Д.А., Шишков П.О.** — ЛЧМ «лидар» для сканирования приземного слоя атмосферы
Volkov Yu., Kuligin G., Leonov D., Shishkov P. — Chirp "lidar" to scan a surface layer of the atmosphere 10

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Носов В.И., Дегтярев С.С.** — Анализ помехоустойчивости спутниковой линии связи с модуляцией M-APSK при учете нелинейных искажений
Nosov V., Degtyarev S. — Noise immunity analysis for M-APSK signaling over satellite link with nonlinear distortions 14

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Дмитриев А.И.** — Методы и средства кодирования информации с помощью поляризационных спиновых устройств
Dmitriev A. — Methods and means of information coding using spin-polarization devices 23
- Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н.** — Информационная управленческая система для налоговой службы
Zabolotnikova V., Romashkova O. — Information management system for the tax service 27
- Мартынов А.В.** — Система автоматического управления генерацией тока в установках для измерения удельного сопротивления грунта
Martynov A. — Automatic current control system in installations for measuring soil resistivity 33
- Мусаев М.У.** — Моделирование систем обмена информацией с помощью стохастических графов
Musayev M. — Modeling of information exchange systems using stochastic graphs 41
- Симанков В.С., Толкачев Д.М.** — Методы автоматизированного вопросно-ответного поиска и их комплексное использование
Simankov V., Tolkachev D. — Methods of automated question-answer search and their complex use 47
- Соколова О.В., Никулин С.В., Семенов А.Д.** — Автоматизация системы управления бумажным производством с использованием метода экстремального комбинированного управления
Sokolova O., Nikulin S., Semenov A. — Automation of paper management system with the use of extremum-seeking combined control method 52
- Тымчук А.И.** — Метод Виолы-Джонса для распознавания объектов на изображении
Tymchuk A. — The Viola-Jones method for object recognition in images 63

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Атаев М.Г., Гаджиева С.А., Асельдерова А.Ш., Агаева Э.Н., Ханахмедова К.Ш.** — Гелиометеорологические факторы и смертность от болезней системы кровообращения населения предгорья
Ataev M., Gadzhieva S., Aselderova A., Agaeva E., Khanakhmedova K. — Heliometeorological factors and mortality from cardiovascular diseases among foothill population 69
- Гаджиева Т.А., Махмудова Э.Р., Далхаева М.Т., Гаджиева Э.К., Минкайлов Э.К.** — К вопросу о роли этнической принадлежности как факторе риска заболеваемости бронхиальной астмой
Gadzhieva T., Mahmudova E., Dalkhaeva V., Gadzhieva E., Minkailov E. — To the question of the role of ethnicity as a risk factor of asthma incidence 76
- Гуменюк Л.Н., Кабатова И.Н.** — Комплексное медико-психологическое сопровождение больных ювенильным ревматоидным артритом на санаторно-курортном лечении
Gumenyuk L., Kabatova I. — The complex medical and psychological support of patients with juvenile rheumatoid arthritis during the health resort treatment 81
- Гусейнов Г.О.** — Зависимость осмотической резистентности эритроцитов крыс и концентрации тиоловых групп белков их мембраны от длительности умеренной гипотермии
Guseynov G. — The dependence of the osmotic resistance of rat erythrocytes and the concentration of thiol groups of proteins to their membrane from the duration of moderate hypothermia 85
- Иванов В.В., Саганов В.П.** — Технология применения растительных лекарственных средств при инфекциях мочевых путей
Ivanov V., Saganov V. — The technology of using plant medicinal remedies in urinary tract infections 90
- Карпюк В.Б., Лаврешин П.М., Гайворонская Т.В.** — Клеточно-потенцированные технологии с применением стромально-васкулярной фракции в пластической хирургии лица
Karpiuk V., Lavreschin P., Gayvoronskaya T. — Cell-potentiated technologies with stromal vascular fraction application in plastic surgery of the face 94
- Козлова О.С., Андреева Н.А.** — Влияние ВПЧ на развитие эктопии шейки матки у пациенток репродуктивного возраста
Kozlova O., Andreeva N. — The influence of HPV on the development of ectopia of the cervix in women of reproductive age 99
- Сигал З.М., Сурнина О.В.** — Разработка интраорганного трансиллюминационного и ультразвукового мониторинга при остеоартрозе
Sigal Z., Surnina O. — Development of intraorganic transillumination and ultrasound monitoring in osteoarthrose 102
- Сулайманова С.Ш.** — Оценка лечения генитального эндометриоза у женщин репродуктивного возраста в аспекте изменения активности медиаторов воспаления и системы антиоксидантной защиты
Sulaymanova S. — Assessment of the treatment of endometriosis in women of reproductive age in the aspect of changes in the activity of mediators of inflammation and antioxidant defense system 107
- Шамилова С.Г.** — Эффективность комплексной терапии с использованием метода локальной наружной контрпульсации у больных нестабильной стенокардией
Shamilova S. — The efficiency of complex therapy with the use of the method of local external counter pulsation in patients with unstable angina 111

ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы. Our Authors 117
- Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 118

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОКСИЧНОСТИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО И ПРОФЛАВИНА ДЛЯ САПРОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TOXICITY OF METHYLENE BLUE AND PROFLAVINE FOR SAPROPHYTIC BACTERIA AND PHOTODYNAMIC-DECONTAMINATION OF WATER

V. Purtskhvanidze
Y. Simakov
N. Batkayeva

Summary. A comparative analysis of the toxicity of aqueous solutions of methylene blue and proflavine photodynamic treatment with fluorescent lamps, with 3 thousand Lux. such biological indicators of saprophytic bacteria as BOD₅ and the increase in the number of bacteria. It is shown that methylene blue at lower concentrations than proflavine exhibits phototoxicity to saprophytic bacteria in the water from a natural body of water (allowable concentration for methylene blue on such indicators as the change in BOD₅ and growth of bacteria in ml of pond water were the same. 0.01 mg/l, and PF, respectively, 0.05 and 0.1 mg/l). From the point of view of phototoxicity of substances for disinfection of water in large volumes is economically advantageous to use methylene blue.

Keywords: methylene blue, proflavine, phototoxicity, BOD₅, growth of bacteria, photodynamic-decontamination of water.

Пурцхванидзе Виолетта Александровна

К.б.н., главный врач медицинского центра высоких технологий «Лазервита», г. Москва

Симаков Юрий Георгиевич

Д.б.н., профессор, Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского, г. Москва

usimakov@yandex.ru

Баткаева Надежда Владимировна

Научный сотрудник, РУДН, г. Москва

Аннотация. Проведен сравнительный анализ токсичности водных растворов метиленового синего и профлавина при фотодинамическом воздействии лампами дневного света при 3 тыс. лк. на такие биологические показатели сапрофитных бактерий как БПК₅ и прирост численности бактерий. Показано, что метиленовый синий при меньших концентрациях, чем профлавин проявляет фототоксичность для сапрофитных бактерий в воде из природного водоема (допустимая концентрация для метиленового синего по таким показателям как изменение БПК₅ и прирост бактерий в мл прудовой воды оказалось одинаковой. равной 0,01 мг/л, а для профлавина соответственно 0,05 и 0,1 мг/л). С точки зрения фототоксичности веществ для обеззараживания воды в больших объемах экономически выгоднее применять метиленовый синий.

Ключевые слова. Метиленовый синий, профлавин, фототоксичность, БПК₅, прирост бактерий, фотодинамическое обеззараживание воды.

Введение

Обеззараживания воды остается одной из важнейших проблем в экологии при охране окружающей среды и защите населения от биологического загрязнения. В настоящее время наблюдается всемирная тенденция, направленная на улучшение водоснабжения населения, характеризуются растущим пониманием необходимости бережного, рационального отношения к водным ресурсам, совершенствованием технологии очистки воды [1].

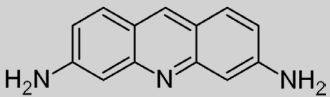
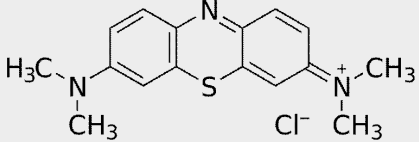
При фотодинамическом обеззараживании воды широкое применение нашли фотосенсибилизаторы относящиеся к азиновым красителям — метиленовый синий и профлавин. Выявлено, что указанные фотосенсибилизаторы обладают широким спектром воздействия и подавляют также развитие вирусов, цианобактерий и низших грибов [2–4]. Тенденция использования различных красителей, обладающих фотосенсибилизирующими свойствами, для обеззараживания воды продолжает развиваться и далее ускоренными темпами [5, 6]. Од-

нако в этом направлении есть еще много неизученных сторон, которые требуют своего неотложного решения.

Одной из таких сторон является анализ сравнительной эффективности обеззараживания воды различными соединениями, обладающими фотосенсибилизирующими свойствами. Именно такой сравнительный анализ фототоксичности двух соединений, метиленового синего и профлавина. проведен нами в данной работе. Оба вещества уже практически используются для обеззараживания воды, как в водоемах, так в аквариумистике. Для оценки эффективности воздействия каждого из фотосенсибилизаторов мы использовали сапрофитных бактерий в пробах воды из природных водоемов., а основными санитарными показателями, отвечающими за метаболизм и размножение бактерий, служили БПК₅ и динамика прироста численности гетеротрофных бактерий.

Цель работы — провести сравнительный анализ токсичности фотосенсибилизаторов — метиленового синего и профлавина для сапрофитных бактерий для

Таблица 1. Структурная формула исследуемых красителей

<p>Профлавин (диаминоакридин)</p>	
<p>Метиленовый синий (N, N, N', N'-тетраметилтионина хлорида тригидрат)</p>	

выявления наиболее перспективного соединения при фотодинамическом обеззараживании воды и установления пороговых значений, при которых проявляется фотодинамический эффект для бактерий.

1. Материалы и методы

Исследование проведено с двумя азиновыми красителями, обладающими фотосенсибилизирующим свойством: метиленовым синим и профлавином. Структурная формула указанных веществ представлена в таблице 1.

Для определения воздействия метиленового синего и профлавина на БПК₅ использовали воду из пресноводного подмосковного водоема, где численность сапрофитных бактерий, определенная посевом на МПА, составляла 1,4*10⁴ кл./мл. Растворы фотосенсибилизаторов для проведения опыта готовились в пластиковых 5-ти литровых бутылках. В каждую бутылку в качестве органической нагрузки вносился пептон (из такого расчета, чтобы на 5-й день БПК составила около 5 мгО₂/л). В опытные сосуды вносили исследуемое вещество не менее, чем в 5 концентрациях. Спектр исследуемых концентраций фотосенсибилизаторов подбирался исходя из литературных данных, о их действии на различные гидробионты [7. 8]. с таким расчетом, чтобы исследуемые концентрации шли в сторону завышения и в сторону занижения от пороговой концентрации. Поскольку исследовалось действие фотосенсибилизаторов, бутылки с исследуемыми концентрациями находились при переменном освещении в люминостате при освещенности 3000 люкс с чередованием света и темноты через 12 часов. Один из сосудов служил контролем. В исходные сутки, а также по указанной ниже схеме, производился отбор проб в склянки (три повторности) для определения БПК до 5 суток в предварительном опыте и до седьмых суток включительно при проведении основного опыта. Для стандартизации условий проведения опыта склян-

ки с пробами для определения БПК ставились в темноту и находились в термостате при температуре 200 С. После экспозиции в каждом сосуде с пробой воды с помощью оксиметра («Экотест» с селективными электродами на О₂) определяли содержание кислорода.

Санитарно-экологические последствия присутствия в воде исследуемого вещества в различных концентрациях оценивали по его влиянию на БПК₅ воды. Для каждого из веществ был взят свой спектр концентраций, который определялся предварительно на основании литературных данных и острых опытов на дафниях.

БПК₅ рассчитывали, как разность между исходной концентрацией кислорода в воде ([O₂]_{исх}) и концентрацией кислорода на соответствующий срок наблюдения ([O₂]_t):

$$БПК_5 = [O_2]_{исх} - [O_2]_t$$

Оценка эффекта токсичного вещества производится по сравнению величин БПК₅ в опыте и в контрольном сосуде:

$$N = \frac{БПК_5(оп) - БПК_5(контр)}{БПК_5(контр)} \cdot 100\%$$

где БПК₅ (оп) и БПК₅ (контр) в опыте и в контроле, соответственно, на один и тот же срок.

В качестве недействующей концентрации принимали ту, при которой показатель БПК₅ отклонялся от соответствующих значений в контроле не более чем на 20% (т.е. N < 20%) [9].

Для вычисления концентрации, вызывающей 20%-ное отклонение, путем интерполяции использовал следующее уравнение:

Таблица 2.1. БПК₅ (мгО₂/л) при действии различных концентраций метиленового синего в предварительном опыте

Концентрации метиленового синего в мг/л	БПК ₅ в день опыта	% от контроля	БПК ₅ на 5 сутки опыта	% от контроля
1,0	3,3	62	2,6	160
0,5	3,5	66	3,7	231
0,1	3,8	71	4,2	262
0,05	4,2	79	3,8	237
0,01	5,0	94	1,7	106
Контроль	5,3	100	1.6	100

$$C = C_1 + \frac{20 - N_1}{N_2 - N_1} \cdot (C_2 - C_1),$$

где C — концентрация вещества, вызывающая отклонение значений БПК₅ от аналогичных значений в контроле на 20%; C_1 и C_2 — концентрации загрязняющего вещества, вызвавшие отклонения БПК₅ менее и более чем на 20% соответственно; N_1 и N_2 — величины этих отклонений.

1.2. Оценка влияния на рост сапрофитов

Для исследования динамики прироста гетеротрофных бактерий в растворах исследуемых красителей, использовали воду того же водоема, что и для определения БПК₅. Подсчет бактерий проводился в пробах взятых из тех же сосудов с различными концентрациями красителей, которые использовались при определении влияния фототоксикантов на БПК₅. Определение общего количества бактерий в различных вариантах опыта проводилось по ГОСТ 5216–50. Для этих целей определялось количество бактерий в 1 мл воды, способных расти на мясо-пептонном агаре. Подсчет колоний в чашках Петри проводили через 48 часов после посева. Сроки взятия проб воды для посевов на МПА соответствовали тем, которые указаны в «Методике по установлению рыбохозяйственных нормативов ПДК и ОБУВ [9].

Мясо-пептонный агар расплавляли в водяной бане, а затем охлаждали до 40°C. После этого стерильной пробиркой отбиралась соответствующая проба и вносилась в 2 стерильные чашки Петри, затем следовала заливка мясо-пептонным агаром при перемешивании исследуемой воды вращательным движением. После остывания чашки Петри помещались вверх дном в термостат на 48 часа. Через 48 часов производили подсчет колоний на поверхности и в глубине агара.

Достоверность разности средних показателей определялась по критерию Стьюдента [10].

2. Результаты исследований

2.1. Влияние метиленового синего на показатель БПК₅

Опыты проводились в двух сериях с различающейся продолжительностью. В предварительном опыте испытания проводили при концентрациях метиленового синего 1,0; 0,5; 0,1; 0,05 и 0,01 мг/л.

Изменение БПК₅ исследовалось в растворах фототоксиканта сразу после постановки опыта и на 5 сутки после постановки опыта. Результаты исследований приведены в табл. 2.1.

Выделены значения, статистически достоверно отличающиеся от контроля по критерию Стьюдента ($P \leq 0,05$)

Анализ результатов, приведенных в таблице, свидетельствует о том, что вещество в концентрациях 0,05 мг/л и выше в исходные сутки достоверно снижает БПК₅ и выступает как токсикант для гетеротрофных бактерий. На 5е сутки при этих концентрациях подавление сменяется достоверным повышением потребления кислорода. Это превышение идет, скорее всего, из-за наличия недоокисленной органики в первые 5 суток опыта.

Полуэффективная концентрация (пороговая), установленная регрессионной интерполяцией, составила величину 0,06 мг/л.

Концентрация 0,01 мг/л в первые сутки постановки опыта и на 5 день давала показатели, близкие к контролю. Эту концентрацию можно считать допустимой.

С учетом этих результатов было поставлено более длительное испытание.

Учитывая то, что в предварительном опыте показана высокая токсичность метиленового синего при концентрации 1,0 мг/л, эту концентрацию в основном

Таблица 2.2. Влияние метиленового синего на БПК₅ (мг/л O₂)

Концентрации метиленового синего (мг/л)	Срок, сутки				
	0	1	3	5	7
Контроль	5,2	4,9	3,1	1,9	1,4
0,005 % от контроля	5,1 98	5,2 106,1	2,8 90,3	1,8 94,5	1,3 92,9
0,01 % от контроля	5,0 96,1	4,9 100	3,3 106,5	1,7 89,5	1,6 114,3
0,05 % от контроля	4,2 80,8	4,5 91,8	4,6 148,4	3,5 184,2	2,4 171,4
0,1 % от контроля	3,2 61,5	4,8 98	4,9 158,1	4,6 257,9	3,1 214,3
0,5 % от контроля	2,5 48,1	3,5 71,4	3,7 119,4	3,4 179	3,2 228,6

опыте в спектр исследуемых мы не включали, что позволило снизить спектр исследуемых концентраций до 0,005 мг/л.

Изменение БПК₅ исследовали в растворах фототоксиканта сразу после постановки опыта, в первые сутки, третьи, пятые и на 7 сутки при концентрациях метиленового синего: 0,5; 0,1; 0,05; 0,01 и 0,005 мг/л. (Более длительное испытание дано в табл. 2.2.)

Выделены результаты, достоверно отличающиеся от контроля по критерию Стьюдента ($P \leq 0,05$; $t_{st} = 2,1$).

Анализ результатов, приведенных в таблице, показывает, что метиленовый синий в концентрациях от 0,5 до 0,05 мг/л, взятых в день постановки опыта и в последующие дни, оказывает статистически достоверное влияние на процесс БПК₅. Начиная с 3 суток снижение БПК₅ сменяется стимуляцией. Это может объясняться либо формированием адаптации к метиленовому синему сообществу сапрофитов, либо быстрой деградацией фотосенсибилизатора в растворе и утилизацией остаточной органики.

В качестве пороговой концентрации метиленового синего, влияющего на процесс БПК₅ (с учетом регрессионной интерполяции), в основном опыте может быть принята величина равная 0,06 мг/л.

При концентрации метиленового синего 0,01 мг/л подавление процесса БПК₅ не происходит. Эта концентрация метиленового показателя синего может быть принята в качестве максимальной допустимой для БПК₅.

2.1.2. Влияние растворов метиленового синего на динамику роста гетеротрофных бактерий

Численность сапрофитных бактерий, определяемых по количеству колоний, выросших на МПА 10 после инкубации в термостате, подсчитывали в день постановки опыта, а также на 1, 3, 5 и 7 сутки. Динамику роста бактерий исследовали при тех же концентрациях, которые применялись при определении действия метиленового синего на процессы нитрификации и аммонификации. Данные о влиянии метиленового синего на численность гетеротрофных бактерий представлены в табл. 2.3.

Отличие от контроля достоверно (выделено жирным шрифтом) ($P \leq 0,05$; $t_{st} = 2,45$)

Метиленовый синий в концентрациях 0,1 и 0,05 мг/л подавляет рост сапрофитных бактерий, особенно при наивысшей исследованной концентрации, и в некоторых случаях количество клеток в 1 мл раствора падает на два порядка по сравнению с контролем. При концентрации 0,05 мг/л метиленовый синий на 7 сутки не проявляет бактерицидного действия. По всей видимости, к этому времени он полностью инактивируется как фототоксикант. Таким образом, пороговой концентрацией сразу после внесения фотосенсибилизатора следует считать концентрацию 0,05 мг/л.

За максимально допустимую концентрацию метиленового синего, не влияющую на динамику прироста сапрофитных бактерий, следует принять концентрацию **0,01 мг/л.**

Таблица 2.3. Изменение численности микроорганизмов в 1 мл прудовой воды при действии метиленового синего

Концентрации метиленового синего (мг/л)	Срок, сутки				
	0	1	3	5	7
Контроль	$1,4 \times 10^4$	$6,5 \times 10^4$	$8,7 \times 10^5$	$4,3 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$
0,1	$3,1 \times 10^3$	$1,7 \times 10^2$	$7,2 \times 10^3$	$8,4 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$
% от контроля	22,1	0,26	0,83	19,5	3,6
0,05	$0,7 \times 10^4$	$3,6 \times 10^3$	$6,4 \times 10^5$	$9,1 \times 10^3$	$3,3 \times 10^4$
% от контроля	50	5,5	73,6	21,2	106,4
0,01	$1,6 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4$	$8,5 \times 10^5$	$3,9 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$
% от контроля	114,3	95,4	97,7	90,7	96,8
0,005	$1,7 \times 10^4$	$6,7 \times 10^4$	$9,1 \times 10^5$	$4,5 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$
% от контроля	121,4	103,1	104,6	104,6	93,5
0,001	$1,5 \times 10^4$	$6,3 \times 10^4$	$8,9 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$
% от контроля	107,1	105	102,3	97,7	103,2

Таблица 3.1. Влияние профлавина на БПК₅ (мгО₂/л) в предварительном опыте

Концентрация профлавина в мг/л	БПК ₅ в день начала опыта	% от контроля	БПК ₅ на 5 сутки опыта	% от контроля
1,0	3,8	71	3,1	193
0,5	4,0	79	2,7	168
0,1	4,2	79	2,2	137
0,05	5,5	103	1,5	94
0,01	5,1	96	1,7	106
Контроль	5,3	100	1,6	100

3.2. Влияние профлавина на БПК₅

Как и при исследовании метиленового синего опыты с профлавином проводились в двух сериях с различающейся продолжительностью. В предварительном опыте были взяты следующие концентрации профлавина 1,0; 0,5; 0,1; 0,05 и 0,001 мг/л.

Изменение БПК₅ исследовалось в растворах токсиканта сразу после постановки опыта и на 5 сутки после постановки опыта. Результаты исследований даны в табл. 3.1.

Выделенные жирным шрифтом значения, статистически достоверно отличающиеся от контроля по критерию Стьюдента ($P \leq 0,05$)

Анализ результатов, приведенных в таблице, свидетельствует о том, что вещество в концентрациях 0,1 мг/л и выше в первый день опыта достоверно снижает БПК₅ и выступает как токсикант для гетеротрофных бактерий. При экспозиции растворов на свету в течение 5 дней угнетение потребления кислорода сменяется стимуляцией, и в склянках для определения БПК отмечается повышенное потребление кислорода. Регрессионной интерполяцией

установлена пороговая концентрация, вызывающая отклонение БПК более чем на 20%, она составляет 0,08 мг/л.

Концентрации 0,05 и 0,01 мг/л на первый и пятый день после постановки опыта не вызывают статистически достоверных отклонений показателя БПК₅ по сравнению с контролем.

С учетом этих результатов было поставлено более длительное испытание (данные о влиянии различных концентраций профлавина на изменение БПК₅ даны в табл. 3.2).

Изменение БПК₅ исследовали в растворах фототоксиканта сразу после постановки опыта, в первые сутки, третьи, пятые и на 7 сутки при тех же концентрациях профлавина, что и в предварительном опыте.

Шрифтом выделены значения показателя, достоверно отличающиеся от контроля ($P \leq 0,05$; $t_{st} = 2,1$)

Анализ результатов, приведенных в таблице, показывает, что профлавин в концентрациях от 0,1 и выше оказывает существенное, статистически достоверное влияние на процесс БПК₅. Экспозиция растворов на свету

Таблица 3.2. Влияние профлавина на БПК₅ (мг/л O₂)

Концентрации профлавина (мг/л)	Срок, сутки				
	0	1	3	5	7
1,0	3,8	3,5	3,7	3,1	2,1
% от контроля	73	71,4	119,3	163,1	131,2
0,5	4,0	4,8	4,9	2,7	1,6
% от контроля	77	98	158	142,1	100
0,1	4,2	4,5	4,6	2,2	1,4
% от контроля	21	91,8	148,4	115,8	87,5
0,05	5,5	4,9	3,3	1,5	1,6
% от контроля	105,8	100	106,4	79	100
0,01	5,1	5,2	2,8	1,7	1,3
% от контроля	98,1	106,1	90,3	89,5	81,2
Контроль	5,2	4,9	3,1	1,9	1,6

Таблица 3.3. Изменение количества микроорганизмов в 1 мл прудовой воды при действии профлавина

Концентрация профлавина (мг/л)	Срок, сутки				
	0	1	3	5	7
Контроль	1,4x10 ⁴	6,5x10 ⁴	8,7x10 ⁵	4,3x10 ⁴	3,1x10 ⁴
% от контроля	100	100	100	100	100
1,0	4,2x10 ³	1,9x10 ²	7,6x10 ⁴	8,8x10 ³	3,1x10 ³
% от контроля	30	0,3	8,7	20,5	10
0,5	1,6x10 ⁴	3,6x10 ³	6,4x10 ⁵	9,1x10 ³	3,2x10 ⁴
% от контроля	114,3	5,5	73,6	211,6	103,2
0,1	1,4x10 ⁴	7,0x10 ⁴	8,3x10 ⁵	4,1x10 ⁴	3,2x10 ⁴
% от контроля	100	107,7	95,4	93,2	103,2
0,05	1,7x10 ⁴	6,8x10 ⁴	9,1x10 ⁵	4,0x10 ⁴	2,8x10 ⁴
% от контроля	121,4	104,6	104,6	93	90,3
0,01	1,5x10 ⁴	6,0x10 ⁴	9,0x10 ⁵	4,4x10 ⁴	3,3x10 ⁴
% от контроля	93,3	92,3	103,4	102,3	106,5

в течение 7 дней приводит к исчезновению угнетающего эффекта, что, очевидно, связано с деградацией вещества в растворах. При концентрации 0,1 мг/л угнетение переходит к стимуляции, что может быть обусловлено присутствием дополнительного органического вещества, переставшего быть токсичным.

За максимально допустимую, не вызывающую изменений процесса БПК₅ следует рекомендовать концентрацию 0,05 мг/л.

3.2.2. Влияние растворов профлавина на динамику роста гетеротрофных бактерий

Численность сапрофитных бактерий, определяемых по количеству колоний, выросших на МПА после инкубации в термостате, подсчитывали в день постановки опыта, а также на 1, 3, 5 и 7 сутки. Данные о влиянии профлавина на численность сапрофитных бактерий представлены в табл. 3.3.

Отличие от контроля достоверно (выделено жирным шрифтом) ($P \leq 0,05$; $t_{ст} = 2,45$)

Профлавин в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л вызывает подавление роста сапрофитных бактерий. При концентрации профлавина 1,0 мг/л отмечается угнетение прироста сапрофитных бактерий на протяжении всего опыта. При концентрации 0,5 мг/л ингибирование роста бактерий и бактерицидные свойства фотосенсибилизатора проявляются в течение пяти дней. Более низкие концентрации профлавина не влияют на динамику роста сапрофитных бактерий.

За допустимую концентрацию, не влияющую на количество микроорганизмов в растворах профлавина, следует принять 0,1 мг/л.

Заключение

Таким образом, сравнительный анализ токсичности метиленового синего и профлавина при фотодинамиче-

ском воздействии показывает, что метиленовый синий при меньших концентрациях, чем профлавин проявляет фототоксичность для сапрофитных бактерий в воде из природного водоема (допустимая концентрация для метиленового синего по таким показателям как изменение БПК₅ и прирост бактерий в мл прудовой воды оказались одинаковой, равной 0,01 мг/л, а для профлавина соответственно 0,05 и 0,1 мг/л). С точки зрения фототок-

сичности веществ для обеззараживания воды в больших объемах экономически выгодно применять метиленовый синий. Оба исследованных фотосенсибилизатора могут воздействовать на гетеротрофных бактерий при достаточно низких концентрациях, что является также одним из преимуществ из применения в фотодинамическом обеззараживании и очистки воды от биологического загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снегирев Д.В., Карпина Т.А. Перспективность использования профлавина ацетата для обеззараживания воды в отношении колифагов в условиях естественного микробиоценоза поверхностных водоемов// Перспективы науки. № 7 (58), 2014. С. 15–18.
2. Шабанов П.Д. Антисептики нового поколения, фармакология катапола и родственных соединений// Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2002, Т. 1, № 2, С. 64–72.
3. Drabkova M., Marsalek B., Admiraal W. Photodynamic therapy against cyanobacteria// Environ Toxicol. 22 (1): 2007. 112–115.
4. Kussovski V. K., Hristov A. E., Radoucheva T. S. (). Proflavine-mediated inactivation of Salmonella dublin exposed to visible sunlight in natural fresh water// Microbios. 105 (411): 2001, p. 119–125.
5. Кузнецова Н.А., Калия О.Л. Фотодинамическое обеззараживание воды// Химический журнал. Том: LVI. № 2, вып. 1, 2013. С. 100–109.
6. Ипатова В. И., Прохощая В. Ю., Дмитриева А. Г. Исследование токсичности веществ — сенсбилизаторов фотодинамического обеззараживания водной среды в двух-видовой тест-системе // Материалы Международной научной конференции Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод России: проблемы и пути решения. — Ростов-на-Дону, 2010. — С. 86–92.
7. Оганесова Е.В., Филенко О. Ф. Сравнительная токсичность азиновых красителей для брюхоногих моллюсков *Planorbis corneus* // Токсикологический вестник, № 6, 2012, С. 43–48.
8. Филенко О.Ф., Исакова Е. Ф., Самойлова Т. А., Гершкович Д. М. Действие тиазинового красителя метиленового синего на дафний. //Токсикологический вестник, № 5, 2011. С. 53–56.
9. Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1998, 145 с.
10. Платонов А. Е. Статистический анализ в медицине и биологии. Задачи, терминология, логика, компьютерные методы. М.: РАМН, 2000. 51 с.

© Пурцхванидзе Виолетта Александровна, Симаков Юрий Георгиевич (usimakov@yandex.ru), Баткаева Надежда Владимировна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ЛЧМ «ЛИДАР» ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

CHIRP «LIDAR» TO SCAN A SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE

**Yu. Volkov
G. Kuligin
D. Leonov
P. Shishkov**

Summary. The article provides an overview of and solution to the problems of atmospheric sounding (ground layer) for the presence of micron and submicron particles. The main task of designing the transmitting and receiving systems chirp lidar. Developed the required software for managing digital oscilloscope with subsequent mathematical processing of the received data.

Keywords: lidar sounding, range finder, lidar, laser radar, laser, radiation pattern of Rayleigh scattering.

Волков Юрий Анатольевич

Магистрант, Московский технологический
университет (МГУПИ)
volkovuanot11@gmail.com

Кулигин Глеб Геннадьевич

Магистрант, Московский технологический
университет (МГУПИ)
G.g.kuligin@gmail.com

Леонов Дмитрий Алексеевич

Магистрант, Московский технологический
университет (МГУПИ)
diki00@yandex.ru

Шишков Петр Олипович

К.ф.-м.н., доцент, Московский технологический
университет (МГУПИ)
kafep1@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен обзор и решение проблемы атмосферного зондирования (приземного слоя) на наличие микронных и субмикронных частиц. Определены основные задачи проектирования передающей и принимающей систем ЛЧМ лидара. Разработано необходимое программное обеспечение для управления цифровым осциллографом с последующей математической обработкой полученных данных.

Ключевые слова: лидарное зондирование, дальномер, лидар, лазерный радар, лазер, диаграмма направленности, релеевское рассеяние.

В последнее время все больше внимания уделяется изучению экологического состояния Земли путем мониторинга окружающей среды. Большая часть существующих ранее методик по изучению состава воздуха в том или ином промышленном районе была основана на традиционных контактных способах, имеющих ряд ограничений. К примеру, мониторинг загрязнения огромных пространств проводился только в приземном слое, из-за чего было невозможно определить источники выброса вредных веществ в промышленном районе и т.д.

Решить задачу дистанционного обнаружения источников выбросов вредных веществ в атмосферу позволяют лидары.

Лидар (транслитерация LIDAR англ. *Light Detection and Ranging* — световое обнаружение и определение дальности) — технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света или его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.

При дистанционном зондировании атмосферы молекулы газов и аэрозоли являются причиной ослабления проходящего через нее излучения. Часть излучения рассеивается в обратном направлении (в сторону приемника лидара) на аэрозольных частицах, либо отражается от объектов или специально установленных экранов. Это излучение с помощью приёмной оптики собирается и направляется на фотодетектор, который преобразует его в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности принятого оптического излучения.

ЛЧМ модуляция отвечает за модуляцию мощности по времени, что выгоднее и проще других видов модуляции, возможных для применения в лидарном устройстве данного типа. Для зондирования с высоким пространственным разрешением требуется сигнал, имеющий дельта-подобную (функция Дирака) автокорреляционную функцию. Одним из видов подобного сигнала и является ЛЧМ.

Для решения поставленной задачи был проработан вариант использования оптической системы источника под 2 типа источников излучения с разной расходимостью и разными длинами волн светодиод и лазерный

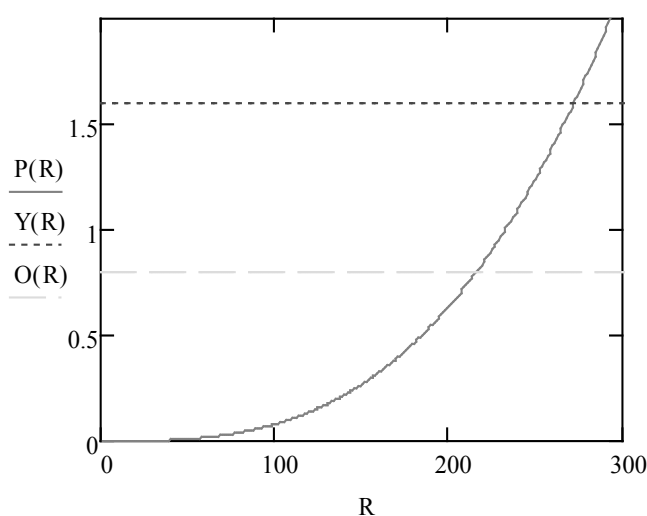
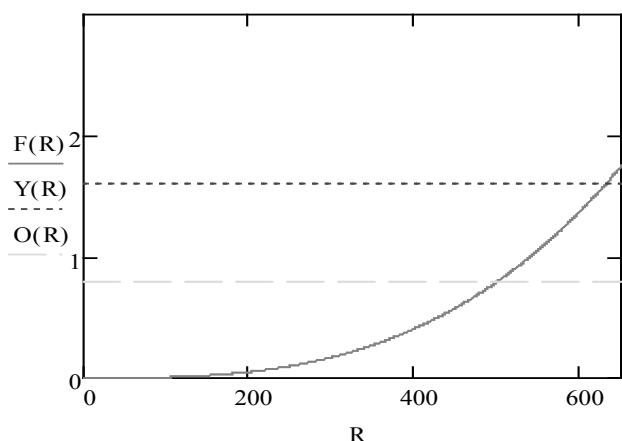


Рис. 1(а,б). Минимальная требуемая мощность для излучения на определенную высоту при заданных условиях

диод. Светодиод показал свою неэффективность в первую очередь по временным характеристикам — минимальное время одного импульса составляет 2 мкс, что исключает возможность зондирования микронных и субмикронных на километровой дистанции в условиях ЛЧМ, ввиду малого разрешения по дальности.

В результате чего принято решение о выборе лазерного диода в качестве источника излучения. В рамках данной работы, для решения поставленной задачи был выбран лазерный диод (ЛД) ф. ORSAM модель PL TB450B.

Данный выбор обусловлен несколькими факторами:

- ◆ стоимость данного ЛД самая оптимальная на рынке из доступных частному лицу по соотношению цена/мощность;
- ◆ выбор длины волны излучения (450нм) опирается на наилучшее отражение от микронных и субмикронных частиц с наилучшим рассеиванием в атмосфере, при мощности достаточной чтобы рассеянный отраженный свет вернулся на частицу. Аналогично общеизвестному физическому явлению «релеевское рассеяние», на частицах происходит рассеяние Ми;
- ◆ при мощности излучения равной 1,6 Вт позволяет исследовать заданный техническим заданием (далее — ТЗ) приземной слой атмосферы до 500 метров.
- ◆ экспериментально подтверждена возможность излучать импульсы длительностью 25 нс и менее, с фронтом не хуже 7 нс (исследования производились на германиевом лавинном фотоприемнике, выступающим в качестве приемника лазерного излучения).

При эксплуатации прибора следует учитывать, в том числе, зависимость излучаемой мощности и направления излучения на дальность при расположении источника (рис. 1) перпендикулярно (а) и параллельно (б) приемнику излучения. Зеленая прямая соответствует использованию источника излучения при значении мощности равной 800 мВт (50% от максимально допустимой), что продлевает его долговечность и отказоустойчивость. Синяя прямая соответствует использованию источника на полную мощность, равную 1,6 Вт, что дает прирост исследуемого расстояния на 100 м.

Из-за конструктивных особенностей прибора и расчета на 400–500 метровую высоту обнаружения частиц — следует учесть, что для замеров малых высот прибор не годится ввиду выходного пучка с малой расходимостью. При мощности 800 мВт можно начинать проводить измерения от 3 м над прибором. При малых высотах рекомендуется использовать приборы, улавливающие частицы контактным методом.

Передающая система осветителя, основанная на стекле марки К8, по перевернутой телескопической системе Галилея, по результатам моделирования в среде OSLO (рис. 2) имеет следующие параметры (таблица 1).

Линейно-частотная модуляция применяется в качестве способа формирования и обработки зондирующего импульса. Она имеет ряд преимуществ:

- ◆ применение ЛЧМ-сигнала позволяет повысить точность измерений в локации;
- ◆ позволяет упростить оцифровку локационных данных;

Таблица 1

Параметры отрицательной линзы:	Параметры положительной линзы
$D_{л1} = 35$ мм	$D_{л2} = 130$ мм
$f_1' = 60$ мм	$f_2' = 230$ мм
$r1 = -62$ мм	$r1 = -119$ мм
$r2 = 62$ мм	$r2 = \infty$
$t = 8$ мм	$t = 15$ мм

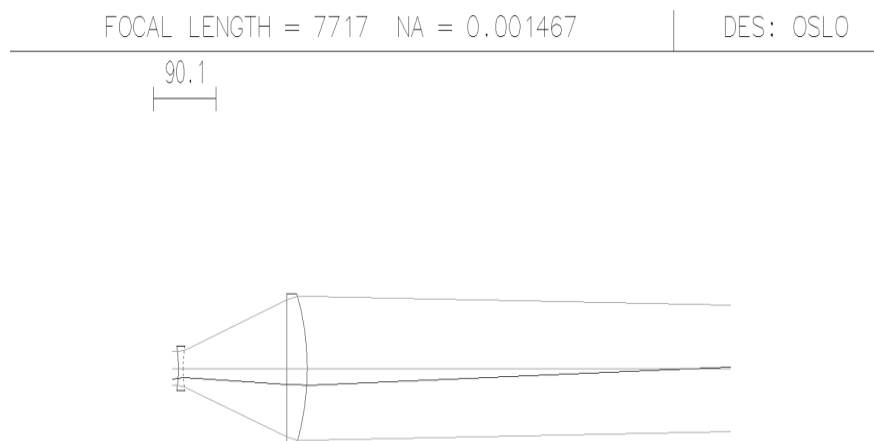


Рис. 2. Результат моделирования передающей оптической системы

- ◆ ЛЧМ-сигнал на частоте модуляции из-за широкой полосы частот можно оцифровать, используя аналого-цифровые преобразователи;
- ◆ высокая средняя мощность в отличие от импульсных лазеров с высокой импульсной пиковой мощностью при малой средней мощности;
- ◆ большой диапазон перестройки;
- ◆ преимущества за счет накопления мощности импульса;
- ◆ возможность варьировать параметрами сигнала;
- ◆ возможность варьировать скоростью модуляции.

Для иллюстрации приведем типичные параметры импульсного лазера лидара.

При длительности импульса $\tau=60$ нс, энергии единичного импульса $Q=0,01$ Дж и частоте повторения $t=20$ с средняя мощность составляет:

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q}{t} = \frac{0,01 \text{ Дж}}{2 * 10^{-1}} = 0,5 \text{ мВт};$$

Импульсная мощность составляет:

$$P_{\text{имп}} = \frac{Q}{\tau} = \frac{0,01 \text{ Дж}}{6 * 10^{-8}} = 166 \text{ кВт}.$$

Таким образом, доказана целесообразность использования линейно-частотной модуляции и лазерного диода в квазинепрерывном режиме в качестве источника излучения, что в свою очередь значительно дешевле аналогичных приборов с импульсными мощными лазерами.

При создании приборов для измерения загрязняющих газовых и аэрозольных веществ в атмосфере в первую очередь учитываются такие параметры, как размеры частиц, точность измерения, стабильность работы.

Немаловажными параметрами являются габариты прибора и простота конструкции. Зная эти особенности, можно добиться полной отдачи от прибора, избегая лишних затрат. Структурная схема разработанного прибора представлена на рисунке 3.

Для анализа данных, получаемых с приемника ЛЧМ лидара, используется программируемый цифровой осциллограф BordoB-421, со специально разработанным программным обеспечением.

Управление осциллографом осуществляется при помощи персонального компьютера с предустановленной средой обработки и программирования Labview, в которой реализованы:

- ◆ интерфейс управления осциллографом;
- ◆ математическая обработка получаемого сигнала;

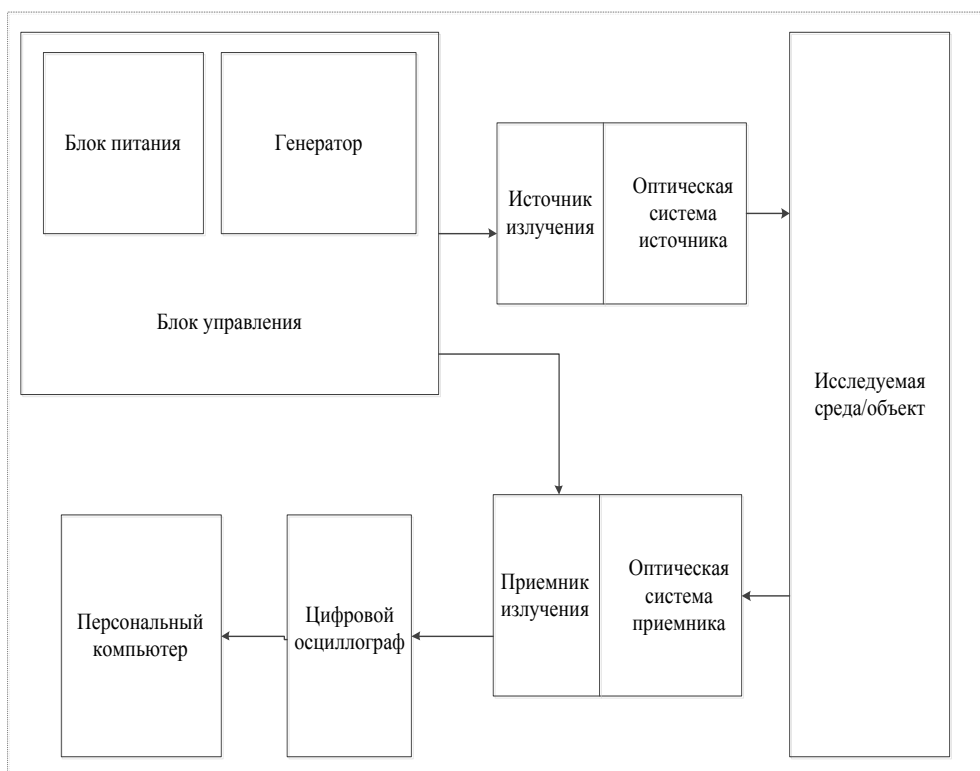


Рис. 3. Структурная схема ЛЧМ-лидара

- ♦ окно вывода данных на экран.

По результатам расчетов, исследований и моделирования можно сделать следующие выводы:

- ♦ подобранный источник излучения для разработанного ЛЧМ лидара при мощности излучения лазерного диода 1,6 Вт позволяет исследовать приземный слой на дистанции до 600 метров;

- ♦ реализация ЛЧМ в данном приборе является наиболее простой и наименее трудозатратной среди аналогичных приборов;
- ♦ преимуществом разработанного прибора является наличие пространственно — частотной выборки;
- ♦ расчетная себестоимость разработанного прибора не превышает 300000 р.

ЛИТЕРАТУРА

1. Френкс Л. Теория сигналов. Нью-Джерси, 1969 г. Пер. с англ., под ред. Д. Е. Вакмана. М., «Сов. Радио», 1974, 344 с.
2. И.В. Бойченко М. Ю. Катаев А. И. Петров Распределенная информационная система автоматизации обработки данных лидарного зондирования.
3. Захаров В. М. Метеорологическая лазерная локация / В. М. Захаров, О. К. Костко. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1977. — 222 с.
4. Кашеев Б. Л. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли / Под общ. ред. Б. Л. Кашеева, Е. Г. Прошкина, М. Ф. Лагутина. — Харьков: Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники; Бизнес Информ, 2002. — 426 с.
5. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы. Учебное пособие. 1-е изд./ Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г. / — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 287 с.
6. Лазерное зондирование атмосферы [http://all4study.ru/— Образовательный блог «Все для учебы»].
7. Коханенко Г.П., Макогон М. М. Мобильный сканирующий флуоресцентно-аэрозольный лидар «ФАРАН-М1» / Фотоника, 2010 г. — 50–53с.
8. Развитие лазерных технологий в проблеме дистанционного зондирования атмосферы / Г. М. Креков, Г. Г. Матвиенко/ Оптика атмосферы и океана, 2010.
9. Лазерный контроль атмосферы /под ред. Э. Д. Хинкли—М.: Изд-во Мир, 1979г-416 с.
10. Сборка и юстировка оптических приборов/ А. Н. Бардин — М.: Высшая школа, 1967 г,—328 с.
11. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ.-Изд. 2-е.-М.: Издательство БИНОМ. — 2014.-704с., ил.

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СПУТНИКОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ С МОДУЛЯЦИЕЙ M-APSK ПРИ УЧЕТЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

NOISE IMMUNITY ANALYSIS FOR M-APSK SIGNALING OVER SATELLITE LINK WITH NONLINEAR DISTORTIONS

V. Nosov
S. Degtyarev

Summary. This paper represents the calculation technique of noise immunity and optimal satellite amplifier's operation mode in case of M-APSK signals transmission. The developed algorithm allows automated computation of optimal decision areas for every signal point of M-APSK constellations of different orders. The calculation of nonlinear phase and amplitude distortions implemented according the Saleh nonlinearity model, one of the approximation models for amplitude and amplitude-phase amplifier's characteristics. As a result, the developed technique allows to estimate the optimal OBO (output back-off) value, which provides the best trade-off between compensation of the nonlinearity and signal-to-noise ratio decrease.

Keywords: satellite communication systems, M-APSK, nonlinear distortions, noise immunity.

Носов Владимир Иванович

Д.т.н., профессор

Дегтярев Станислав Сергеевич

Аспирант

ssd1085@gmail.com

Аннотация: В статье представлена методика расчёта помехоустойчивости приёма сигналов M-APSK. Методика позволяет осуществить автоматизированный подсчёт оптимальных областей принятия решения для каждой сигнальной точки созвездий M-APSK разной позиционности. Расчёт нелинейных искажений фазы и амплитуды сигнала осуществляется в соответствии с моделью нелинейности Салеха, одного из вариантов аппроксимации амплитудной и амплитудно-фазовой характеристик усилителей мощности. В результате методика позволяет вычислить оптимальное значение OBO (снижения уровня мощности на выходе усилителя), при котором обеспечивается компромисс между компенсацией нелинейных искажений и снижением отношения сигнал/шум.

Ключевые слова: системы спутниковой связи, M-APSK, нелинейные искажения, помехоустойчивость.

Введение

Схемы модуляции M-APSK применяются в большинстве стандартов цифровой спутниковой связи (DVB-S2, DVB-S2X, DVB-SH) [1], обладая высокой спектральной эффективностью. Схемы M-APSK обладают высокой устойчивостью к нелинейным искажениям. Учитывая постоянное увеличение требуемой пропускной способности спутниковых линий связи, особую актуальность приобрели многопозиционные схемы модуляции. В стандарте цифрового вещания DVB-S2X применяются схемы с позиционностью до 256.

В [2] были исследованы возможности оптимизации мапирования сигнальных точек (СТ) созвездий M-APSK по евклидовому расстоянию. Однако, в [2] не был рассмотрен процесс оптимизации границ областей принятия решения. Области принятия решения определяют граничные значения синфазной и квадратурной составляющих сигнала для каждой СТ созвездия. Их оптимизация позволяет достичь значительного увеличения помехоустойчивости. Исследование возможности использования генетических алгоритмов для решения задач оптимизации областей принятия решения и мапирования сигнального созвездия 64-APSK представлено в [3]. Однако, следует отметить ряд су-

щественных недостатков таких алгоритмов. Решение является оптимальным лишь по отношению к другим полученным решениям, т.е. невозможно получить абсолютно оптимальное решение и остановить выполнение алгоритма. Генетические алгоритмы имеют тенденцию сходиться к локальному оптимуму, что может привести к результату, значительно отличающемуся от реального оптимума.

В [4] рассмотрена методика оптимизации созвездий M-APSK при учёте влияния на помехоустойчивость аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ) и фазового шума. Важным фактором, оказывающим существенное влияние на помехоустойчивость приёма сигналов M-APSK и других сигналов с квадратурным представлением, является паразитная амплитудная модуляция (АМ), возникающая при ограничении полосы частот на передаче. Данный фактор не был рассмотрен в [4]. Кроме того, данная паразитная АМ дополнительно подвергается искажению из-за преобразования АМ/АМ в усилителе мощности на передаче.

В этой работе представлено исследование влияния на помехоустойчивость приёма сигналов M-APSK нелинейности амплитудной (АХ) и амплитудно-фазовой (АФХ) характеристик усилителя мощности (УМ) спутни-

кового ретранслятора. В качестве модели нелинейности выбрана модель Салеха, обобщающая характеристики большинства транзисторных УМ. Из-за свойств нелинейных преобразований АМ/АМ и АМ/ФМ в УМ как амплитуда, так и фаза сигнала подвергаются искажениям. Это приводит к уменьшению расстояния ошибок, из-за чего увеличивается вероятность попадания СТ на приеме в область принятия решения другой СТ.

По причине ограниченного ресурса мощности спутникового ретранслятора рабочая точка УМ выбирается как можно ближе к зоне насыщения АХ. Метод back-off позволяет значительно скомпенсировать нелинейные эффекты, наиболее выраженные в зоне насыщения АХ УМ, путём переноса рабочей точки в линейную область АХ. При этом отношение сигнал/шум на приеме уменьшается на соответствующее значение. Таким образом, можно вычислить оптимальное значение *ОВО* (output back-off), обеспечивающее компромисс между компенсацией нелинейных эффектов и снижением отношения сигнал/шум. Это значение можно определить для схем модуляции разной позиционности.

В ходе исследования разработана методика анализа помехоустойчивости приема сигналов М-APSK. Разработанный алгоритм позволяет осуществить автоматизированный подсчет оптимальных областей принятия решения для каждой СТ созвездий М-APSK, а затем выбор оптимального значения *ОВО* для заданных параметров созвездия.

1. Общие положения

1.1. Сигнальное созвездие М-APSK

Сигнальное созвездие М-APSK состоит из концентрических окружностей, на которых равномерно распределены СТ. Сигнал М-APSK может быть представлен в виде:

$$U_s(t) = A_i(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_j(t)), \quad (1)$$

где $A_i(t)$ — дискретные значения амплитуды; $\varphi_j(t)$ — дискретные значения фазы, которая может принимать одно из фиксированных значений $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_M$, находящихся в пределах от нуля до 2π :

$$\varphi_j(t) = \frac{2\pi k}{M_i}, \quad k = 1, 2, \dots, M_i,$$

где k — равновероятные значения фаз; M_i — число точек на окружности с радиусом $A_i(t)$. На рис. 1 представлено созвездие 32-APSK с показанными границами областей принятия решения для каждой СТ.

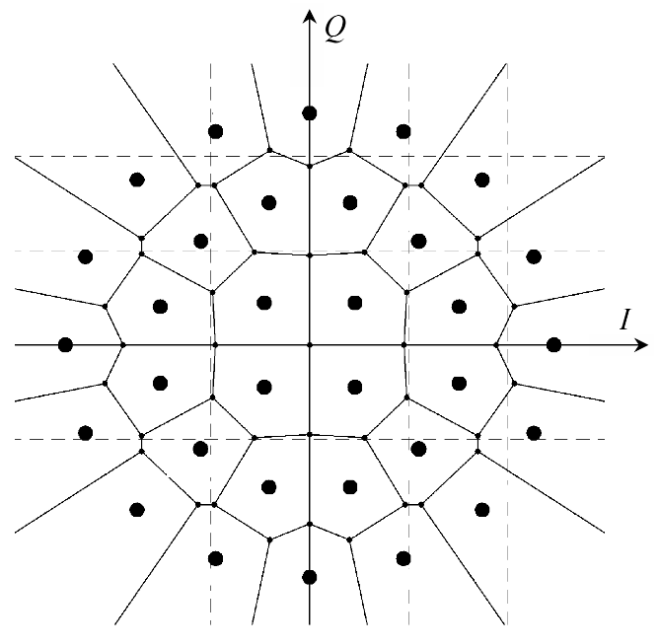


Рис. 1. Созвездие сигнальных точек модуляции 32-APSK

Границы областей принятия решения на рис. 1 выбраны таким образом, что равноудалены от прилегающих к границе СТ.

1.2. Ограничение полосы частот на передаче

Наличие скачков фазы на границах символов модуляции приводит к скачку частоты в момент смены фазы $\Delta\omega(t) = d\varphi(t)/dt$. Полосовой фильтр (ПФ) на выходе модулятора ограничивает такие скачки, изменяя характеристику сигнала в частотной области. В соответствии с парой преобразований Фурье это приводит к изменению характеристики сигнала во временной области — уменьшению амплитуды сигнала во временном интервале, примыкающем к моменту скачка фазы. Таким образом, возникает паразитная АМ, подверженная при усилении искажению из-за нелинейности АХ усилителя. Эта паразитная АМ приводит к значительному снижению помехоустойчивости приема.

1.3. Нелинейный канал

АХ и АФХ большинства УМ могут быть с высокой точностью аппроксимированы при помощи модели нелинейности Салеха [5]. Для аппроксимации характеристик используются функции с параметрами:

$$M(\rho) = \frac{\alpha_m \cdot \rho}{1 + \beta_m \cdot \rho^2},$$

$$\Phi(\rho) = \frac{\alpha_\phi \cdot \rho^2}{1 + \beta_\phi \cdot \rho^2}, \quad (2)$$

где ρ — нормированная относительно максимально-го значения амплитуда входного сигнала; α_m и β_m — параметры характеристики АМ/АМ; α_ϕ и β_ϕ — параметры характеристики АМ/ФМ.

Для компенсации нелинейных эффектов применяется метод Back-off. Его суть заключается в том, что рабочая точка УМ переносится в линейную область АХ. В этом случае снижается мощность на выходе УМ, а следовательно, и отношение сигнал/шум на приеме. В [6] показано влияние на требуемое отношение сигнал/шум эффекта снижения мощности (*OBO*) и потерь из-за нелинейности характеристик УМ (*D*):

$$\frac{E_b}{N_0}(OBO) = \frac{E_b}{N_0} \Big|_{sat} + OBO + D(OBO), \quad (3)$$

где $E_b/N_0|_{sat}$ — требуемое отношение энергии бита к спектральной плотности мощности шумов на входе демодулятора при работе УМ в режиме насыщения (без учёта нелинейных искажений), дБ; *OBO* — снижение мощности сигнала на выходе УМ относительно максимальной мощности выходного сигнала при работе в режиме насыщения, дБ; *D* — снижение отношения E_b/N_0 из-за нелинейных эффектов, дБ.

2. Определение вероятности ошибки

2.1. Вероятность ошибки приёма М-APSK для канала с АБГШ

Рассмотрим вариант передачи сигнала 32-APSK в канале с АБГШ. Зададим исходные параметры созвездия сигнальных точек, использующиеся в стандарте DVB-S2 [1]: число окружностей $N = 3$; число точек на окружно-

стях от внутренней до внешней соответственно $M_0 = 4$, $M_1 = 4$, $M_2 = 16$; сдвиг фазы окружностей относительно синфазной оси $\phi_0 = \pi/4$, $\phi_1 = \pi/12$, $\phi_2 = 0$; относительный радиус окружностей $P_0 = 1$, $P_1 = 2.84$, $P_2 = 5.27$.

Используя исходные данные, определим значения фазы и нормированной амплитуды сигнала для каждой СТ созвездия — ϕ_i и A_i . Индекс i обозначает номер СТ, нумерация начинается с внутренней окружности созвездия, с точки с минимальным значением фазы и ведётся против часовой стрелки. Модуляция М-APSK является квадратурной. Каждый символ модуляции представляет из себя сумму двух составляющих — синфазной I и квадратурной Q . Каждая из этих составляющих впоследствии модулируется несущими колебаниями, сдвинутыми по фазе относительно друг друга на $\pi/2$:

$$S(t) = I(t) \cos(\omega_0 t) + Q(t) \sin(\omega_0 t), \quad (4)$$

где ω_0 — несущая частота. По значениям амплитуды и фазы сигнала для СТ можно вычислить значения синфазной и квадратурной составляющих для данной СТ:

$$I_i = A_i \cdot \cos(\phi_i), \quad Q_i = A_i \cdot \sin(\phi_i). \quad (5)$$

Вероятность ошибочного приёма сигнала может быть определена как вероятность выхода СТ на приём за пределы своей области принятия решения. То есть значения I и Q составляющих должны быть изменены настолько, чтобы определяемая данными значениями СТ на плоскости лежала за пределами области принятия решения исходной передаваемой СТ. Учитывая природу АБГШ, можно представить распределение вероятности попадания СТ в ту или иную область как поверхность двумерного нормального распределения над плоскостью IQ . Случайными величинами (СВ) такого распределения выступают значения I и Q составляющих СТ на приёме. Математические ожидания по синфазной и квадратурной осям соответствуют исходному положению СТ. Так как эти СВ не коррелируют, выражение плотности распределения можно получить из произведения частных распределений:

$$z(x, y, m_x, m_y) = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \exp\left(\frac{-(x - m_x)^2 - (y - m_y)^2}{2 \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}\right), \quad (6)$$

где x и y — СВ; m_x и m_y — математические ожидания, σ_x и σ_y — среднеквадратические отклонения (СКО) СВ x и y соответственно. В соответствии с природой АБШГ СКО данных СВ равны: $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$. Величина СКО связана с отношением сигнал/шум (*SNR*, дБ) для сигнала с единичной амплитудой соотношением: $\sigma = 10^{-SNR/10}$.

Для вычисления вероятности попадания СТ на приём в область принятия решения исходной СТ следует отыскать

объем, ограниченный снизу плоскостью IQ , сверху — поверхностью (6), по синфазной и квадратурной осям — границами области принятия решения. На рис. 2 представлен вид трехмерной фигуры, объем которой необходимо вычислить на примере одной из СТ. Объем такой фигуры можно найти через интеграл по трем координатам — I , Q и z . Так как каждая из областей принятия решения различных СТ в общем случае представляет из себя неправильный многоугольник, целесообразно разделить области

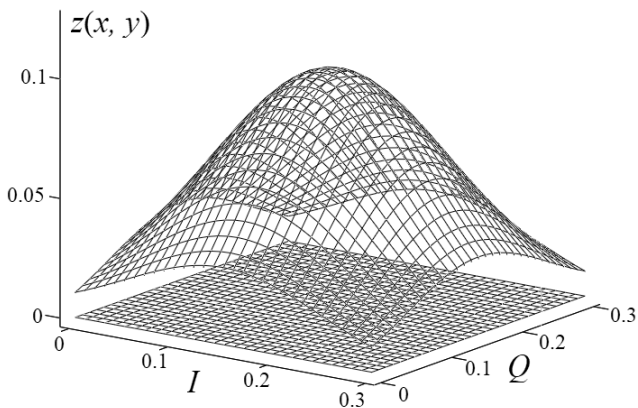


Рис. 2. Распределение вероятности появления сигнальной точки внутри области принятия решения на приёме

на сегменты, ограниченные по координате I точками пересечения границ области, по Q — прилегающими к данным точкам границами, по z — плоскостью IQ и поверхностью (6). Затем по полученным сегментам можно вычислить интеграл. На рис. 3 показан принцип такого сегментирования для области принятия решения одной из СТ.

$$P(x_1, x_2, A_1, A_2, B_1, B_2, m_x, m_y) = \int_{x_1}^{x_2} \int_{A_1 \cdot x + B_1}^{A_2 \cdot x + B_2} \int_0^{z(x, y, m_x, m_y)} dx dy dz, \quad (7)$$

где x_1 и x_2 — границы сегмента по оси I ; A_1, B_1, A_2, B_2 — параметры границ области принятия решения, ограничивающих сегмент по оси Q ; m_x и m_y — математические ожидания, в данном случае равные соответственно I и Q составляющим исходной СТ.

Значения A_1, B_1, A_2, B_2 для каждой из границ на сигнальном созвездии можно получить, учитывая условие равноудалённости каждой из границ областей принятия решения от прилегающих к этой границе СТ. Для соседних СТ с одинаковыми квадратурными составляющими граница областей принятия решения, строго говоря, не может быть описана как $y = Ax + B$, уравнение будет иметь вид $x = A$. В этом случае можно аппроксимировать такие прямые выражениями $y = Ax + B$, в которых параметр A будет достаточно большим. Для реализации автоматического вычисления интеграла по найденным границам целесообразно для СТ внешней окружности задать внешние границы, отстоящие от сигнального созвездия несоизмеримо далеко, поэтому, учитывая нормальное распределение шума, их наличие не будет оказывать влияния на результат. Отыскав значение (7) для каждого из сегментов области принятия решения данной СТ, можно найти вероятность ошибочного приёма данной СТ с номером i :

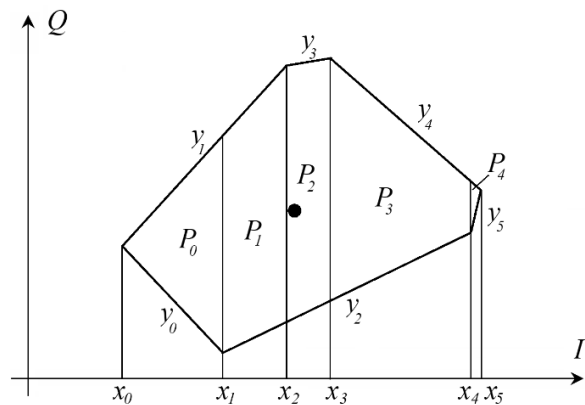


Рис. 3. Сегментация области принятия решения одной из СТ

Учитывая, что границы областей принятия решения могут быть описаны известным выражением прямой $y = Ax + B$, вероятность попадания СТ на приёме внутрь рассматриваемого сегмента области принятия решения может быть вычислена как:

$$P_{sum\ i} = 1 - \sum_{n=0}^S P_n, \quad (8)$$

где S — количество сегментов области принятия решения; P_n — вероятность попадания СТ на приёме в сегмент n области принятия решения. Учитывая равную вероятность передачи каждого из символов модуляции, можно рассчитать общую вероятность ошибки:

$$P_{err} = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M P_{sum\ i} \quad (9)$$

2.2. Вероятность ошибки приёма M-APSK для нелинейного канала с учётом ограничения полосы частот на передаче

Ограничение полосы частот сигнала на передаче приводит к возникновению провалов огибающей, величина которых зависит от величины скачка фазы между соседними символами [7]. При скачке фазы 180° наблюдается провал огибающей до нуля на стыке двух символов; при 90° — провал огибающей до значения

0.5 от исходного. Таким образом, форма огибающей сигнала на протяжении интервала данного символа зависит от того, какой символ предшествовал данному, какие фаза и амплитуда у данного символа, и какой символ последующий. Выразим форму огибающей аналитически:

$$u_1(t, i, j) = \begin{cases} \left((x_{i,j} \cdot A_i - A_j) \cdot \cos(\omega \cdot t) + x_{i,j} \cdot A_i + A_j \right) / 2 & \text{при } A_i \leq A_j, \\ \left((x_{i,j} \cdot A_j - A_j) \cdot \cos(\omega \cdot t) + x_{i,j} \cdot A_j + A_j \right) / 2 & \text{при } A_i > A_j, \end{cases}$$

$$u_2(t, i, j) = \begin{cases} \left((x_{j,k} \cdot A_j - A_j) \cdot \cos(\omega \cdot t) + x_{j,k} \cdot A_j + A_j \right) / 2 & \text{при } A_j \leq A_k, \\ \left((x_{j,k} \cdot A_k - A_j) \cdot \cos(\omega \cdot t) + x_{j,k} \cdot A_k + A_j \right) / 2 & \text{при } A_j > A_k, \end{cases}$$

где

$$x_{i,j} = \begin{cases} \left(\pi - |\varphi_i - \varphi_j| \right) / \pi & \text{при } |\varphi_i - \varphi_j| < \pi, \\ \left(|\varphi_i - \varphi_j| - \pi \right) / \pi & \text{при } |\varphi_i - \varphi_j| \geq \pi, \end{cases}$$

На рис. 4 представлена форма огибающей сигнала для случайного набора i, j, k . На оси абсцисс показано нормированное по отношению к интервалу символа T время.

Сигнал с такой огибающей поступает на УМ с характеристиками (2). Значения параметров модели Салеха, при которых характеристики наиболее близки к таковым для твердотельных спутниковых УМ [5]: $\alpha_m = 2.1587, \beta_m = 1.1517, \alpha_\phi = 4.033, \beta_\phi = 9.1040$. Здесь следует учесть величину ОВО, пересчитанную из дБ по мощности на выходе УМ в доли единицы по напряжению на входе УМ:

$$r(OBO) = \frac{2 - \sqrt{4 - 4 \cdot 10^{-0.1 \cdot OBO}}}{2 \cdot 10^{-0.05 \cdot OBO}}. \quad (11)$$

Таким образом, значения амплитуды и полной фазы сигнала (исходное значение фазы и паразитная фаза за счёт нелинейной АФХ) на выходе усилителя:

$$u_{NL}(t, i, j, k) = M \left(r(OBO) \cdot u(t, i, j, k) \right),$$

$$\varphi_{NL}(t, i, j, k) = \varphi_j + \mathcal{S} \left(r(OBO) \cdot u(t, i, j, k) \right).$$

Синфазная и квадратурная составляющие сигнала с учетом нелинейных искажений амплитуды и фазы:

$$I(t, i, j, k) = u_{NL}(t, i, j, k) \cdot \cos(\varphi_{NL}(t, i, j, k)),$$

$$Q(t, i, j, k) = u_{NL}(t, i, j, k) \cdot \sin(\varphi_{NL}(t, i, j, k)).$$

$$u(t, i, j, k) = \begin{cases} u_1(t, i, j) & \text{при } 0 \leq t \leq T/2, \\ u_2(t, j, k) & \text{при } T/2 \leq t \leq T, \end{cases} \quad (10)$$

где i — номер предшествующего символа, j — номер текущего символа, k — номер последующего символа;

Определим среднее значение I и Q составляющих на интервале символа и сравним их с исходными значениями для данной СТ:

$$I_{av}(i, j, k) = \frac{1}{T} \int_0^T I(t, i, j, k) dt,$$

$$Q_{av}(i, j, k) = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t, i, j, k) dt. \quad (12)$$

На рис. 5 приведено сравнение исходных значений I и Q составляющих СТ с имеющимися на выходе УМ, для случайных i, j, k .

Таким образом, можно рассчитать средние значения I и Q составляющих на выходе УМ для каждого из возможных вариантов i, j, k . По приведенной выше методике для каждого из этих вариантов можно рассчитать вероятность ошибки при заданных OBO и SNR . В (7) математические ожидания m_x и m_y будут соответствовать полученным для данного варианта i, j, k значениям I и Q составляющих. На рис. 6 показаны смещения СТ на приёме за счёт ограничения частоты сигнала ПФ и нелинейных искажений УМ при $OBO = 5$ дБ. Наличие АБГШ для наглядности было опущено (учитывается при расчёте).

Учитывая, что вероятность появления каждого символа одинакова, общая вероятность ошибки может быть рассчитана как среднее значение вероятности ошибки среди всех вариантов i, j, k .

Как видно на рис. 6, даже при значительном OBO смещения СТ существенны и приводят к серьезному снижению помехоустойчивости, что подтверждается расчётами. При значении $SNR = 20$ дБ и при $OBO = 5$ дБ вероятность ошибки составляет 0.26. Это доказывает необходимость иного подхода при ограничении полосы

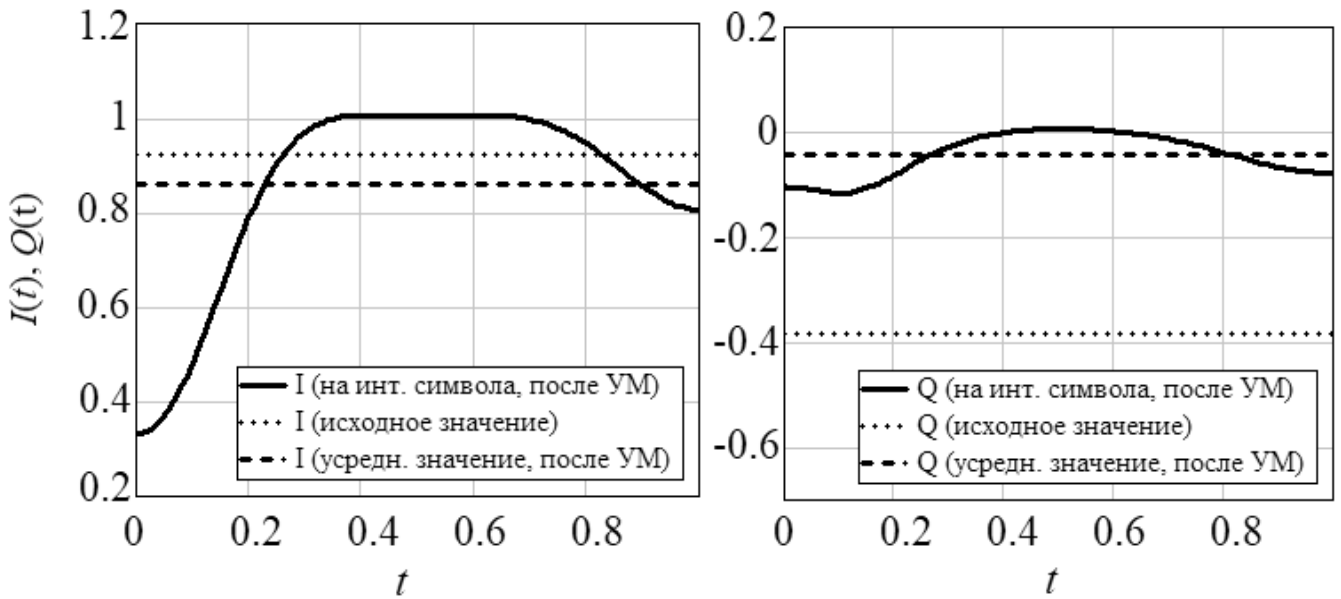


Рис. 5. Синфазная и квадратурная составляющие на выходе УМ

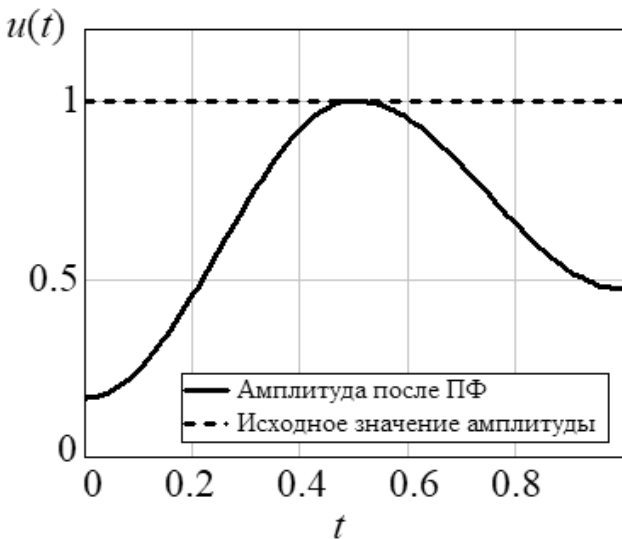


Рис. 4. Форма огибающей сигнала

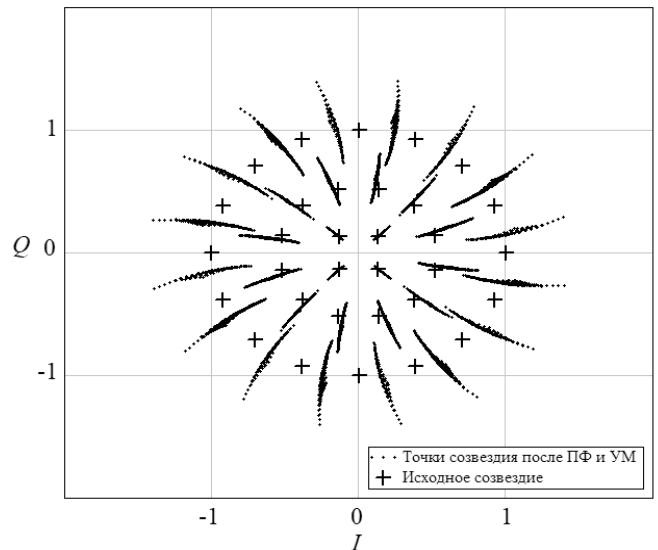


Рис. 6. Смещения СТ за счёт ограничения полосы и нелинейности

частот сигнала. Таким подходом является применение на передаче фильтра Найквиста.

2.3. Вероятность ошибки приёма M-APSK для нелинейного канала с учётом применения фильтра Найквиста

Фильтром Найквиста называется фильтр, минимизирующий межсимвольные искажения (МСИ) в моменты принятия решения. Т.к. сигналы в работе рассматрива-

ются во временной области, целесообразно рассмотреть импульсную характеристику (ИХ) фильтра:

$$h(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t = \pm \frac{T}{2 \cdot \alpha}, \\ \text{sinc}\left(\frac{\pi \cdot t}{T}\right) \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi \cdot \alpha \cdot t}{T}\right)}{1 - \left(\frac{\pi \cdot \alpha \cdot t}{T}\right)^2} & \text{при } t \neq \pm \frac{T}{2 \cdot \alpha}, \end{cases} \quad (14)$$

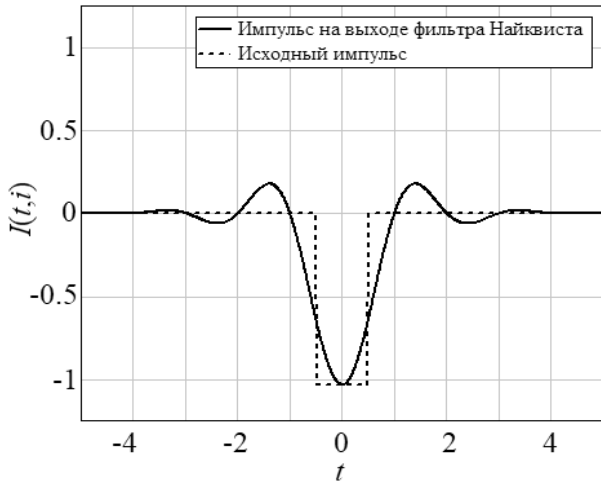


Рис. 7. Импульс на выходе фильтра Найквиста

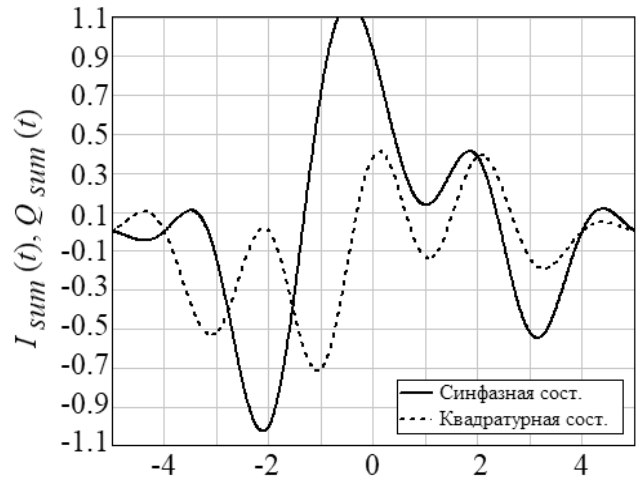


Рис. 8. I и Q составляющие мапированного сигнала на выходе фильтра

где α — коэффициент сглаживания фильтра (roll-off factor, ROF). I и Q компоненты мапированного сигнала проходят через фильтр с приведенной выше ИХ. Для получения формы сигналов на его выходе следует применить операцию свёртки ИХ и исходных импульсов:

$$I_{fil}(t,i) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \cdot I_p(t-\tau,i) \cdot d\tau,$$

$$Q_{fil}(t,i) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \cdot Q_p(t-\tau,i) \cdot d\tau, \quad (15)$$

$$I_{sum}(t,i,i1,i2,i3,i4,i5,i6) = I_{fil}(t+3T,i1) + I_{fil}(t+2T,i2) + I_{fil}(t+T,i3) + I_{fil}(t,i) + I_{fil}(t-T,i4) + I_{fil}(t-2T,i5) + I_{fil}(t-3T,i6),$$

где i — номер текущего символа; $i1, i2, i3$ — номера предшествующих символов; $i4, i5, i6$ — номера последующих символов. На рис. 8 показано изменение I и Q составляющих при переходах между случайными символами. Зная синфазные и квадратурные составляющие, можно рассчитать значения амплитуды и фазы сигнала на выходе модулятора. По аналогичной методике можно рассчитать синфазные и квадратурные составляющие сигнала на выходе УМ — $I_{sum NL}$ и $Q_{sum NL}$.

В идеальных условиях момент принятия решения будет находиться в середине интервала символа, где МСИ равны нулю. В реальности же из-за джиттера момент принятия решения может меняться. Джиттер — первая производная от задержки прохождения сигнала. Постоянная задержка сигнала не будет влиять на правиль-

где $I_p(t, i), Q_p(t, i)$ — импульсы синфазной и квадратурной составляющих мапированного сигнала для СТ с номером i , значения которых равны нулю вне пределов символьного интервала. На рис. 7 показана форма импульса компонента I на выходе фильтра Найквиста.

Чем большее число символов будет учтено при расчёте вероятности ошибки с учётом МСИ, тем более точный результат будет получен. Рассмотрим расчёт с учётом трёх предшествующих и трёх последующих символов. I и Q составляющие для различных комбинаций символов:

ность выбора момента принятия решения, т.к. может быть определена и скомпенсирована. Джиттер можно считать случайной величиной с нормальным распределением и математическим ожиданием в центре интервала символа. Если предположить, что большая часть распределения лежит внутри интервала $-T/2 < t < T/2$, то СКО $\sigma_t = T/6$ (правило трёх сигм). В итоге можно найти среднее значение каждого I и Q при всех возможных предшествующих и последующих символах с учетом нормального распределения вероятности выбора момента принятия решения на интервале символа:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp\left(\frac{-(t-m)^2}{2 \cdot \sigma_t^2}\right), \quad (16)$$

где σ_i — СКО распределения, $\sigma_i = T/6$; m — математическое ожидание, $m = 0$. Среднее значение синфазной и квадратурной составляющих при учете

предшествующих и последующих символов, а также нормального распределения выбора момента принятия решения:

$$I_{av}(i, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cdot I_{sum\ NL}(i, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6) dt,$$

$$Q_{av}(i, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cdot Q_{sum\ NL}(i, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6) dt.$$

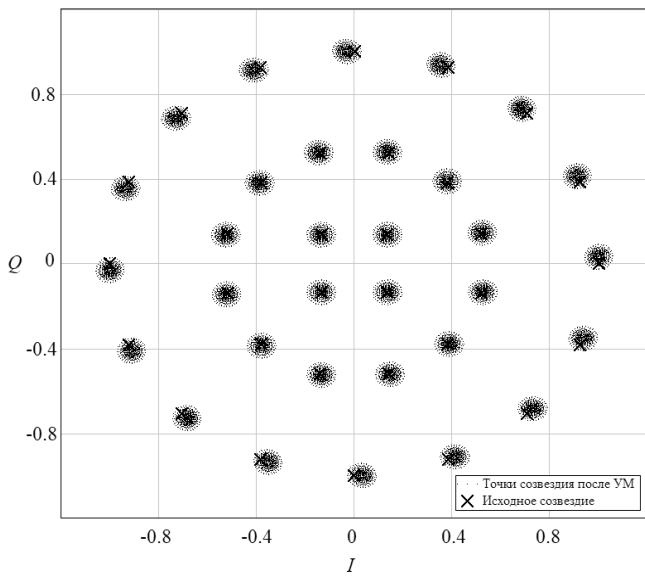


Рис. 9. Смещения СТ при применении фильтра Найквиста на передаче

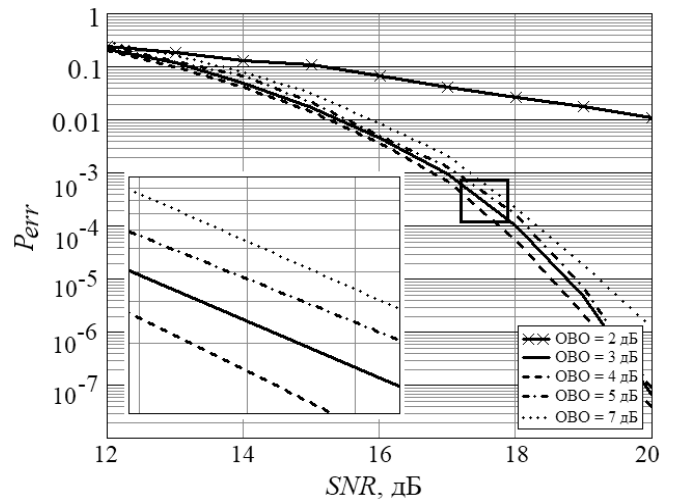


Рис. 10. Вероятность ошибки приёма сигнала 32-APSK при использовании фильтра Найквиста с $\alpha = 0.35$ и различных ОВО

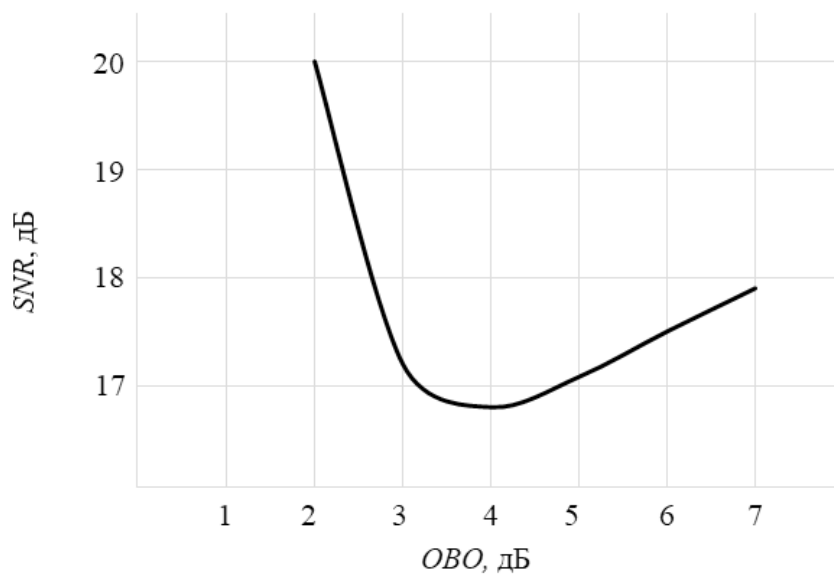


Рис. 11. Поиск оптимального значения ОВО

На рис. 9 показаны смещения СТ за счёт нелинейности и джиттера при использовании фильтра Найквиста с $\alpha = 0.35$ и $OBO = 5$ дБ. Точки оказываются сконцентрированы рядом с исходными СТ.

По приведенной выше методике можно рассчитать вероятность ошибки для каждого из возможных сочетаний символов и для различных OBO и α . Учитывая количество возможных вариантов сочетаний следующих подряд символов, целесообразно применить метод случайных выборок для определения средней вероятности ошибки — метод Монте-Карло [8]. Полученные при 5000 выборок результаты приведены на рис. 10. При значениях $OBO > 5$ дБ требуемое для поддержания заданной вероятности ошибки отношение сигнал/шум начинает увеличиваться. Это обусловлено тем, что рабочая точка уже перенесена в линейную область АХ УМ, и дальнейшее увеличение OBO приводит лишь к снижению мощности на выходе УМ.

Определить оптимальное значение OBO при заданных исходных данных можно, отыскав, при каком OBO требуется наименьшее значение SNR для поддержания вероятности ошибки символа 10^{-3} . На рис. 11 показана зависимость требуемого SNR от значения OBO . По минимуму этой зависимости можно определить $OBO_{opt} = 4$ дБ.

Заключение

В работе представлена методика анализа помехоустойчивости приёма сигналов M-APSK с учетом нелинейности УМ и ограничения полосы частот. Рассмотрен вариант применения фильтра Найквиста при формировании основной полосы сигнала. Методика позволяет осуществлять поиск оптимального режима работы усилителя для различных параметров созвездия сигнальных точек, параметров УМ и коэффициентов сглаживания фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. The DVB Project official site. Standards: <https://www.dvb.org/standards/>
2. Xiang X., Mo Z., Wang Z., Pham K., Blasch E., et al. Constellation labeling optimization for bit-interleaved coded APSK // Sensors and Systems for Space Applications IX, 2016. — Baltimore, Maryland, 2016. — P. 182–187.
3. Anedda M., Meloni A. and Murrini M. 64-APSK constellation and mapping optimization for satellite broadcasting using genetic algorithms // IEEE Transactions on Broadcasting. — 2016. — Vol. 62, N. 1. — PP. 1–9.
4. Wang Q., Song T. and Kam P. Performance optimization of M-APSK in AWGN and oscillator phase noise with annular-sector detection // IEEE83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring). — Nanjing, 2016. — PP. 1–5.
5. Saleh A. A. M. Frequency-independent and frequency-dependent nonlinear models of TWT amplifiers // IEEE Transactions on Communications. — 1981. — Vol. 29, N. 11. — PP. 1715–1720.
6. Liolis K. P., De Gaudenzi R., Alagha N., Martinez A., i Fàbregas A. G. Amplitude phase shift keying constellation design and its applications to satellite digital video broadcasting // Digital Video, Floriano De Rango (Ed.), InTech. — 2010. — PP. 425–453.
7. Дегтярев С. С., Носов В. И. Исследование влияния амплитудной конверсии на помехоустойчивость приема сигналов с модуляцией M-APSK // Телекоммуникации. — 2017. — № 4. — С. 6–16.
8. Соболев И. М. Метод Монте-Карло. — М.: Наука, 1968. — 64 С.

© Носов Владимир Иванович, Дегтярев Станислав Сергеевич (ssd1085@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СПИНОВЫХ УСТРОЙСТВ

METHODS AND MEANS OF INFORMATION CODING USING SPIN-POLARIZATION DEVICES

A. Dmitriev

Summary. Spin nanoelectronics allows for entirely new ways of information encoding and encrypting using the spin of photons in a fiber-optic data transmission. The ability of creating spin light emitting diode which emits circularly polarized light is discussed. Spin-polarized carriers are injected from the ferromagnetic contact combined with the quantum well in the spin light emitting diode. Quantum selection rules that describe recombination establish a connection between the circular polarization of the light emitted along the normal to the surface and the spin polarization of electrons.

Keywords: information encoding, spin light-emitting diode, spintronics.

Дмитриев Алексей Иванович

Московский государственный университет путей
связи императора Николая II (Москва); Институт
проблем химической физики РАН (Черноголовка)
alex-dmitriev2005@yandex.ru

Аннотация. Спиновая наноэлектроника позволяет реализовать принципиально новые способы кодирования и шифрования информации при помощи спинов фотонов в волоконно-оптических линиях передачи данных. В статье обсуждается возможность создания спинового светодиода, излучающего циркулярно-поляризованный свет. В спиновом светодиоде спин-поляризованные носители инжектируются из ферромагнитного контакта, объединенного с квантовой ямой. Квантовые правила отбора, описывающие рекомбинацию, устанавливают связь между циркулярной поляризацией света, испускаемого вдоль нормали к поверхности, и спиновой поляризацией электронов.

Ключевые слова: кодирование информации, спиновый светодиод, спинтроника.

Введение

В настоящее время одной из основных задач технологии элементов вычислительной электроники является увеличение скорости передачи данных. Пропускная способность современных каналов передачи данных, работающих на традиционных принципах, таких как передача радиочастотных импульсов или электромагнитных волн, сейчас достигает своего теоретического предела. Выходом из сложившейся ситуации является создание каналов передачи данных, основанных на новых принципах, использующих спиновую степень свободы. Одним из решений этой проблемы является создание приборов спинтроники, в которых для управления их свойствами помимо заряда электрона используется его спин. В основе спинтронных приборов лежат наноструктуры магнитных полупроводников SiMn [1], GeMn [2, 3], GeCo [4], GaMnAs [5], и т.д. В основе спиновых светодиодов могут быть гетероструктуры, содержащие квантовую яму (люминесцирующий слой) и ферромагнитный слой. В спиновом светодиоде спин-поляризованные носители инжектируются из ферромагнитного контакта, объединенного с квантовой ямой. Квантовые правила отбора, описывающие рекомбинацию, а также закон сохранения момента импульса устанавливают связь между циркулярной поляризацией света, испускаемого вдоль нормали к поверхности, и спиновой поляризацией электронов. В условиях поляризованного излучения кодирование информации можно осуществлять не за счет модуляции интенсивности

излучения, а модулируя оптическую поляризацию. При этом σ^+ -поляризованному излучению ставится в соответствие «1», σ^- — поляризованному излучению — «1».

Постановка задачи

Гетероструктуру с ферромагнитным слоем и квантовой ямой можно сделать двумя способами: а) ферромагнитный слой вырастить непосредственно в квантовой яме (совместное легирование); ферромагнитный слой вырастить на некотором расстоянии от квантовой ямы (раздельное легирование). В первом случае, при наложении внешнего поля ферромагнитный слой в квантовой яме будет намагничиваться, то есть в самой яме появится избыток носителей заряда, имеющих ориентацию спина в заданном направлении. Это действительно приведет к тому, что излучение из ямы станет циркулярно-поляризованным (будет иметь ненулевую круговую поляризацию) и поляризация фотолюминесценции из квантовой ямы действительно будет зависеть от намагничивания магнитного слоя [6]. Однако само по себе введение магнитного слоя в квантовую яму существенно снижает квантовый выход фотолюминесценции из ямы и подвижность носителей заряда в квантовой яме [7]. То есть в гетероструктурах с магнитным слоем внутри квантовой ямы получение магнито-управляемого циркулярно-поляризованного излучения теоретически возможно, но квантовый выход фотолюминесценции из ямы и подвижность носителей заряда в квантовой яме будут очень низкими. В случае, когда магнитный

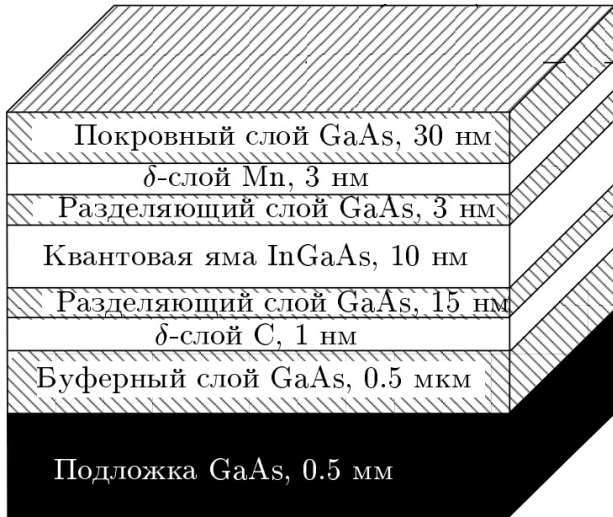


Рис. 1. Схематическое изображение гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs

слой и квантовая яма отделены друг от друга, квантовый выход фотолюминесценции и подвижность носителей заряда в квантовой яме существенно возрастают (из-за отсутствия рассеяния носителей заряда на положительных ионах ферромагнитной примеси). Таким образом, преимуществом отдельного легирования марганцем в гетероструктурах является отсутствие гашения фотолюминесценции квантовой ямы с увеличением концентрации марганца.

Методы исследования

В России гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs для поляризационных спиновых кодирующих устройств выращивают комбинированным методом ступенчатого эпитаксиального роста в НИФТИ ННГУ им. Н. И. Лобачевского в группе Ю. А. Данилова и М. В. Дорохина [8–10]. На первом этапе на подложке GaAs (001) методом металл-органической гидридной эпитаксии последовательно выращивают буферный слой GaAs, легированный Si, далее размещается дельта-легированный углеродом слой GaAs, затем идет слой нелегированного GaAs, нелегированная квантовая яма InGaAs и, наконец, разделяющий слой GaAs (рис. 1). На следующем этапе в том же реакторе методом лазерного распыления Mn и GaAs мишеней последовательно выращивают слой GaMnAs, толщиной около 2 нм, и покровный слой GaAs. Подробно методика изготовления и аттестации гетероструктур описана в работах [8–10].

Следует заметить, что если для светоизлучающего слоя используется в основном только GaAs, InAs, InGaAs

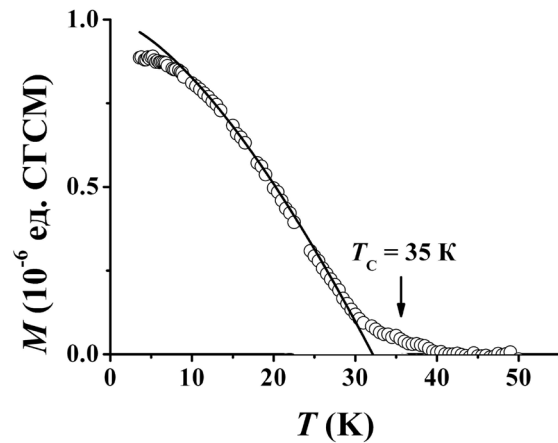


Рис. 2. Температурная зависимость магнитного момента гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs в магнитном поле 1 кЭ, лежащем в плоскости гетероструктуры. Сплошной линией показаны аппроксимация формулой Блоха « $T^{3/2}$ »

и изредка CdSe, то материалы для ферромагнитного инжектора отличаются большим разнообразием. Из группы магнитных полупроводников помимо GaMnAs используются также ZnMnSe и CdCr₂Se₄ [11]. Также используются ферромагнитные металлы Co, Fe, CoFe, NiFe-CoFe, Ni₈₀Fe₂₀, MnAs, MnSb и сплавы Гейслера Co_{2.4}Mn_{1.6}Al и Co₂MnGe [11].

Обсудим температурную зависимость магнитного момента гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs, измеренную с помощью СКВИД магнитометра MPMS5 XL, Quantum Design (рис. 2).

Уменьшение намагниченности слоя GaMnAs с ростом температуры, как и в обычных объемных ферромагнетиках, описывается формулой Блоха (рис. 2) при температурах ниже температуры Кюри $T_C = 35$ К [5]. Ферромагнетизм слоя GaMnAs, как и в других магнитных полупроводниках A³MnB⁵ индуцирован носителями заряда посредством косвенного обменного взаимодействия.

Обсудим методы исследования спин-поляризованной фотолюминесценции. На рис. 3 представлены спектры фотолюминесценции гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs в магнитном поле 50 кЭ и при температурах 2 К.

Измерения циркулярно-поляризованной фотолюминесценции, выполнены в ИФТТ РАН С. В. Зайцевым в криостате со сверхпроводящим магнитом. Измерения проводились в геометрии Фарадея (магнитное поле было приложено перпендикулярно поверхности структур).

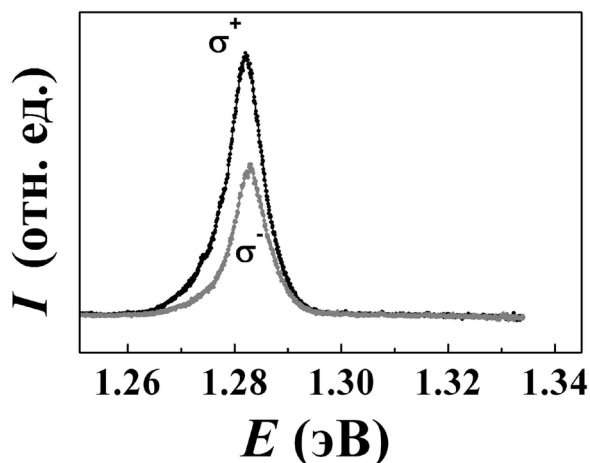


Рис. 3. Спектры фотолюминесценции гетероструктуры InGaAs/GaAs/GaMnAs при $T = 2$ К в магнитном поле 50 кЭ

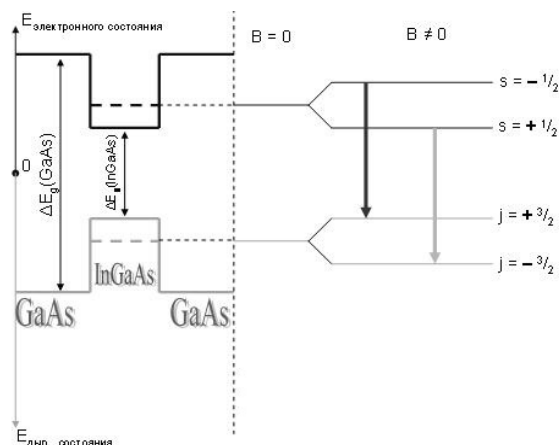


Рис. 4. Зонная диаграмма двойной гетероструктуры GaAs/InGaAs с квантовой ямой и схема возможных излучательных электронных переходов при наложении внешнего магнитного поля

Для возбуждения использовался He-Ne лазер. Оптическая схема состояла из набора оптических элементов (диафрагма и линза), позволяющих создать плоскопараллельный пучок света, а также анализатора (четвертьволновой пластинки и поляризатора). Анализ σ^+ или σ^- поляризации излучения проводился путем вращения четвертьволновой пластинки, при этом ось поляризации поляризатора всегда была направлена параллельно плоскости дифракционной решетки монохроматора. После анализатора линейно-поляризованное излучение соответствующее либо σ^+ , либо σ^- поляризации фокусировалось на щель монохроматора и затем попадало на Si ПЗС-детектор. Степень циркулярной поляризации люминесценции определялась из соотношения $PФЛ = (I^+ - I^-)/(I^+ + I^-)$, где $I^+(I^-)$ — интенсивности компонент с правой (левой) поляризацией, полученные путем интегрирования полосы соответствующей части спектра межзонного излучения квантовой ямы. Как и ожидалось линия излучения квантовой ямы расщеплена на две циркулярно-поляризованные компоненты (σ^+ и σ^-) вследствие зеемановского расщепления спиновых уровней носителей заряда. Степень циркулярной поляризации имеет положительный знак и превышает 20%.

Обсуждение результатов

Наиболее вероятными фотолюминесцентными электронными переходами являются переходы из зоны проводимости в валентную подзону тяжелых дырок (рис. 4).

Для описания этих переходов принята следующая модель: а) при переходе электрона из зоны проводимости в валентную зону в зоне проводимости InGaAs исчезает 1 электрон, в валентной зоне InGaAs исчезает 1 дырка; б)

в результате перехода излучается фотон: его спин равен +1 или -1; в) при переходе электрона из зоны проводимости в валентную зону (или, что то же самое, рекомбинации электрона и дырки) суммарный спин системы сохраняется. Циркулярно-поляризованное рекомбинационное излучение возникает, когда изменение магнитного квантового при межзонном переходе $\Delta m_j = \pm 1$. Переходы, для которых $\Delta m_j = -1$, приводят к эмиссии σ^+ -поляризованного света при распространении вдоль направления +z [8]. Спектр излучения гетероструктуры с квантовой ямой, помещенной в магнитное поле, состоит из двух циркулярно-поляризованных компонент, различных по знаку поляризации, но одинаковых по интенсивности. Результат сложения σ^+ и σ^- -компонент одинаковой интенсивности — линейно поляризованный свет (с нулевой циркулярной поляризацией). В гетероструктурах без ферромагнитного слоя GaMnAs циркулярная поляризация излучения из квантовой ямы равна нулю [6]. Для получения циркулярно-поляризованного излучения необходимо изменить соотношение интенсивностей σ^+ и σ^- компонент. Этого можно добиться, введя в гетероструктуру, содержащую квантовую яму, слой ферромагнитного полупроводника GaMnAs. Обменное $p-d$ взаимодействие тяжелой дырки с ионами Mn^{2+} в слое GaMnAs пропорционально скалярному произведению магнитного момента дырки \mathbf{j} и макроскопической намагниченности \mathbf{M} слоя GaMnAs [12]. Упругие напряжения в квантовой яме InGaAs/GaAs вытесняют уровень размерного квантования легких дырок значительно выше по энергии, чем уровень тяжелых дырок [13]. Поэтому фотолюминесценция из квантовой ямы определяется оптическими переходами между 2D-подзонами электронов и тяжелых дырок. Циркулярная поляризация фотолюминесценции из квантовой

ямы InGaAs/GaAs вызвана намагниченностью близкого ферромагнитного слоя GaMnAs (ферромагнетизм в слое GaMnAs приводит к спиновой поляризации дырок в квантовой яме [5]).

Выводы

Сформулированы физические методы кодирования и передачи информации с помощью поляризационных спиновых устройств, использующих спиновую степень свободы. Предложены принципы устройства генератора поляризованного излучения — спинового светодиода. В его основе лежит гетероструктура, содержащая квантовую яму InGaAs/GaAs (люминесцирующий слой) и ферромагнитный слой GaMnAs. Установлено, что ли-

ния излучения квантовой ямы расщеплена на две циркулярно-поляризованные компоненты, что открывает новые возможности кодирования и передачи информации в волоконно-оптических линиях передачи данных методами поляризационной модуляции. Циркулярная поляризация фотолюминесценции из квантовой ямы InGaAs/GaAs вызвана намагниченностью близкого ферромагнитного слоя GaMnAs.

Автор признателен сотрудникам НИФТИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского Ю.А. Данилову и М.В. Дорохину за образцы, сотруднику ИФТТ РАН С.В. Зайцеву за оптические измерения, сотруднику МГУПС (МИИТ) В.П. Соловьеву за полезные обсуждения. Работа поддержана грантом РФФИ № 16-07-00863а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев С. Н., Аронзон Б. А., Рыльков В. В., Тугушев В. В., Демидов Е. С., Левчук С. А., Лесников В. П., Подольский В. В., Гареев Р. Р. Аномальный эффект Холла в Si пленках, сильно легированных Mn // Письма в ЖЭТФ. — 2009. — Т. 89. — № 12. — С. 707–712.
2. Дмитриев А. И., Моргунов Р. Б., Казакова О. Л., Танимото И. Спин-волновой резонанс в пленках Ge_{1-x}Mnx, обладающих перколяционным ферромагнетизмом // ЖЭТФ. — 2009. — Т. 135. — № 5. — С. 1134–1141.
3. Моргунов Р. Б., Дмитриев А. И., Tanimoto Y., Кленина И. Б. Магнитный резонанс в нанопроволоках Ge_{0.99}Mn_{0.01} // ФТТ. — 2007. — Т. 49. — № 2. — С. 285–290.
4. Моргунов Р. Б., Дмитриев А. И., Tanimoto Y., Kulkarni J. S. Спиновая динамика в ориентированных ферромагнитных нанопроволоках Ge_{0.99}Co_{0.01} // ФТТ. — 2008. — Т. 50. — № 6. — С. 1058–1063.
5. Дмитриев А. И., Таланцев А. Д., Зайцев С. В., Данилов Ю. А., Дорохин М. В., Звонков Б. Н., Коплак О. В., Моргунов Р. Б. Фотолюминесцентный отклик квантовой ямы на изменение магнитного поля δ-слоя Mn в гетероструктурах InGaAs/GaAs // ЖЭТФ. — 2011. — Т. 140. — № 1. — С. 158–169.
6. Зайцев С. В., Дорохин М. В., Бричкин А. С., Вихрова О. В., Данилов Ю. А., Звонков Б. Н., Кулаковский В. Д. Ферромагнитное воздействие δ-<Mn>-слоя в GaAs барьере на спиновую поляризацию носителей в InGaAs/GaAs квантовой яме // Письма в ЖЭТФ. — 2009. — Т. 90. — № 10. — С. 730–735.
7. Аронзон Б. А., Грановский А. Б., Давыдов А. Б., Данилов Ю. А., Звонков Б. Н., Рыльков В. В., Ускова Е. А. Свойства InGaAs/GaAs квантовых ям с δ-легированным слоем в GaAs // ФТТ. — 2007. — Т. 49. — № 1. — С. 165–171.
8. Дорохин М. В., Данилов Ю. А. Измерение поляризационных характеристик излучения наногетероструктур: учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011.
9. Вихрова О. В., Данилов Ю. А., Дроздов Ю. Н., Звонков Б. Н., Iikawa F., Brasil M. J. S. P. Свойства квантово-размерных структур GaAs/InGaAs, содержащих δ-<Mn>-легированные слои // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. — 2007. — № 2. — С. 9–12.
10. Вихрова О. В., Данилов Ю. А., Дорохин М. В., Звонков Б. Н., Калентьева И. Л., Кудрин А. В. Ферромагнетизм в GaAs структурах с дельта-легированным Mn слоем // Письма в ЖЭТФ. — 2009. — Т. 35. — № 14. — С. 8–17.
11. Holub M., Bhattacharya P. Spin-polarized light-emitting diodes and lasers // J. Phys. D: Appl. Phys. — 2007. — V. 40. — N2. — P. R179-R203.
12. Govorov A. O., Kalameitsev A. V. Optical properties of a semiconductor quantum dot with a single magnetic impurity: photoinduced spin orientation // Phys. Rev. B. — 2005. — V. 71. — N3. — P. 035338–1–5.
13. Hendorfer G., Schneider J. G-factor and effective mass anisotropies in pseudomorphic strained layers // Sem. Sci. Technol. — 1991. — V. 6. — N7. — P. 595–601.

© Дмитриев Алексей Иванович (alex-dmitriev2005@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНФОРМАЦИОННАЯ УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЫ

INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM FOR THE TAX SERVICE

V. Zabolotnikova
O. Romashkova

Summary. The article justifies urgency of creation of information management system for automated support of processes of socio-economic systems — tax service. Built a conceptual model of the system based on the object of analysis. Implemented an information management system for tax service relies on the use of fuzzy clustering for the distribution of taxpayers on categories of attention with the help of algorithms-means and Gustafson-Kessel, allows to maintain the registration of taxpayers, as well as forecasting of the amounts of tax deductions in future periods.

Keywords: information management system; fuzzy clustering; forecasting; tax service.

Заболотникова Виктория Сергеевна

Ст. преподаватель

Ромашкова Оксана Николаевна

*Д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет
zabolotnikovavs@ya.ru*

Аннотация. В работе обоснована актуальность построения информационной управленческой системы для автоматизированной поддержки процессов деятельности социально-экономической системы — налоговой службы. Построена концептуальная модель системы на основании объектного анализа. Разработанная и реализованная информационная управленческая система для налоговой службы опирается на использование нечеткой кластеризации для распределения налогоплательщиков по категориям внимания при помощи алгоритмов с-средних и Густафсона-Кесселя, позволяет осуществлять ведение учета налогоплательщиков, а также прогнозирование сумм налоговых отчислений в последующие периоды.

Ключевые слова: информационная управленческая система; нечеткая кластеризация; прогнозирование; налоговая служба.

В современных условиях управленческие процессы в экономике направлены на формирование эффективных отношений между всеми субъектами рынка. От того, насколько правильно построена система налогообложения, зависит эффективное функционирование всего народного хозяйства. На сегодняшний день в ходе модернизации Федеральной налоговой службы достигнуты значительные результаты. Однако становление рыночных механизмов, появление новых форм налоговых отношений и существенное повышение их сложности объективно обусловили повышение актуальности вопросов, связанных с управленческими процессами в сфере налогообложения. Возникает потребность в создании прикладных информационных систем в динамически меняющейся ситуации в условиях неполных или нечетких данных с использованием методов искусственного интеллекта.

Отечественные и зарубежные исследователи сделали серьезный вклад и достигли значительных научных успехов в сфере налоговых систем и налогообложения — А.В. Брызгалин, Г.А. Гаджиев, О.Н. Горбунова, Е.Ю. Грачевой, М.А. Гуревич, М.Д. Загряцкий, С.В. Запольский, М.В. Карасева, А.Н. Козырин, М.В. Кустова; в сфере прикладных решений с использованием нечеткого моделирования и кластеризации — Л. Заде, А.С. Тараскина, В.Д. Штовба, А.В. Леоненков, Н.В. Куркина, А.Н. Борисов, А.А. Крумберг, М.П. Деменков, Д.А. Вятчинин, К. Асаи;

в сфере разработки управленческих информационных систем — О.Н. Ромашкова, С.В. Чискидов, Ф.О. Федин и другие.

Недостаточная изученность научной проблемы, необходимость совершенствования налоговой системы за счет развития механизмов налогового управления, позволяющих в значительной мере повысить эффективность деятельности налоговой службы, все это обусловило выбор темы исследования.

Цель работы — разработать информационную управленческую систему для налоговой службы на основании метода нечеткой кластеризации.

Информационная управленческая система (ИУС) предназначена для обработки и анализа существенно увеличивающегося объема информации, что позволяет существенно сократить временные и трудовые затраты управленческих работников налоговой сферы. ИУС является наиболее важным примером использования информационных ресурсов и технологий в управлении социально-экономической системой — налоговой службой. Автоматизированные информационные системы — это основная среда, составляющими элементами которой являются средства и способы для преобразования данных, представляющая собой средство, подчиняющееся четко регламентированным правилам выполнения операций над информацией.



Рис. 1. Диаграмма классов информационной управленческой системы для налоговой службы

Базовые информационные системы строятся на основе базовых технологических операций, но кроме этого включают ряд специфических моделей и инструментальных средств. Этот вид информационных технологий ориентирован на решение определенного класса задач и используется в конкретных корпоративных и управленческих системах в виде отдельной компоненты. Создание ИУС для налоговой службы начинается с анализа предметной области и моделирования основных управленческих и деловых процессов, что позволяет далее приступить к разработке концептуальной модели с использованием Rational Rose — программного продукта, работающего на основе универсального языка моделирования UML и решающего большинство задач в сфере проектирования информационных систем.

В процессе анализа управленческих процессов в налоговой службе были выделены классы и отношения между ними, представленные на рис. 1. В структуре данной диаграммы выделены такие абстракции классов, как: налогоплательщик, отдел учета и регистрации и налогоплательщиков, отдел работы с налогоплательщиками, начальник отдела работы с налогоплательщиками и информационная управленческая система для налоговой службы.

Объектная модель ИУС налоговой службы содержит в себе следующие диаграммы: вариантов использования, классов, состояний объекта, компонентов. Они разносторонне характеризуют анализируемую систему: определяют структуру системы, взаимосвязь между ее

элементами, возможные варианты использования системы, состояния, в которых может находиться тот или другой объект, и действия, которые он может выполнять.

В работе предложено воспользоваться кластерным анализом, разбив исходные данные на группы (категории внимания) для уменьшения объемов анализируемой информации. Кластерный анализ представляет собой совокупность подходов, методов и алгоритмов, предназначенных для нахождения некоторого разбиения исследуемой совокупности объектов на подмножества относительно сходных между собой объектов [1]. Вместе с тем, для формирования кластеров, актуальным становится использование механизма нечеткой кластеризации.

Исследуемая совокупность данных представляет собой конечное множество элементов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, которое получило название множества объектов кластеризации. В рассмотрение также вводится конечное множество признаков или атрибутов $P = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$, каждый из которых количественно определяет некоторое свойство или характеристику элементов рассматриваемой проблемной области. При этом натуральное n определяет общее количество объектов данных, а натуральное q — общее количество измеримых признаков объектов, соответственно. Далее предполагается, что для каждого из объектов кластеризации некоторым образом измерены все признаки множества P по некоторой количественной шкале. Тем самым каждому из элементов $a_i \in A$ поставлен в соответствие некоторый

вектор $x_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_q^i)$, где x_j^i — количественное значение признака $p_i \in P$ для объекта данных $a_i \in A$.

Векторы значений признаков $x_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_q^i)$ удобно представить в виде так называемой матрицы данных X размерности $(n \times q)$, каждая строка которой равняется значению вектора x_i .

Кластерная структура задается матрицей принадлежности μ размерности $c \times n$, где $\mu_{A_k}(a_i)$ — степень принадлежности a_i -го элемента k -му кластеру.

Матрица принадлежности должна удовлетворять следующим условиям:

$$a) \mu_{A_k}(a_i) \in [0; 1], k = \overline{1, c}, i = \overline{1, n};$$

$$б) \sum_{k=1}^c \mu_{A_k}(a_i) = 1,$$

есть каждый объект должен быть распределен между всеми кластерами;

$$в) 0 < \sum_{i=1}^n \mu_{A_k}(a_i) < 1,$$

то есть ни один кластер не должен быть пустым или содержать все элементы.

Далее для каждого нечеткого кластера вводятся в рассмотрение так называемые типичные представители или центры v_k искомым нечетких кластеров, которые рассчитываются для каждого из нечетких кластеров по каждому из признаков по следующей формуле:

$$v_k = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m \cdot x_j^i}{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m}, j = \overline{1, q}, \quad (1)$$

где $m(1, \infty)$ — экспоненциальный вес, определяющий нечеткость, размытость кластеров.

Чем больше значение экспоненциального веса, тем более размыта матрица принадлежности. При $m \rightarrow \infty$ элементы принимают вид

$$\mu_{A_k}(a_i) = \frac{1}{c},$$

что является плохим решением, потому что все объекты будут с одинаковой степенью распределены по всем кластерам. Экспоненциальный вес позволяет при формировании координат центров кластеров усилить влияние объектов с большими степенями принад-

лежности и уменьшить влияние объектов с малыми степенями принадлежности. Теоретически обоснованного правила выбора веса пока не существует, и обычно устанавливают $m = 2$ [3].

Для оценки качества разбиения используется критерий разброса, который показывает сумму расстояний от объектов до центров кластеров с соответствующими степенями принадлежности:

$$f(A_k, v_j^k) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (\mu_{A_k}(a_i))^m \sum_{j=1}^q (x_j^i - x_j^k)^2. \quad (2)$$

Таким образом, для успешной реализации проекта объект проектирования распределения налогоплательщиков на категории внимания должен быть, прежде всего, адекватно описан. Формальная постановка задачи нечеткого кластерного анализа заключается в следующем: распределить налогоплательщиков по категориям внимания, задав функцию принадлежности $\mu_{A_k}(a_i)$, i -строка которой предоставляет информацию об одном налогоплательщике, а k -столбец предоставляет информацию обо всех налогоплательщиках, принадлежащих в большей или меньшей степени к конкретному кластеру, который доставляет минимум целевой функции и удовлетворяют вышеперечисленным ограничениям.

Алгоритм с-средних определяется в форме итеративного выполнения следующей последовательности шагов.

Шаг 1. Предварительно необходимо задать следующие значения: количество искомым нечетких кластеров c , максимальное количество итераций алгоритма s , параметр сходимости алгоритма ϵ , а также экспоненциальный вес расчета целевой функции и центров кластеров m . В качестве текущего нечеткого разбиения на первой итерации алгоритма для матрицы данных X задать некоторое исходное нечеткое разбиение на c непустых нечетких кластеров, которые описываются совокупностью функций принадлежности $\mu_{A_k}(a_i)$.

Шаг 2. Для исходного текущего нечеткого разбиения по формуле (1) рассчитать центры нечетких кластеров v_j^k и значение целевой функции $f(A_k, v_j^k)$ по формуле (2). Количество выполненных итераций положить равным 1.

Шаг 3. Сформировать новое нечеткое разбиение μ исходного множества объектов кластеризации A на c непустых нечетких кластеров, характеризуемых совокупностью функций принадлежности $\mu_{A_k}(a_i)$, которые определяются по формуле:

$$\mu_{A_k}^k(a_i) = \left(\frac{\sum_{l=1}^c \left(\frac{\sum_{j=1}^q (x_j^i - v_j^k)^2}{\sum_{j=1}^q (x_j^l - v_j^l)^2} \right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{l=1}^c \left(\frac{\sum_{j=1}^q (x_j^l - v_j^l)^2}{\sum_{j=1}^q (x_j^l - v_j^l)^2} \right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \quad (3)$$

Шаг 4. При этом если для некоторого $k \in \{2, \dots, c\}$ и некоторого $a_i \in A$ значения

$$\sum_{j=1}^q (x_j^i - v_j^k)^2 = 0,$$

то для соответствующего нечеткого кластера $\mu_k(a_i) = 1$, а для других $\mu_k(a_i) = 0$. Если же таких $k \in \{2, \dots, c\}$ для некоторого $a_i \in A$ окажется несколько, то есть для них значение

$$\sum_{j=1}^q (x_j^i - v_j^k)^2 = 0,$$

то эвристически для меньшего из k полагаем $\mu_k(a_i) = 1$, а для других $l \in \{2, \dots, c\}, l \neq k$ полагаем $\mu_k(a_i) = 0$.

Шаг 5. Для нового нечеткого разбиения μ' по формуле (3) рассчитать центры нечетких кластеров v_j^k и значение целевой функции $f'(A_k, v_j^k)$ по формуле (2).

Шаг 6. Если количество выполненных итераций превышает заданное число s или же модуль разности $f(A_k, v_j^k) - f'(A_k, v_j^k) \leq \varepsilon$, иными словами, не превышает значение параметра сходимости алгоритма ε , то в качестве искомого результата нечеткой кластеризации принять нечеткое разбиение μ' и закончить выполнение алгоритма. В противном случае — считать текущим нечетким разбиением μ' и перейти на шаг 3 алгоритма, увеличив на 1 количество выполненных итераций.

Алгоритм Густафсона-Кесселя использует адаптивную норму для каждого кластера, иными словами для каждого i -го кластера существует своя норм — порождающая матрица A_i . В этом алгоритме при кластеризации оптимизируются не только координаты центров кластеров и матрица нечеткого разбиения, но также и норм — порождающие матрицы для всех кластеров. Это позволяет выделять кластеры различной геометрической формы [7].

Алгоритм Густафсона-Кесселя состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Генерирование матрицы нечеткого разбиения.

Шаг 2. Расчет центров кластеров (по формуле 1).

Шаг 3. Определение матрицы ковариации для k -го кластера:

$$B_j^k = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m \cdot (x_j^i - v_j^k)^T \cdot (x_j^i - v_j^k)}{\sum_{i=1}^n (\mu_{A_k}(a_i))^m} \quad (4)$$

Шаг 4. Расчет расстояния между объектами из X и центрами кластеров:

$$D_{B_j^k}^k = (x_j^i - v_j^k) \cdot [(\det(B_j^k)) \cdot (B_j^k)^{-1}] \cdot (x_j^i - v_j^k)^T \quad (5)$$

Шаг 5. Перерасчет элементов матрицы нечеткого разбиения.

Если $D_{B_j^k}^k > 0$, то проводим расчет по формуле (3).

Если $D_{B_j^k}^k = 0$, то для соответствующего нечеткого кластера $\mu'(a_i) = 1$, а для других $\mu'(a_i) = 0$.

Шаг 6. Проверка условия $f(A_k, v_j^k) - f'(A_k, v_j^k) \leq \varepsilon$. Если условие выполняется, то переходим к блоку «конец», а иначе — к шагу 2.

Опыт решения прикладных задач показывает, что наиболее эффективный путь получения адекватных результатов заключается в многократном выполнении алгоритма для различных исходных разбиений. Полученные результаты сравниваются по значениям целевой функции полученных нечетких разбиений с целью принятия окончательного решения об искомой нечеткой кластеризации [1].

Для оценки качества кластеризации можно использовать величину силуэта S [6]. При нечеткой кластеризации номер кластера определяется по максимальному значению степени принадлежности. Значение силуэта выражается для каждого объекта следующим образом:

$$S(x_i) = \frac{a(x_i) - b(x_i)}{\max(a(x_i), b(x_i))} \quad (6)$$

где $a(x_i)$ — среднее расстояние между объектом x_i ($x_i \in k, k = 1, c$) и объектами того же кластера k , к которому принадлежит x_i ; $b(x_i)$ — минимальное расстояние между объектом x_i и объектами в кластере, который ближе всего к кластеру k , иными словами кластер, к которому x_i не принадлежит.

№	Ф.И.О.	КОД	З	Ж	К
1	КОЛОМЙЦЕВА ГАЛИНА ЮРІВНА	1997314008	0,05	0,9	0,04999999
2	МАРТИНЕНКО ОЛЕНА АНАТОЛІВНА	2374219787	0,9	0,05	0,05
3	ЮРЧЕНКО ЛЮДМИЛА МИХАЙЛІВНА	1840313344	0,1	0,2	0,7
4	КОНОВОДОВ ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ	2134417073	0,55	0,35	0,1
5	АЛЕВА АНТОНІНА ЛЕОНІДІВНА	2137719120	0,1	0,8	0,1
6	БАЙЦАР ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ	2532913733	0,2	0,3	0,5
7	МІСНІНОВА ОЛЕНА ІВАНІВНА	2032420941	0,6	0,3	0,1
8	БУГАЙОВА ЛЮДМИЛА ПАВЛІВНА	3119400568	0,85	0,05	0,1
9	КУДРЯВИХ ТЕТЯНА ГЕННАДІВНА	3118610621	0,2	0,7	0,1
10	МОІСЄЄВА ТЕТЯНА ГЕОРГІВНА	2690120288	0,75	0,2	0,05
11	ЮРЧЕНКО ОКСАНА ЄВГЕНІВНА	2679306525	0,05	0,05	0,9
12	ШМЕЙКА НАДІЯ ІВАНІВНА	2004413420	0,1	0,3	0,6
13	СОКОЛОВА ІРИНА ЮРІВНА	2506019102	0,5	0,3	0,2
14	АЙ АДІЛ	2858423631	0,6	0,3	0,1
15	ДОШИНА ОЛЯ ЛЕОНІДІВНА	2829519088	0,1	0,1	0,8
16	АЛЕВА ОКСАНА ГЕННАДІВНА	3079708180	0,8	0,1	0,1
17	САЄНКО ТЕТЯНА ВІТАЛІВНА	2789308442	0,7	0,2	0,1
18	СУШКО ЛЮДМИЛА ВАСИЛІВНА	2601013082	0,4	0,5	0,1
19	СТЕЩЕНСЬКА ІРИНА СЕРГІВНА	2429216046	0,65	0,2	0,15
20	СКРИПКО ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА	2201910027	0,1	0,15	0,75
21	ДОРСМАН ТЕТЯНА ІГОРІВНА	2071117004	0,58	0,4	0,02

Рис. 2. Список для распределения налогоплательщиков по категориям внимания (фрагмент)

Значение силуэта лежит в интервале $[-1; 1]$, а если выходит за пределы этого интервала, то налогоплательщик считается плохо кластеризованным [8].

Реализация данных алгоритмов приведена в работах [8] и [9], в которых показаны этапы выполнения распределения налогоплательщиков по категориям внимания и оценены полученные результаты.

На основании разработанных концептуальной и математической моделей осуществлено построение информационной управленческой системы для налоговой службы с использованием языка программирования Delphi.

Внедрение новых информационных систем в управленческую деятельность преследует своей целью не только автоматизацию рутинных методов обработки информации, но и организацию информационно-коммуникационного процесса на качественно ином уровне.

ИУС для налоговой службы позволяет автоматизировать выполнение следующих функций:

- ♦ ввод и анализ информации о налогоплательщиках в базе данных;
- ♦ осуществление контроля входных данных,
- ♦ формирование списка для распределения налогоплательщиков по категориям внимания (рис. 2);
- ♦ распределение налогоплательщиков по категориям внимания с использованием методов с-средних и Густафсона-Кесселя (рис. 3);

Исходные данные | Параметры | Прогноз | Разбиение

Число кластеров: 3

Число итераций: 75

Экспоненциальный вес: 2

Количество цветов: 3

Параметр сходимости: 0,001

Количество признаков: 8

Коридор погрешности: 0,0

Алгоритм расчета: С-средних Густафсона-Кесселя

Рис. 3. Распределение налогоплательщиков по категориям внимания на основе методов с-средних и Густафсона-Кесселя

- ♦ хранение результатов в БД в формате MSExcel (рис. 4);
- ♦ графическое отображение на экране результатов кластеризации (рис. 5);
- ♦ прогнозирование налоговых поступлений;
- ♦ вывод прогнозных результатов;
- ♦ формирование стандартизированной отчетности.

Перечисленные функциональные возможности обеспечивают следующие преимущества:

- ♦ система ориентирована на учет плательщиков по всем видам налогов, что позволяет существенно ускорить процессы управления и контроля в налоговой службе;
- ♦ система дает возможность автоматизированного распределения налогоплательщиков по категориям внимания на любом административном и управленческом уровне.

ВЫВОДЫ

В данной работе определены функциональные возможности ИУС налоговой службы. При помощи алгоритмов с-средних и Густафсона-Кесселя создана методика и произведено распределение налогоплательщиков по категориям внимания.

Разработана и реализована ИУС для налоговой службы, позволяющая автоматизировать ведение учета налогоплательщиков, посредством их распределения

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1 КОЛОМИЦЕВА ГАЛИНА ЮРЬЕВНА	1997314008.00	0,05	0,90	0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
2	2 МАТИМЕНКО ОЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА	2374219787.00	0,90	0,05	0,05	1	1	1	1	0,9	0,9	1	1		
3	3 ЮРЧЕНКО ЛЮДИЛА МИХАЙЛОВНА	1840313344.00	0,10	0,20	0,70	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
4	4 КОРОВОДОВ ЮРИЙ МИКОЛАЙОВИЧ	2134417073.00	0,55	0,25	0,10	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5		
5	5 АЛЛЕВА АНТОННА ЛЕОНОВНА	2137719120.00	0,10	0,80	0,10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4		
6	6 БАЙЦАР ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ	2532913733.00	0,20	0,30	0,50	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1		
7	7 МИСИНОВА ОЛЕНА ИВАНОВНА	2032420841.00	0,60	0,30	0,10	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
8	8 БУТЯЙОВА ЛЮДИЛА ПАВЛОВНА	3118400568.00	0,85	0,05	0,10	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
9	9 КУДРЯВИХ ТЕТЬЯНА ГЕННАДИВНА	3118610621.00	0,20	0,70	0,10	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4		
10	10 МОИСЕВА ТЕТЬЯНА ГЕОРГИВНА	2690120288.00	0,75	0,20	0,05	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9		
11	11 ЮРЧЕНКО ОКСАНА ЕВГЕНОВНА	3079708180.00	0,05	0,05	0,90	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1		
12	12 ШУМЕЙКА НАДІЯ ІВАНІВНА	2004413420.00	0,10	0,30	0,60	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2		
13	13 СОКОЛОВА ІРИНА ЮРЬІВНА	2506019102.00	0,50	0,30	0,20	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5		
14	14 АЙ АДІЛ	2858423631.00	0,60	0,30	0,10	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
15	15 ДОШИНА ОЛЯ ЛЕОНОВНА	2829519088.00	0,10	0,10	0,80	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,5	0,2		
16	16 АЛЛЕВА ОКСАНА ГЕННАДИВНА	3079708180.00	0,80	0,10	0,10	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
17	17 САСНОК ТЕТЬЯНА ВИТАЛЬВНА	2789308442.00	0,70	0,20	0,10	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
18	18 СУШКО ЛЮДИЛА ВАСИЛЬВНА	2601019082.00	0,40	0,60	0,10	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		
19	19 СТЕЦЕНЬКА ІРИНА СЕРГІЙВНА	2428216046.00	0,65	0,20	0,15	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8		
20	20 СКРИПОК ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА	2201910027.00	0,10	0,15	0,75	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3		
21	21 ДОРСМАН ТЕТЬЯНА ІГОРІВНА	2071117004.00	0,68	0,40	0,02	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6		
22	22 ГРОМЕНКО НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА	2875204823.00	0,10	0,85	0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5		
23	23 ДОРОШЕНКО ОЛЕКІЙ МИКОЛАЙОВИЧ	5328184194.00	0,88	0,05	0,07	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1		
24	24 ФОТИНА СВИТЛАНА ІВАНОВНА	2328415741.00	0,80	0,10	0,10	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
25	25 САСНОК ДЕНИС ГЕННАДИЙОВИЧ	2971819752.00	0,20	0,60	0,20	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		
26	26 ПОПОВА НАТАЛІЯ ГЕННАДИІВНА	2833270760.00	0,10	0,80	0,10	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4		

Рис. 4. Хранение результатов в БД в формате MSExcel

на категории внимания, а также прогнозирование сумм налоговых отчислений.

Выполнено прогнозирование налоговых поступлений с использованием ИУС, что позволило определить суммы налоговых поступлений в последующие периоды.

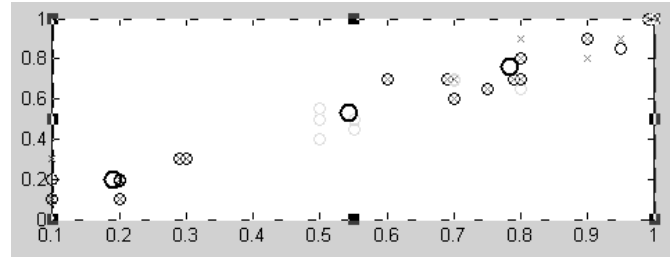


Рис. 5. Графическое отображение на экране результатов кластеризации

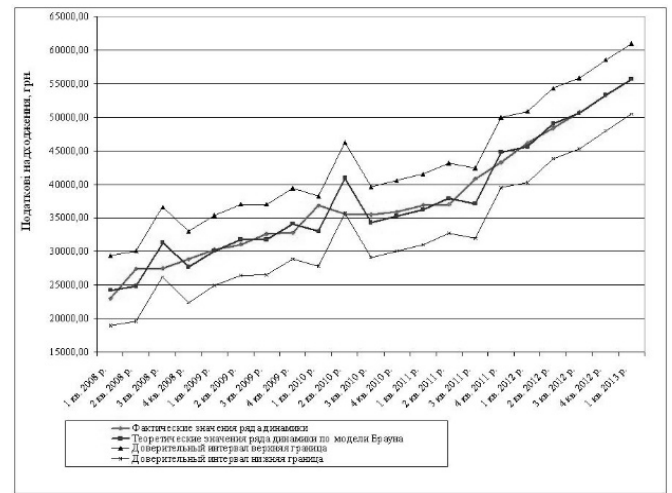


Рис. 6. Прогнозирование налоговых поступлений

ЛИТЕРАТУРА

1. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzy-TECH. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
2. Смоленцев В. П. Управление системами и процессами: учебник / В. П. Смоленцев, В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе. — М.: ИЦ Академия, 2010. — 336 с.
3. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 288 с.
4. Киселева Е. М. Выбор экспоненциального веса в методе с-средних для нечеткой кластеризации / Е. М. Киселева, О. Б. Блюсс // Материалы международной научно-практической конференции «Математическое и программное обеспечение интеллектуальных систем». — Д.: 2007. — С. 71–72.
5. Вятченин Д. А. Нечеткие методы автоматической классификации: монография / Д. А. Вятченин. — Мн.: УП «Технопринт», 2004. — 219 с.
6. Rousseeuw J. P. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis / J. P. Rousseeuw // J. Comp. Appl. Math. — 1987. — № 20. — P. 53–65.
7. Gustafson D. E. Fuzzy clustering with a fuzzy covariance matrix / D. E. Gustafson W. C. Kessel // Proc. IEEE CDC. — 1979. — № 7. — P. 773–781.
8. Заболотникова В. С. Учет субъектов предпринимательской деятельности в условиях неопределенности на основе метода нечеткой кластеризации / В. С. Заболотникова // Научные труды ДонНТУ. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника». — 2011. — 14(188). — С. 283–290.
9. Заболотникова В. С. Застосування нечіткої кластеризації для удосконалення контролю в податковій службі / В. С. Заболотникова // Журнал «Проблеми інформаційних технологій». — № 01(011). — С. 159–164.
10. Гончарова Н. Е. ВПС: Управление производственными процессами. КЛ. / Н. Е. Гончарова. — М.: Приор, 2007. — 174 с.
11. Ромашкова О. Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом / О. Н. Ромашкова, Т. Н. Ермакова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. — 2015. — № 2. — 122 с.
12. Ромашкова О. Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе / О. Н. Ромашкова, Т. Н. Ермакова // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. — 2016. — № 57. — С. 82–87.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ТОКА В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

AUTOMATIC CURRENT CONTROL SYSTEM IN INSTALLATIONS FOR MEASURING SOIL RESISTIVITY

A. Martynov

Summary. In this article, we consider the possibility of applying various options for automatic control and stabilization of the current signal in vertical electrical sounding devices used in soil resistivity measurements. The circuits should provide a smooth transition of the current after the unit is turned on to the preset level and the noise suppression associated with the physical characteristics of the medium to be measured is suppressed. The circuit must meet the specified requirements, among which zero static error in steady state, system stability, current stability under external disturbances, and others. The possibility and efficiency of application of PID regulators and other types, as well as their combinations, are analyzed. The analysis is performed using mathematical modeling software. Algorithms for evaluating the characteristics of circuits and checking them for compliance with specified requirements are described. Such characteristics as time of the transient process, noise suppression, stability of the system under external disturbances, static error in the steady state are estimated. The selection of parameters for the regulators of the circuits is carried out. The recommendations for speeding up the selection process are given. The stability of schemes with matched parameters is estimated. A comparative analysis of the final results is presented with the choice of schemes with the best results.

Keywords: ground specific resistance; Method of vertical electrical exploration; automatic control system; PID-regulator; modeling.

Мартынов Алексей Владимирович

Ведущий инженер, Компания «ТБН энергосервис»
martal12345.67@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются возможность применения различных вариантов схем автоматического регулирования и стабилизации токового сигнала в установках вертикального электрического зондирования, применяемых в установках измерения удельного сопротивления грунта. Схемы должны обеспечивать плавный переход тока после включения установки на заданный уровень и подавление шумов, связанных с физическими особенностями измеряемой среды. Схема должна соответствовать заданным требованиям, среди которых нулевая статическая ошибка в установившемся режиме, устойчивость системы, стабильность тока при внешних возмущениях и другие. Анализируется возможность и эффективность применения в схемах регуляторов ПИД и других типов, а также их комбинаций. Анализ выполняется с применением программных средств математического моделирования. Описываются алгоритмы оценки характеристик схем и проверки их на соответствие заданным требованиям. Оцениваются такие характеристики как время переходного процесса, подавление шума, стабильность системы при внешних возмущениях, статическая ошибка в установившемся режиме. Осуществляется подбор параметров для регуляторов схем. Приведены рекомендации для ускорения процесса подбора. Проведена оценка устойчивости схем с подобранными параметрами. Приводится сравнительный анализ итоговых результатов с выбором схем с наилучшими результатами.

Ключевые слова: удельное сопротивление грунта; Метод вертикального электрического зондирования; система автоматического регулирования; ПИД-регулятор; моделирование.

Введение

Для измерения удельного сопротивления грунта применяются различные методы, в т.ч. метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) [1,2,3,4].

В процессе измерения удельного грунта в установках ВЭЗ в землю, при помощи двух точечных питающих электродов от электрического измерительного генератора, вводится стабилизированный электрический ток I . Значение тока необходимо регулировать, обеспечивая плавный переход на заданный рабочий уровень при запуске, а также подавлять шумы и другие внешние возмущения, связанные с физическими особенностями измеряемой среды.

В данной работе рассматривается реализация различных схем автоматического регулирования тока, анализируются их эффективность и целесообразность применения.

1. Постановка задачи

Системы автоматического регулирования токового сигнала должны выполнять следующие задачи:

Задача 1. Обеспечить выход значения регулируемого параметра на заданный уровень по апериодическому [6,7] закону.

Задача 2. Обеспечить подавление шумов и других внешних возмущений, поступающих извне (от электродов) на вход данного устройства.

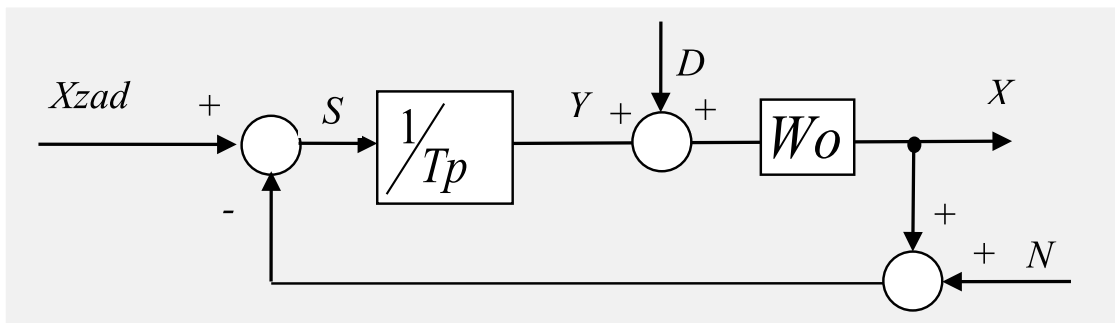


Рис. 1. Структурная схема автоматического регулирования на основе апериодического звена 1-го порядка

2. Выбор схемы автоматического регулирования

Для решения задачи 1 необходимо подобрать схему, которая отвечает следующим требованиям:

- ◆ Нулевая статическая ошибка в установившемся режиме;
- ◆ быстрый и плавный переходной процесс;
- ◆ обеспечение устойчивости;

Для решения задачи 2 схема должна обеспечивать:

- ◆ подавление шумов;
- ◆ стабильность уровня выходного сигнала при внешних возмущениях, т.е. способность восстановления значения регулируемого параметра до заданного уровня.

2.1. Схема на основе апериодического звена

Апериодическое звено 1-го порядка [6,7] обеспечивает плавный переходной процесс.

Передаточная функция звена в операторном виде при нулевых начальных условиях имеет вид:

$$W = \frac{1}{Tp + 1}, \quad (1)$$

где T — постоянная времени.

Не сложно проверить, что передаточная функция апериодического звена равна передаточной функции интегратора с передаточной функцией

$$\frac{1}{Tp'}$$

охваченного единичной отрицательной обратной связью.

Схема на основе апериодического звена приведена на рисунке 1.

Задающий сигнал $Xzad$ представляет собой ступенчатую функцию со скачком от 0 до заданного значения.

Внешние возмущения D связаны с влиянием нагрузки и другими параметрами измеряемой среды. Для упрощения анализа D моделируется сосредоточенным источником, приложенным к входу объекта.

Источник шума N моделирует помехи измерений регулируемого параметра X и помех в цепи обратной связи.

Объект регулирования представляет собой измеряемую среду и электроды, т.е. вход и выход объекта совпадают. Регулируемый параметр X при отсутствии внешних возмущений равен управляющему сигналу Y , влияние внешних возмущений учтено в схеме, поэтому последующих схемах звено Wo исключено.

2.2. Схемы с регуляторами

Для улучшения качества управления (регулирования) в схему добавляются регуляторы, которые могут представлять собой пропорционально-интегрально-дифференцирующие (ПИД) регуляторы [6,7], либо другие более сложные регуляторы.

На рисунке 2 приведена схема автоматического регулирования с регулятором, обозначенным R .

Регулируемый параметр X рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{R}{Tp + R} Xzad + \frac{Tp}{Tp + R} D - \frac{R}{Tp + R} N \quad (2)$$

Учитывая принцип суперпозиции [6,7], в формуле (2) видно, что передаточные функции полезного сигнала и шума совпадают по модулю, соответственно имеют

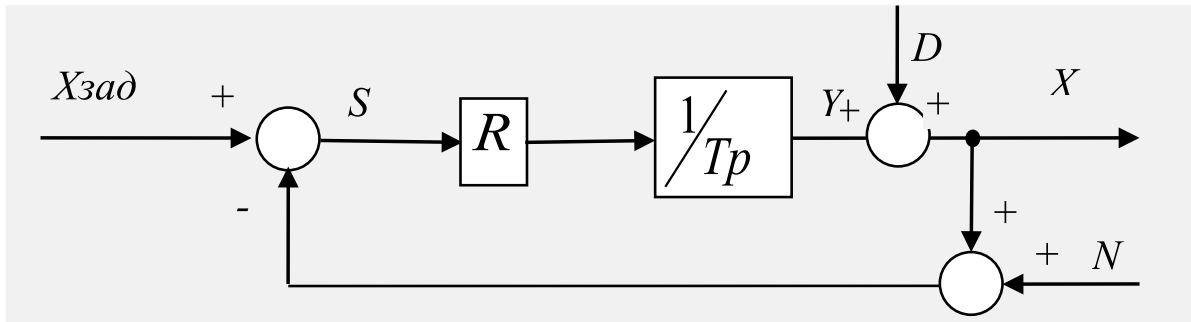


Рис. 2. Структурная схема автоматического регулирования с регулятором

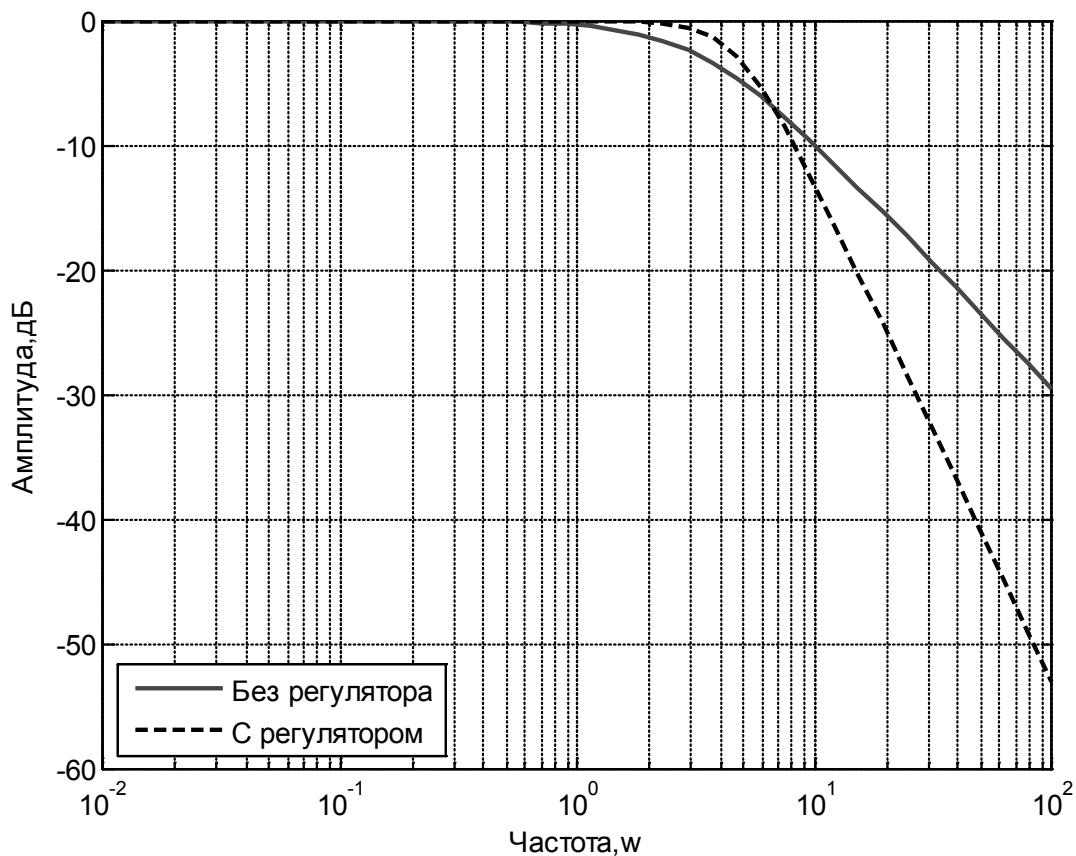


Рис. 3. ЛАЧХ схем без регулятора с регулятором типа аperiodического звена 1-го порядка.

общую логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ).

ЛАЧХ должна быть близкой к нулю в области низких частот, чтобы обеспечить нулевую статическую ошибку и резко идти вниз в области высоких частот для подавления шума.

ПИД- регуляторы, можно представить в операторном виде как звено с передаточной функцией:

$$R = K1 + K2p + \frac{K3}{p}, \quad (3)$$

где $K1, K2, K3$ — подбираемые параметры.

Интерес также представляет регулятор в виде аperiodического звена 1-го порядка (далее по тексту А) с передаточной функцией:

$$A = \frac{1}{T2p + 1}, \quad (4)$$

где $T2$ — подбираемый параметр.

На рисунке 3 приведены две диаграммы ЛАЧХ для схемы на основе аperiodического звена 1-го порядка и с регулятором А при $T2 = 0,15$.

Таблица 1. Передаточные функции регуляторов и схем на их основе

№ п/п	Тип	ПФ регулятора	ПФ схемы
1	П	$K1$	$Y = \frac{K1}{Tp + K1} X_{zad}$
2	Д	$K2p$	$Y = \frac{K2}{T + K2} X_{zad}$
3	И	$\frac{K3}{p}$	$Y = \frac{K3}{Tp^2 + K3} X_{zad}$
4	ПД	$K1 + K2p$	$Y = \frac{K2p + K1}{(T + K2)p + K1} X_{zad}$
5	ПИ	$K1 + \frac{K3}{p}$	$Y = \frac{K1p + K3}{Tp^2 + K1p + K3} X_{zad}$
6	ДИ	$Wpid = K2p + \frac{K3}{p}$	$Y = \frac{K2p^2 + K3}{(T + K2)p^2 + K3} X_{zad}$
7	ПИД	$K1 + K2p + \frac{K3}{p}$	$Y = \frac{K2p^2 + K1p + K3}{(T + K2)p^2 + K1p + K3} X_{zad}$
8	А+П	$\frac{K1}{T2p^2 + 1}$	$Y = \frac{K1}{T \cdot T2p^2 + Tp + K1} X_{zad}$
9	А+Д	$\frac{K2p}{T2p + 1}$	$Y = \frac{K2}{T \cdot T2p + T + K2} X_{zad}$
10	А+И	$\frac{K3}{T2p^2 + p}$	$Y = \frac{K3}{T \cdot T2p^3 + Tp^2 + K3} X_{zad}$
11	А+ПД	$\frac{K1 + K2p}{T2p + 1}$	$Y = \frac{K2p + K1}{T \cdot T2p^2 + (T + K2)p + K1} X_{zad}$
12	А+ПИ	$\frac{K1p + K3}{T2p^2 + p}$	$Y = \frac{K1p + K3}{T \cdot T2p^3 + Tp^2 + K1p + K3} X_{zad}$
13	А+ДИ	$\frac{K2p^2 + K3}{T2p^2 + p}$	$Y = \frac{K2p^2 + K3}{T \cdot T2p^3 + (T + K2)p^2 + K3} X_{zad}$
14	А+ПИД	$\frac{K1p^2 + K1pK3}{T2p^2 + p}$	$Y = \frac{K2p^2 + K1p + K3}{T \cdot T2p^3 + (T + K2)p^2 + K1p + K3} X_{zad}$

По диаграммам видно, что ЛАЧХ для схемы с регулятором А более резко идёт вниз, т.е. более эффективно подавляется шум.

В таблице 1 приведены типы регуляторов и передаточные функции (ПФ) регуляторов и схем на их основе.

Схемы с регуляторами Д, И, ДИ, А+Д, А+И, А+ДИ не подходят для решения поставленных задач, и в дальнейшем не рассматриваются.

Остальные схемы подробно рассматриваются в разделе «Анализ и моделирование».

3. Анализ и моделирование

Подбор значений параметров $T2, K1, K2, K3$ для обеспечения наиболее качественного регулирования выполняется с помощью математического моделирования [14,15].

В разработанной математической модели на вход подается ступенчатая функция со скачком от 0 до 1,5 в момент включения. На выходе формируются дискретные значения функции регулируемого параметра X . Дискретность моделирования 0,01 сек; значение постоянной времени T при расчёте равно 0,3 сек; общее время моделирования 10 сек.

По выбору, в зависимости от задачи, можно включать или не включать шумовое воздействие N в виде нормального шума, внешние возмущения D (рисунки 1,2).

3.1. Оценка статической ошибки

Входной сигнал X_{zad} в установившемся режиме является постоянным, т.е. предельный случай гармонического (синуса) с нулевой частотой. Поэтому для обеспечения нулевой установившейся ошибки прямая цепь «регулятор R — интегрирующее звено

$$\frac{1}{Tp} \gg$$

должна иметь бесконечное усиление на нулевой частоте ($p \rightarrow 0$) [6,7].

В рассматриваемых далее схемах данное условие выполняется.

Для оценки статической ошибки рассчитывается среднее значение \bar{X} функции X за последние 5 секунд периода моделирования, и определяется статическая ошибка по формуле:

$$\Delta = X_{zad} - \bar{X} \quad (6)$$

3.2. Оценка времени переходного процесса по результатам моделирования

Время переходного процесса определяется периодом с момента скачка сигнала X_{zad} до момента, когда

значение регулируемого параметра на выходе схемы достигает стабильного состояния.

Для оценки времени переходного процесса моделируется функция регулируемого параметра X без шума и внешних возмущений. Для каждого дискретного значения функции, начиная с предпоследнего в сторону убывания, определяется относительное отклонение его от последнего дискретного значения. Процесс продолжается до момента на оси времени, когда относительное отклонение превысит заданный порог Δ (см. далее). Этот определяет время переходного процесса.

Для схемы на основе аperiodического звена без регулятора, примерное время переходного процесса можно рассчитать по формуле:

$$Tp = 3 \cdot T \quad (7)$$

При $T = 0,3$ сек. данное $Tp = 0,9$ сек.

В модели данный результат получается при $\Delta = 3\%$.

Рассматриваемые схемы могут представлять собой аperiodические звенья 2-го порядка или более сложные схемы, в которых присутствует «колебательность». Т.е. достижение коридора 3% не обеспечивает достаточной точности, необходимой для измерения в установке ВЭЗ.

В модели устанавливается порог Δ равный 1%. Тогда по результату моделирования схемы на основе аperiodического звена без регулятора время переходного процесса получается равным 1,23 секунды.

Как показывают исследования, при стремлении уменьшить время переходного процесса за счёт подбора параметров $T2, K1, K2, K3$, ухудшается характеристика подавления шума. Т.к. более приоритетной задачей в рамках данной работы является подавления шума, при подборе параметров $T2, K1, K2, K3$ допустимое время переходного процесса увеличено до 1,5 сек.

3.3. Оценка подавления шумов по результатам моделирования

Для оценки подавления шумов моделируется функция регулируемого параметра X с подмешиванием нормального шума N со среднеквадратичным отклонением 0,15.

Чтобы оценить степень подавления шума рассматриваемыми схемами, в модели выполняется расчет стандартного отклонения по формуле:

$$Sr = \frac{S}{\bar{X}}, \quad (8)$$

где

S — среднеквадратичное отклонение.

Для расчёта дисперсии выходного сигнала X рассматривается интервал времени от 5 до 10 секунд, когда выходной сигнал гарантированно стабилизирован.

Величина стандартного отклонения Sr для схемы на основе апериодического звена без регулятора по результатам моделирования равна 0,011546. В других схемах, более сложных в реализации, данная величина должна быть ниже. При подборе параметров учитывается данное условие.

3.4. Оценка стабильности системы при возмущениях по результатам моделирования

Внешние возмущения, связанные с влиянием нагрузки и других параметров измеряемой среды, влияют на функционирование системы, выводя её на время из рабочего состояния. Способность быстрого возвращения в исходное состояние определяет качество стабильности системы.

После скачка, вызванного внешним возмущением, значение параметра X постепенно достигает уровня, близкого $X_{зад}$, т.е. уровня сигнала без внешнего возмущения. Чем меньше время достижения данного уровня, тем лучше стабильность системы.

Для оценки стабильности системы при внешних возмущениях вначале моделируется функция регулируемого параметра X без шума и без возмущающих возмущений. Затем моделируется аналогичная функция с внешним возмущением, представляющим собой отрицательный скачок на 5%, подмешиваемый к сигналу Y (рисунки 1,2).

Далее выполняется сравнение функций, и определяется период времени Ts , в течение которого их значения различаются на величину более 0,2% уровня $X_{зад}$. Значение Ts определяет стабильность системы.

Для схемы на основе апериодического звена без регулятора по результатам моделирования Ts равно 0,95 сек. Незначительное превышение данной величины при подборе параметров $T2$, $K1$, $K2$, $K3$ не должно принципиально сказаться на стабильности системы, позволяя при этом улучшить подавление шума, поэтому допустимое значение Ts увеличено до 1 сек.

3.5. Подбор параметров по результатам моделирования

Критерием подбора является максимальное подавление шума (т.е. минимальное значение Sr) при соблюдении условий:

- ◆ Время переходного процесса Tp не должно превышать 1,5 секунды.
- ◆ Среднее отклонение Sr не должно превышать 0,011546.
- ◆ Значение Ts не должно превышать 1 секунды.

Подбор параметров осуществляется с помощью программной обработки, при которой многократно выполняется математическое моделирование схем с последующей обработкой результатов при различных заданных комбинациях параметров $T2$, $K1$, $K2$, $K3$. В программе задаются начальное значение, шаг и количество значений $T2$, $K1$, $K2$, $K3$.

Для упрощённых регуляторов ПИ, ПД, П и др., начальные значения отсутствующих параметров задаются равными 0, количество значений 1.

Если $NK1$, $NK2$, $NK3$, $NT2$ — количество значений параметров $T2$, $K1$, $K2$, $K3$ соответственно, то количество комбинаций равно:

$$NK = NK1 * NK2 * NK3 * NT2 \quad (9)$$

Данное число может быть достаточно большим и значительно увеличивает время подбора параметров. Для ускорения процесса целесообразно:

- ◆ При первом запуске программы задать более крупный шаг, что обеспечивает просмотр заданного диапазона при меньшем количестве значений.
- ◆ При последующих запусках программы анализировать предыдущие результаты и исключать неподходящие области значений параметров, таким образом, сужая диапазон и уменьшая шаг.

В таблице 2 приведены результаты подбора параметров $T2$, $K1$, $K2$, $K3$ и обеспечиваемое ими среднее отклонение Sr с помощью описанной выше программной обработки.

В схемах с регуляторами ПД, ПИД дифференциальная составляющая улучшений по подавлению шума не даёт и далее не рассматривается

3.6. Оценка устойчивости

В данном разделе проводится оценку устойчивости рассматриваемых схем с подобранными параметрами.

Таблица 2. Результаты подбора параметров

№ п/п	Тип	Параметры				Sr	Примечание
		K1	K2	K3	T2		
1	П	1	-	-	-	0,0115460	Без регулятора
2	П	0,96	-	-	-	0,0112110	
3	ПД	0,96	0	-	-	0,0112110	
4	ПИ	0,85	-	0,0570	-	0,0104990	
5	ПИД	0,85	0	0,0570	-	0,0104990	
6	А+П	0,66	-	-	0,1822	0,0078528	
7	А+ПД	0,70	0,0390	-	0,2180	0,0076077	
8	А+ПИ	0,65	-	0,0080	0,1840	0,0077707	
9	А+ПИД	0,67	0,0174	0,0076	0,1998	0,0076052	

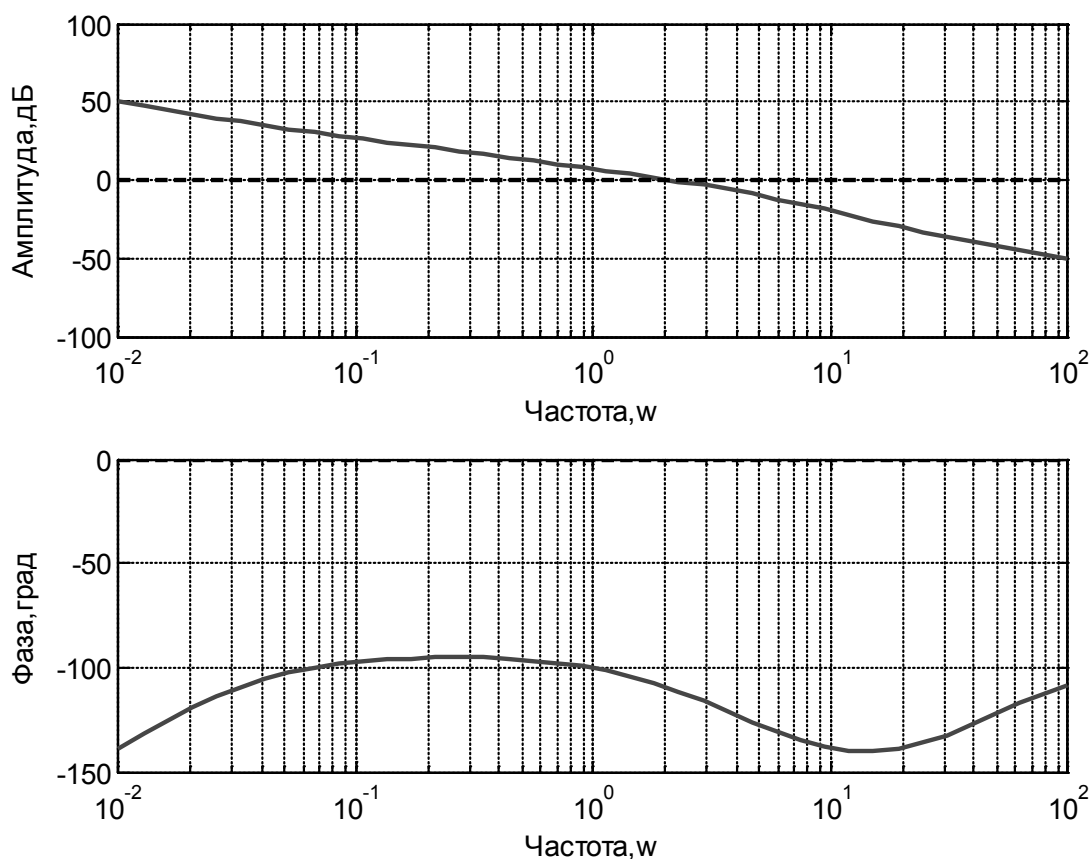


Рис. 6. ЛАФЧХ схемы с регулятором типа А+ПИД

Оценку устойчивости системы можно выполнить, применив критерий Найквиста для ЛАФЧХ [6,7,9]. Для этого необходимо построить и проанализировать ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы без шума и внешних возмущений. Система считается устойчивой, если значение фазы на частоте среза должно быть больше, чем -180° .

На рисунке 6 приведены ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы схемы с регулятором типа А + ПИД, как наиболее сложной.

По рисунку видно, что схема с регулятором типа А+ПИД соответствует критерию устойчивости Найквиста для ЛАФЧХ. Остальные схемы также соответствуют данному критерию. Их ЛАФЧХ здесь не приводятся.

3.7. Итоговые результаты

В таблице 3 приведены результаты математического моделирования схем с подобранными параметрами.

Таблица 3. Результаты математического моделирования

№ п/п	Тип	Параметры				Результаты моделирования			
		K1	K2	K3	T2	Sr	Tr	Ts	Δ
1	П	1	-	-	-	0,0115460	1,23	0,95	$-3.8 \cdot 10^{-9}$
2	П	0,96	-	-	-	0,0112110	1,29	0,99	$-7.8 \cdot 10^{-9}$
3	ПИ	0,85	-	0,0570	-	0,0104990	1,31	0,99	0,023
4	А+П	0,66	-	-	0,1822	0,0078528	1,08	0,99	$6,7 \cdot 10^{-8}$
5	А+ПД	0,70	0,039	-	0,2180	0,0076077	1,09	0,99	$1,9 \cdot 10^{-7}$
6	А+ПИ	0,65	-	0,0080	0,1840	0,0077707	1,10	0,99	0,008
7	А+ПИД	0,67	0,0174	0,0076	0,1998	0,0076052	1,10	0,99	0,007

Для сравнения в первой строке таблицы приведены результаты схемы на основе апериодического звена.

Выводы по результатам моделирования

1. Наилучший результат по подавлению шума обеспечивают схемы с регулятором типа А+ПД и А+ПИД.

2. Интегральная составляющая в регуляторе увеличивает значение статической ошибки Δ , и в схеме с регулятором типа А+ПИД составляет 0,48% относительно полезного сигнала.

3. В схемах с составными регуляторами время переходного процесса меньше.

Заключение

Применение ПИД-регуляторов в схеме автоматического управления генерацией тока обеспечивает некоторые улучшения функционирования в плане подавления шумов, стабилизации при внешних воздействиях.

Лучшего эффекта можно достичь, применяя более сложные составные регуляторы. В данной работе рассматривались ПИД-регуляторы с дополнительным апериодическим звеном 1-го порядка.

Описанная в данной работе методика моделирования и получения результатов, подбора параметров и сравнительной оценки может применяться для других вариантов схем, не рассматриваемых в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

- Краев А. П. Основы геоэлектрики: Учебное пособие для студентов геофизической специальности геологоразведочных вузов и геологических факультетов. — Изд. 2-е (исправленное и дополненное). — Л.: Изд-во «Недра», 1965.
- Коструба С. И. Измерение удельного сопротивления грунта. Предпроектные изыскания для сооружения заземляющих устройств. — Журнал «Новости электротехники», № 6(18) 2002–1(19) 2003.
- В.К. Хмелевской, Электроразведка, изд. 2-е — М.: Изд-во МГУ, 1984 г. С ил., 422с.
- Электрическое зондирование геологической среды. /Ред. В. К. Хмелевской и В. А. Шевнин. М., МГУ. Ч. 1 1988, Ч. 2 1992. 140 с.
- Светов Б. С. Основы геоэлектрики. Изд-во ЛКИ, 2008.
- Бесекерский В. А. Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное — М.: Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1975.
- Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. Пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Наука, 1989.
- Вавилов А.А., Имаев Д. Х.. Машинные методы расчета систем управления. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
- Воронов А. А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. — М.: Наука, 1979.
- Математические основы теории автоматического регулирования. Т. 1, 2/Под ред. Б. К. Чемоданова. — М.: Высшая школа, 1977.
- Evan W. R., Control System Dynamics. New York, 1954.
- Basic Feedback Control System Dsign. New York, 1958.
- Zaden L. A., Desoer C. A., Linear Systems Theory. McGraw-Hill, New York, 1963.
- Лазарев Юрий Федорович Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. — К.: НТУУ «КПИ», 2003. — 424 с.
- Краснопрошина А. А., Репникова Н. Б., Ильченко А. А. Современный анализ систем управления с применением MATLAB, Simulink, ControlSystem: Учебное пособие. — К.: «Корнійчук», 1999. — 144 с.

© Мартынов Алексей Владимирович (martal12345.67@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ СТОХАСТИЧЕСКИХ ГРАФОВ

MODELING OF INFORMATION EXCHANGE SYSTEMS USING STOCHASTIC GRAPHS

M. Musayev

Summary. The Article is dedicated to development known and development of a new analytical method of study of the exchange by information between controlling computing system and subscriber. Difficulty of the analysis of the systems of the exchange by information is conditioned by difficulty of the process of the exchange. The considered model exchange system by information in single-circuit controlling computing system (CCS) and building its mathematical model with considering provision for some simplifications. These models in step of functional syntheses allows to conduct the analysis and estimate necessary performance a processor, time to realization of the standard program, analyses the flows in system, compare the different variants of the building of the functional nodes and ways of the exchange by information between CS and external subscribers, identify the possible mistakes.

Keywords: systems of the exchange by information, two-phase system of mass service, exponential distribution, external poison flow, stochastic earl.

Мусаев Мухаммаджон Усарович

*К.т.н., доцент, Навоийский государственный
горный институт, Узбекистан Ташкентская область
г. Алмалык
elyor.musayev1978@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена развитию известных и разработке новых аналитических методов исследования обмена информацией между управляющей вычислительной системы и абонентами. Сложность анализа систем обмена информацией обусловлена сложностью процесса обмена. Рассмотрена модель система обмена информацией в одноконтурной управляющей вычислительной системе (УВС) и построение ее математической модели с учетом некоторых упрощений. Эти модели на этапе функционального синтеза позволяют провести анализ и оценить необходимую производительность процессоров, время реализации типовой программы (работы), проанализировать потоки в системе, сравнить различные варианты построения функциональных узлов и способы обмена информацией между ВС и внешними абонентами, выявить возможные ошибки.

Ключевые слова: систем обмена информацией, двухфазная система массового обслуживания, экспоненциальное распределение, внешний пуассоновский поток, стохастический граф.

Постановка задачи

При построении и исследовании математической модели вычислительных систем используется некоторые приближения и упрощения. Для этого имеется много доводов и, прежде всего—это невозможность математически абсолютно точно представить и описать реальную систему. Кроме того, очень хорошая модель может оказаться трудной в математическом отношении, что зачастую не оправдывается экономически применение точных моделей. С этой целью проведен анализ модели систем обмена информацией в одноконтурной управляющей вычислительной системы.

Вывод уравнений

Формальной моделью описанной выше ВС служит двух узловая двухфазная система массового обслуживания (СМО), у которой узел (процессорные устройство) содержит один обслуживающий прибор А и является первой фазой для внешнего потока заявок и второй — для внутреннего потока, генерируемого внешним запоминающим устройством (узлом С) (рис 1). Полагаем, что ширина полосы пропускания памяти

больше или равна ширине полосы процессоров, а поэтому на выходе С всегда содержатся заявки внутреннего потока, требующие второй фазы обслуживания. На вход системы поступает внешний пуассоновский поток интенсивности λ .

Прибор А должен обслуживать заявки внутреннего потока и внешнего, обладающего относительным приоритетом. Следовательно, заявки внешнего потока не прерывают уже начатого обслуживания заявки внутреннего потока, а поступают в очередь r накопитель (БН) и ждут окончания обслуживания. Если же в очереди r нет заявок, а в узле С всегда имеются заявки внутреннего потока (предположение о неограниченности программ), то прибор А по окончании обслуживания одной заявки из узла С немедленно приступает к обслуживанию другой и т.д. до прихода заявок внешнего потока.

Сделав допущение о том, что время обслуживания имеет экспоненциальное распределение с параметром μ для внешнего потока и μ_1 для внутреннего, тогда СМО может быть описана однородной Марковской цепью, для которой определим фазовой вектор

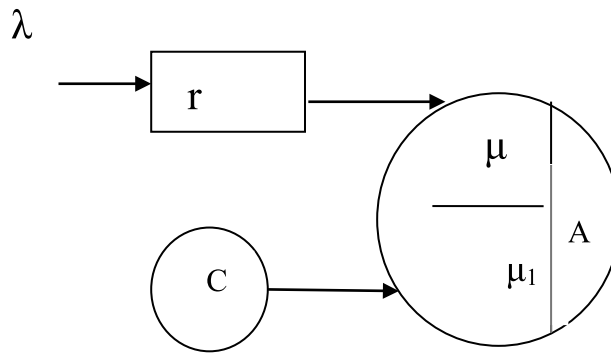


Рис. 1. Двухузловая двухфазная СМО

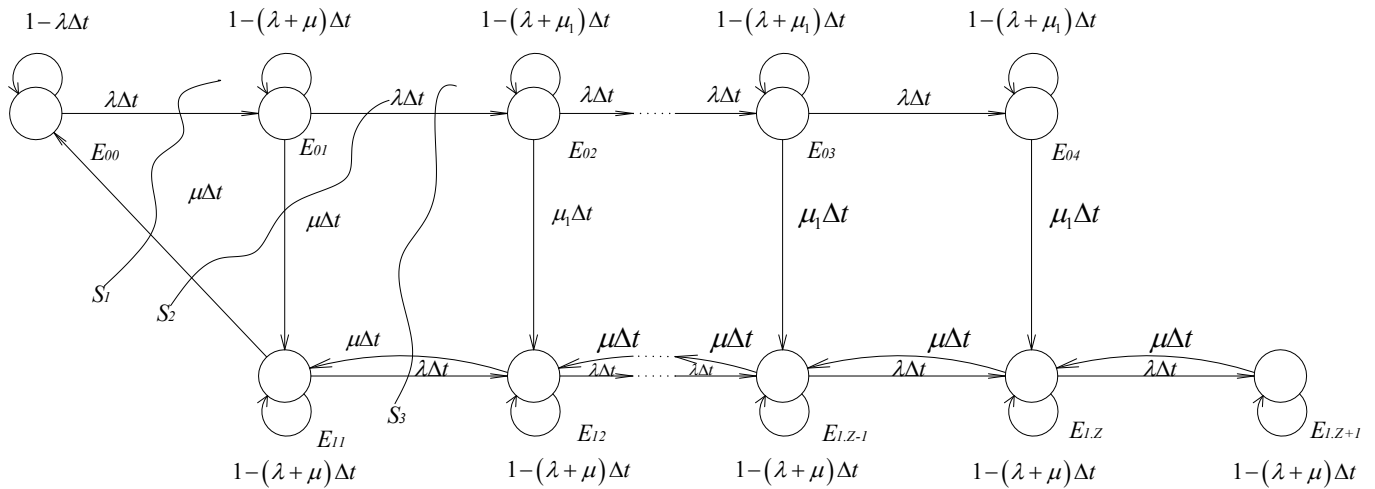


Рис. 2. Граф переходов обслуживающей системы

$P(t) = \{P_{00}(t), P_{01}(t), \dots, P_{0r}(t), P_{11}(t), P_{12}(t), \dots, P_{1r+1}(t)\}$, где $P_{ik}(t)$ — вероятность пребывания системы в момент времени t в состоянии $E_{ik}; i = 0, 1; k = 0, 1, \dots, r + 1$.

Чтобы определить Марковский процесс, необходимо задаться матрицей плотностей переходов. Это удобно делать, построив стохастический граф процесса [1, 2], так как между матрицей плотности перехода и матрицей смежности B графа $G(X, F)$ существует взаимно однозначное соответствие [1]. Графом $G(X, F)$ называется пара, состоящая из множества X и отображения F множества X в подмножество Y по закону, когда каждому элементу $x \in X$ ставится в соответствие некоторое подмножество $F_x \subset Y$. При этом возможны подмножества $F_x = \emptyset$. Каждый элемент множества X (множество элементарных состояний системы) представляет вершину графа, а упорядоченная пара элементов (X, Y) , где $y \in F_x$ является дугой графа.

Квадратная матрица $B = \|b_{\alpha\beta}\|_{\alpha, \beta=0}^N = 1$ называется матрицей смежности графа G , где $b_{\alpha\beta} = 1$, если из X_α в вершину X_β идет дуга, и $b_{\alpha\beta} = 0$ — в противном случае. Чтобы получить из матрицы B матрицу A , нужно

единичные элементы матрицы B заменить соответствующими плотностями переходов.

Построим граф возможных переходов, за время Δt между состояниями множества X . Для этого элементы X состояния изобразим в виде точек (или малых кружков), называемых узлами графа, расположив в ряд все состояния $x \in X (x = 0, 1, \dots, N)$ в порядке возрастания (слева направо) количества заявок в системе. Возможные переходы из одного состояния в другое указываются стрелками, соединяющими эти состояния. Осуществляются же переходы в результате принятия на обслуживание новой заявки (переход направо) или окончания обслуживания (переход налево). Линия, соединяющая два узла, называется ветвью графа. Каждая ветвь (x, y) характеризуется величиной, называемой передачей ветви P_{xy} , а для нашей системы передача принимает смысл вероятности перехода из состояния x в состояние y .

Ветвь бывает прямой, индексы коэффициента передачи расположены в порядке возрастания, и обратной, если в коэффициенте передачи расположены в порядке убывания. Ряд последовательных ветвей образует путь

графа, и если этот путь замкнут, то мы имеем контур обратной связи. Если контур обратной связи образован одной ветвью, то он называется петлей.

Для пуассоновского процесса коэффициент передачи (вероятность перехода) прямых ветвей, вычисленный с точностью до $0(\Delta t)$, одинаков и равен $P_{i,i+1}(t) = \lambda \Delta t + 0(\Delta t)$, $i = 1, 2, \dots, r-1$, где r — длина очереди, а для обратных ветвей $P_{i,i+1}(t) = \mu \Delta t + 0(\Delta t)$, $i = 1, 2, \dots, r-1$, передачу петли найдем следующим образом:

$$P_{i,i+1}(t) = (\lambda + \mu)\Delta t + 0(\Delta t), \quad i = 1, 2, \dots, r.$$

На основании описанного выше алгоритма представления обслуживающего прибора заявкам различных потоков и алгоритма его освобождения составляем стохастический граф переходов (Рис. 2) обслуживающей системы, являющейся математической моделью исследуемой управляющей ВС.

Коэффициентами передачи ветвей данного графа будут:

$$\begin{aligned} P\{E_{ik} \rightarrow E_{i,k+1}\} &= \lambda \Delta t + 0(\Delta t), \quad i = 0, k = 0, 1, 2, \dots, r-1, \\ P\{E_{i,k+1} \rightarrow E_{ik}\} &= \mu \Delta t + 0(r-1\Delta t), \quad i = 1, \quad k = 1, 2, \dots, r, \\ P\{E_{0,k} \rightarrow E_{0,k}\} &= \begin{cases} 1 - \lambda \Delta t + 0(\Delta t) & k = 0 \\ 1 - (\lambda + \mu_1)\Delta t + 0(\Delta t) & k = 1, \dots, r-1; \\ 1 - (\lambda + \mu_1)\Delta t + 0(\Delta t) & k = r; \end{cases} \\ P\{E_{1,k} \rightarrow E_{1,k}\} &= \begin{cases} 1 - (\lambda + \mu)\Delta t + 0(\Delta t), & k = 1, \dots, r \\ 1 - \mu \Delta t + 0(\Delta t) & k = 1, \dots, r+1 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

В соответствии с графом составляем систему линейных дифференциальных уравнений первого порядка

$$\begin{cases} P'_{00}(t) = -\lambda P_{00}(t) + \mu P_{11}(t), & (a) \\ P'_{01}(t) = \lambda P_{0k-1}(t) - (\lambda - \mu_1)P_{0k}(t) \quad k = 1, \dots, r-1 & (б) \\ P'_{or}(t) = \lambda P_{or-1}(t) - \mu_1 P_{or}(t); & (в) \\ P'_{11}(t) = -(\lambda + \mu)P_{11}(t) + \mu P_{12}(t) + \mu_1 P_{01}(t); \\ P'_{1k}(t) = \lambda P_{1k+1}(t) - (\lambda + \mu)P_{1k}(t) + \mu P_{1k+1}(t) + \mu_1 P_{0k}(t) & (g) \\ \quad \quad \quad k = 2, 3, \dots, r \\ P'_{1r}(t) = \lambda P_{1r}(t) - \mu P_{1r+1}(t) & (e) \end{cases} \quad (2)$$

При $r \rightarrow \infty$ уравнения (2a) и (2r) очевидно отсутствуют.

Так как $\lambda, \mu, \mu_1 > 0$, то переходные вероятности также больше нуля, $P_{ik}(t) > 0$ ($i = 0, 1$); $k = 0, 1, 2, \dots, r+1$), $P_{ik}(t) > 0$ ($i = 0, 1$); $k = 0, 1, 2, \dots, r+1$), а поэтому данная цепь является неприводимой и апериодической. Тогда, согласно теореме Маркова [1,2], существуют предельные вероятности $P_{ik}(t)$, ($k = 0, 1, \dots, r+1$; $i = 0, 1$), что является единственным решением системы уравнений (3), полученным путем предельного перехода по t (при $t \rightarrow \infty, P'_{ik}(t) = 0$)

$$\begin{cases} -\lambda P_{00}(t) + \mu P_{11}(t) = 0 & (a) \\ \lambda P_{0k-1}(t) - (\lambda - \mu_1)P_{0k}(t) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, r-1; & (б) \\ \lambda P_{or-1}(t) + \mu_1 P_{or}(t) = 0 & (в) \\ (\lambda + \mu)P_{11}(t) + \mu P_{12}(t) + \mu_1 P_{01}(t) = 0 & (г); \\ \lambda P_{1k-1}(t) - (\lambda + \mu)P_{1k}(t) + \mu P_{1k+1}(t) + \mu_1 P_{0k}(t) = 0 & (d) \\ \quad \quad \quad k = 2, 3, \dots, r \\ \lambda P_{1r}(t) - \mu_1 P_{1r+1}(t) = 0 & (e) \end{cases} \quad (3)$$

Решая данную систему с условием нормировки

$$\sum_{k=0}^r P_{0k} + \sum_{k=1}^{r+1} P_{1k} = 1 \tag{4}$$

получим единственное распределение стационарных вероятностей системы.

Решение задачи

Определить вероятности состояний дискретной Марковской цепи можно, воспользовавшись теоремой Медведева Г.А. [1] для анализа стохастических графов, позволяющей получить простые рекуррентные формулы их вычисления. Суть теоремы состоит в следующем: выделяются сечения S ($S \subset F$) ветвей в графе $G = (X, F)$, которые превращают его при удалении S в на не связанных между собой связанных графа: $G_1(X_1, F_1)$ и $G_2(X_2, F_2)$. Причем сечение S можно представить в виде суммы двух сечений $S = S_1 \vee S_2$, где $S_1 \wedge S_2 = \emptyset$ и если $(\alpha, \beta) \in S_1$, то $\alpha \in X_1, \beta \in X_2$. Аналогично, если $(\alpha, \beta) \in S_2$, то $\alpha \in X_2, \beta \in X_1$. Тогда справедлива следующая теорема

$$\sum_{i,j \in S_1} P(i,j)P_i = \sum_{k,l \in S_2} P(k,l)P_k \tag{5}$$

Граф, представленный на рис 2. и описывающий поведение управляющей ВС при описанных допущениях о потоках и дисциплине обслуживания, может иметь следующие сечения:

1. $S_1 = \{(0,0;0,1), (1,1;0,0)\}$. В этом случае с помощью теоремы (5) получим соотношение $P_{00}\lambda = P_{11}\mu$; $P_{11} = [(\lambda/\mu)]P_{00}$.

2. Сечение 2: $S_2 = \{(0,1;0,2), (1,1;0,0), (1,1;0,0)\}$; В этом случае получаем

$$\begin{aligned} P_{01}\lambda + P_{01}\mu &= P_{11}\mu; \\ P_{01} &= [\mu/(\lambda + \mu_1)]P_{11}. \end{aligned} \tag{6}$$

Учитывая (6), найдем

$$P_{01} = [\mu/(\lambda + \mu_1)]P_{11} \tag{7}$$

3. $S_3 = \{(0,k;0,k+1), (1,k;1,k+1), (1,k+1;1,k)\}$ для $k = 1, 2, 3, \dots$

из которого с помощью (5) получаем

$$\begin{aligned} \lambda P_{0k} + \lambda P_{1k} &= P_{1k+1}\mu, \\ P_{1,k+1} &= (\lambda/\mu)(P_{0k} + P_{1k}), \text{ где } k = 1, 2, \dots, r, \end{aligned} \tag{8}$$

4. Сечение S'_2 дает выражение, аналогичное S_2 для произвольного $k = 1, 2, \dots, r$, в чем легко можно убедиться, для чего применим к

$$S'_2 = \{(0,k+1;0,k+2), (0,k+1;1,k+1),$$

$$(1,k;1,k+1), (1,k+1;1,k)\}$$
 теорему (5)

$$\begin{aligned} \lambda P_{0,k+1} + \mu P_{0,k+1} + \lambda P_{1k} &= P_{1,k+1}\mu; \\ P_{0,k+1} &= [\mu/(\lambda + \mu_1)](P_{1k+1} - [\lambda/(\lambda + \mu_1)]P_{1k}) \end{aligned} \tag{9}$$

и, подставив в последнее выражение P_{1k+1} , полученное из (8), значение после преобразований находим $P_{0k+1} = [\lambda/(\lambda + \mu_1)]P_{0k}$, $k = 1, 2, \dots, r$, где (9) применяя последовательно k раз, получим

$$P_{0k} = \lambda/(\lambda + \mu_1)P_{00}, \text{ или } P_{0k} = a^k P_{00}; \tag{10}$$

где $a = \lambda / (\lambda + \mu_1)$

Применяя же k раз (8) с учетом (6), (7) и (10), находим

$$\begin{aligned} P_{1k} &= \rho^k [(1 - \alpha^k) / (1 - \alpha)] P_{00} \\ (k = 1, 2, \dots, r + 1), \end{aligned} \tag{11}$$

где $\rho = \lambda / \mu, \alpha = \mu / (\lambda + \mu_1)$.

Подставив значение P_{0k} ($k = 0, 1, 2, \dots$) и P_{1k} ($k = 1, 2, \dots$) в условие нормировки, после преобразований находим

$$P_{00} = (1 - a)(1 - \rho) \tag{12}$$

Подставив (12) в (10) и (11) окончательно получим

$$P_{0k} = a^k (1 - a)(1 - \rho), (k = 0, 1, 2, \dots, r)$$

$$\begin{aligned} P_{1k} &= \rho^k [(1 - \alpha^k) / (1 - \alpha)] (1 - a)(1 - \rho), \\ (k = 1, 2, \dots, r + 1). \end{aligned}$$

Зная распределение стационарных вероятностей пребывания системы в различных состояниях, с помощью теоремы (5) можем определить среднее время ожидания, начала обслуживания заявок внешнего потока как $\bar{w} = \bar{k} / \lambda$, где \bar{k} — среднее число заявок в очереди r , определяемое следующим образом:

$$\bar{k} = \sum_{k=1}^r k P_{0k} + \sum_{k=1}^{r+1} (k-1) P_{1k} \tag{13}$$

При $r = \infty$ получим следующее выражение для \bar{k}

$$\begin{aligned} \bar{k} &= \frac{a}{(1-a)} + \frac{\rho_2}{(1-\rho)}, \quad \bar{k} = \rho / (1 - \rho) \\ \text{где } a &= \lambda / (\lambda + \mu_1). \end{aligned} \tag{14}$$

Подставив его в \bar{w} найдем

$$\bar{w} = (1/\mu_1) + (1/\mu) \cdot \rho / (1 - \rho), \rho = \lambda / \mu. \tag{15}$$

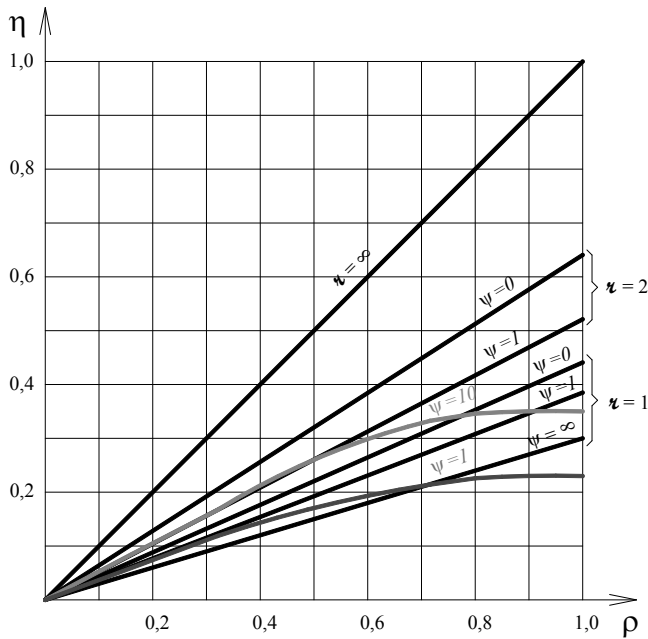


Рис. 3. График зависимости η от P_{00}

Кривые ————— получены для пуассоновского потока, ————— для регулярного потока.

Если время обслуживания заявок внутреннего потока равно нулю, т.е. $\mu_1 = \infty$ (это равносильно тому, что нет заявок внутреннего потока), то $a = 0$, а потому получим $\bar{w} = \rho / [\mu(1 - \rho)]$, $\bar{k} = \rho^2 / (1 - \rho)$, т.е. известные [1, 3, 2] формулы для вычислений времени ожидания начала обслуживания и средней длины очереди, если на вход обслуживающего прибора поступает один пуассоновский поток и имеет место дисциплина выбора из очереди « первый пришел — первый обслуживается ». Прибор не все время обслуживает заявки внутреннего потока, часть времени (производительной мощности) расходуется на обслуживание заявок внешнего потока, а потому среднее время обслуживания одной заявки внутреннего потока \bar{t}_r будет отличаться от величины μ_1^{-1} . Определим \bar{t}_r через вероятность занятости прибора обслуживания заявок внутреннего потока интенсивность их обслуживания:

$$\bar{t}_r = (\mu \sum_{k=1}^{\infty} P_{ok})^{-1}.$$

Коэффициент снижения производительность η процессора (производительность будем понимать в ранее определенном смысле) вычисляется следующим образом:

$$\eta = \frac{(\bar{t}_r - \mu_1^{-1})}{\bar{t}_r} = 1 - \sum_{k=0}^r P_{ok} \quad (16)$$

Подставив в \bar{t}_r и η значения $P_{ok} (k = 0, 1, 2, \dots, r)$, получим после упрощений $\bar{t}_r = 1 / \mu(1 - \rho)$, $\eta = \rho$.

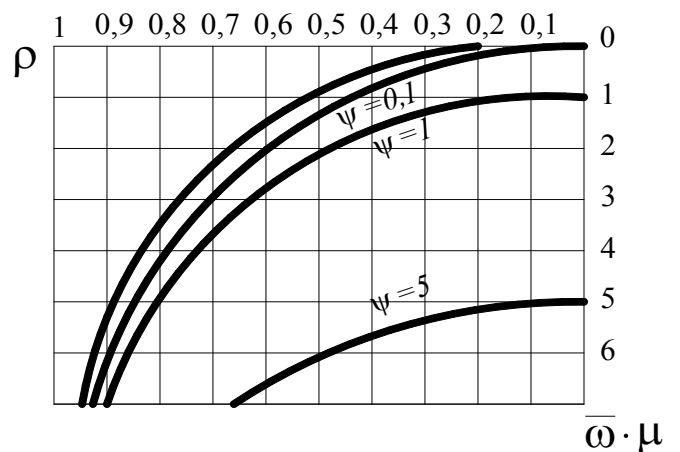


Рис. 4. Средняя длительность ожидания

Учитывая ограниченность длины очереди, выражение для P_{00} будем искать в виде

$$P_{00} = \frac{(1 - a)(1 - \rho)(\rho - a)}{\rho - a + a^{r+2}(1 - \rho) - \rho^{r+2}(1 - a)}. \quad (17)$$

При $r = 0$ мы получим $P_{00} = 1$. Это значит, что если очередь для накопления заявок внешнего потока отсутствует, то обслуживаться всегда будут заявки внутреннего потока. Отметим довольно простые выражения для P_{00} при

$$r = 1, 2; P_{00} | r = 1 = \frac{1}{1 + a + \rho};$$

$$P_{00} | r = 2 = 1 / [1 + \rho + \rho^2 + a(1 + a + \rho)].$$

которые помогут при построении графика зависимости P_{00} от длины очереди и интенсивности потока требований, поступающих от внешнего источника. (рис. 3.) Среднее время обслуживания заявок внутреннего потока при этом равно

$$\bar{t}_{rcp} = (1 - a)P_{00} / [\mu_1(1 - a)^{r+1}] \quad (18)$$

Тогда относительное снижение производительности обслуживания прибора будет

$$\eta = 1 - [1 + \frac{\lambda}{\mu_1} (1 - a^r)] P_{00} \quad (19)$$

График изменения P_{00} и $\eta = \eta(\lambda, \mu, \mu_1, r)$, показанные на рис. 4 для $r = 1, 2$ и $r = \infty$ при фиксированных значениях отношений $\psi = \mu / \mu_1$, равных 0,1 и ∞ , позволяют сделать ряд **выводов**:

1. При увеличении емкости внешнего накопителя уменьшается степень загрузки процессора вычислительными операциями и вероятность потери информации.

2. При $r \rightarrow \infty$ относительное снижение производительности стремится к величине загрузки процессора обслуживанием внешних заявок, т.е. $\eta \rightarrow \rho$.

На рисунке 3, 4 показана зависимость времени ожидания от величины ρ при фиксированных значениях отношения $\psi = \mu / \mu_1$ и сравниваются кривые при дисциплинах обслуживания: относительных и абсолютных приоритетах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнеденко. Б.В., Коволенко. И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. — 2-е изд. — М: наука, 1987.-336 с.
2. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях./ Нечепуренко. М.И., Попков. В.И. и др. — Новосибирск: Наука. Сибирское. отделение, 1990. — 515 с.
3. Медведев. Г. А. Анализ стохастических графов, описывающих поведения шаговых систем автоматического поиска // Автоматика и вычислительная техника, 1978, — N4 — с 15–24
4. Кендалл. Д. Стохастические процессы, встречающиеся в теории очередей и их анализ методом вложенных цепей Маркова: Математика. — М: ИЛ, 1969 г. с 3–22 (сб. переводов).

© Мусаев Мухаммаджон Усарович (elyor.musayev1978@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОПРОСНО-ОТВЕТНОГО ПОИСКА И ИХ КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

METHODS OF AUTOMATED QUESTION-ANSWER SEARCH AND THEIR COMPLEX USE

**V. Simankov
D. Tolkachev**

Summary. The methods used in the question-answer search are analyzed and classified. The method of complex use of methods for achieving the greatest flexibility and efficiency in the search for answers to the question is proposed. The results of comparative analysis of searching for answers are presented for different systems.

Keywords: answers, question, knowledge base, automatic summarization, ternary expressions.

Симанков Владимир Сергеевич

*Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
vs@simankov.ru*

Толкачев Демид Максимович

*К.т.н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
Gendalf373@rambler.ru*

Аннотация. Проанализированы и классифицированы методы, применяемые в вопросно-ответном поиске. Предложена методика комплексного использования методов для достижения наибольшей гибкости и эффективности при поиске ответов на вопрос. Представлены результаты сравнительного анализа поиска ответов различными системами.

Ключевые слова: ответ; вопрос; база знаний; автореферирование; тернарные выражения.

Вопросно-ответный поиск (ВОП) представляет собой особый тип информационного поиска. Учитывая набор документов, система вопросно-ответного поиска (СВОП) пытается найти правильный ответ на вопрос, заданный на естественном языке. ВОП включает в себя информационные технологии, искусственный интеллект, обработку естественного языка, управление базами данных и знаний, когнитивные технологии и технологии автореферирования.

Все СВОП можно разделить на две большие категории:

- 1) системы, обрабатывающие тексты на естественном языке;
- 2) системы, работающие с базой знаний (БЗ).

Первая категория СВОП использует в качестве источника ответов произвольные тексты. Они могут быть как загружены в систему предварительно, так и выбираться в процессе её работы, например, из сети Интернет. Для СВОП этой категории важным аспектом являются методы и алгоритмы анализа текстов на естественном языке.

Вторая категория СВОП использует в качестве источника ответов базу знаний. Такая БЗ может как создаваться вручную экспертами, так и автоматизированно, с привлечением специалистов лишь для проверки занесённых в неё фактов. Для СВОП этой категории важным аспектом являются методы наполнения БЗ и работы с ней.

Существуют и другие классификации СВОП, например, приведённая в [1]:

- ◆ веб-ориентированные СВОП;
- ◆ СВОП, основанные на поиске и извлечении информации;
- ◆ узкоспециализированные СВОП;
- ◆ СВОП на основе правил.

Существуют различные методы, используемые в автоматизированном вопросно-ответном поиске. Их можно разделить на основные и вспомогательные. Основные методы используются для непосредственного нахождения ответа на вопрос, тогда как вспомогательные применяются для облегчения этой задачи, повышения эффективности или быстродействия, но не способны самостоятельно найти ответ.

В [2] рассматривались такие методы и алгоритмы вопросно-ответного поиска:

- ◆ Ключевые слова;
- ◆ Семантический анализатор В. Тузова;
- ◆ Тернарные выражения;
- ◆ Шаблоны;
- ◆ Активные семантические сети Поспелова;
- ◆ Алгоритм N-грамм;
- ◆ Алгоритм синтаксического внутрисегментного анализа текста.

Методы, рассмотренные в [2], можно расширить нейронными сетями [3], [4], [5], [6]. Также следует заметить, что Семантический анализатор В. Тузова является одной из вариаций семантического анализа, Активные семантические сети Поспелова — одной из вариаций семантических сетей, а Алгоритм синтаксического вну-

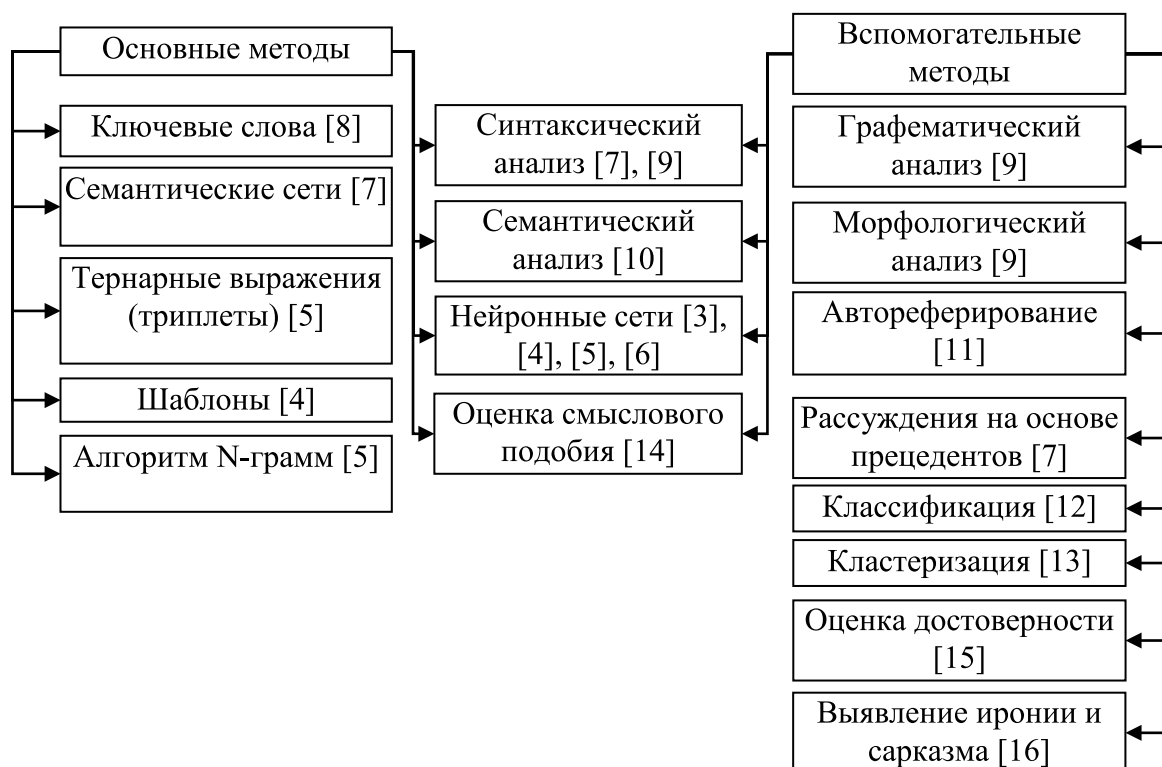


Рис. 1. Схема методов автоматизированного вопросно-ответного поиска

трисегментного анализа текста — одной из вариаций синтаксического анализа.

На основе [2] и с учётом актуальных работ в данной области систематизируем перечень методов и алгоритмов вопросно-ответного поиска (рисунок 1).

На схеме приведены все основные методы, используемые в вопросно-ответном поиске. Комбинируя их, можно построить любую существующую систему поиска ответов на вопрос. Эффективность каждого метода во многом определяется его конкретной модификацией и особенностями её реализации на практике, поэтому невозможно однозначно выявить лучший метод. Однако можно утверждать, что ни один из методов в отдельности не обеспечивает эффективного механизма автоматизированного поиска ответов на вопросы, поэтому необходимо их комплексное использование. Предложим следующую методику комплексного использования части рассмотренных методов.

Система вопросно-ответного поиска будет содержать две основные части: модуль работы с базой знаний и модуль работы с сетью Интернет. Модуль работы с базой знаний будет осуществлять её пополнение и актуализацию, а также поиск в ней фактов и выдачу их в качестве ответов пользователям.

Модуль работы с сетью Интернет будет осуществлять взаимодействие с поисковыми системами и анализ полученных веб-источников с целью выявления ответов на вопросы.

Система будет обрабатывать пользовательский вопрос в несколько этапов:

- ◆ анализ вопроса;
- ◆ обращение к базе знаний и поиск в ней ответа на вопрос;
- ◆ обращение к сети Интернет и поиск в ней ответов в случае, если в БЗ отсутствует однозначный ответ;
- ◆ актуализация БЗ на основе обратной связи с пользователем.

Предложенная методика развивает идеи, рассмотренные в [2], и является в достаточной степени универсальной. Она позволяет как проводить поиск ответов по сформированной базе знаний, так и искать новые сведения в сети Интернет, актуализируя БЗ по мере необходимости. Схематично изобразим её (рисунок 2).

Когда ответ на вопрос отсутствует в БЗ, осуществляется анализ веб-источников с целью его поиска. Для этого направляется запрос к одной из современных поисковых систем (Google, Яндекс и т.д.), и полученные

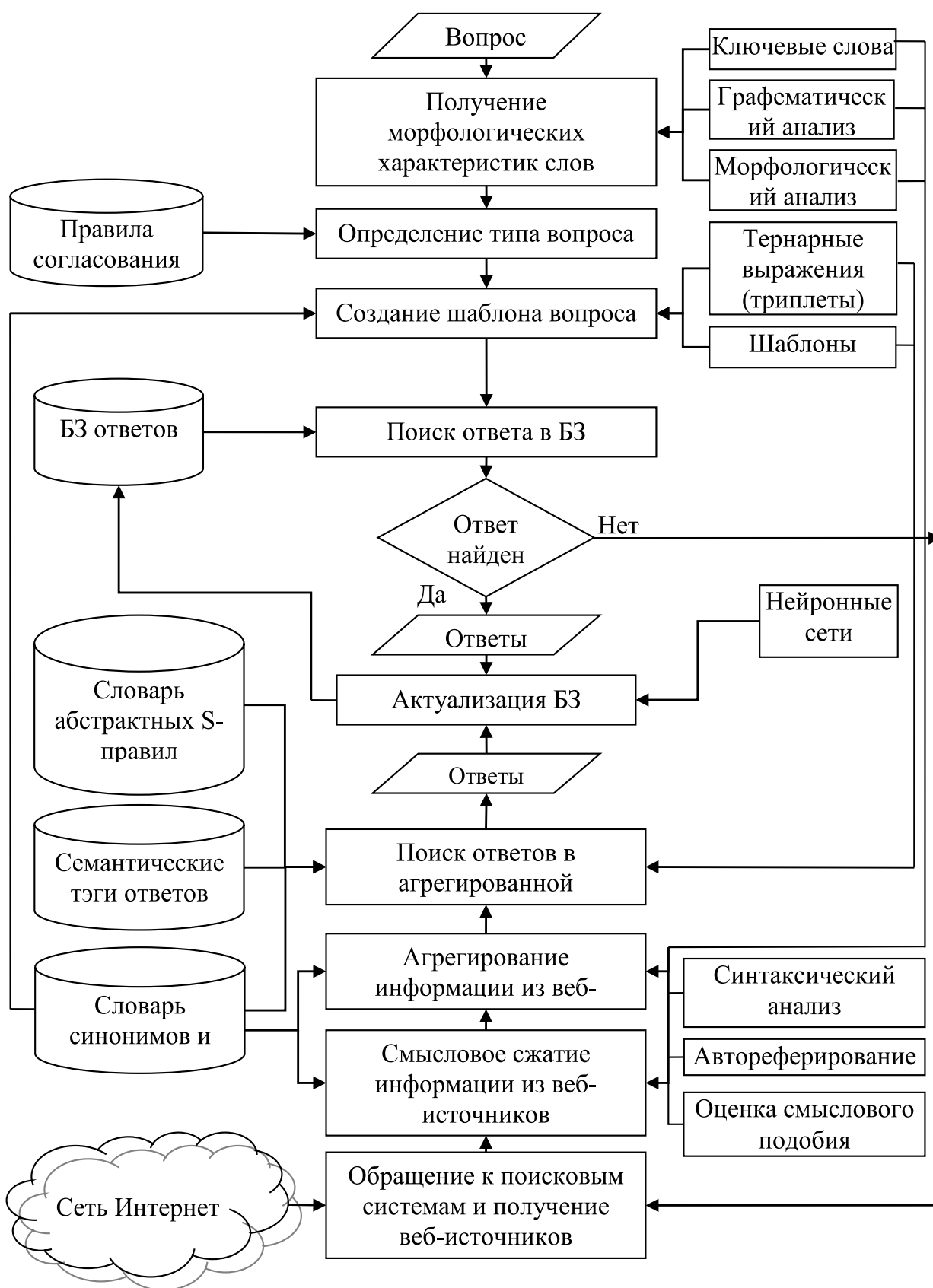


Рис. 2. Схема предложенной методики вопросно-ответного поиска

Таблица 1. Результаты поиска ответов различными системами

Критерий	AskNet	START	IntellST
Общее число релевантных ответов	15	5	36
Общее число данных ответов	26	6	53
Число вопросов, на которых был дан правильный и прямой ответ	8	5	23
Число релевантных ответов, допускающих исключение	6	0	9
Точность	57,69%	83,33%	67,92%
Полнота	32,00%	20,00%	92,00%
Избыточность	40,00%	0,00%	25,00%
Сбалансированная F-мера	41,17%	32,26%	78,15%

веб-страницы анализируются с использованием методики проблемно-ориентированного автореферирования (ПОА) [17].

Методика ПОА предполагает анализ html-кода веб-страниц: он разбивается на абзацы, они очищаются от html-тэгов и делятся на предложения. Затем осуществляется определение наиболее значимых предложений веб-страниц на основе наборов индикаторов, построенных как с использованием анализа вопроса, так и специальной базы знаний. Также осуществляется выявление и исключение предложений, которые не могут служить ответом на вопрос. Это слишком короткие предложения, а также предложения, полученные из элементов меню веб-страницы.

Чтобы предложения автореферата не выглядели вырванными из контекста, нужно определять семантические связи между ними. Выявление семантических связей в ПОА осуществляется с помощью набора построенных с учётом синтаксиса и семантики языка правил в виде регулярных выражений. Предложения с установленной сильной семантической связью не будут разделяться при формировании автореферата.

При автореферировании также необходимо определять смысловое подобие фраз для исключения дублирующих друг друга. С учётом признаков смыслового сходства была предложена усовершенствованная методика расчёта смыслового подобия предложений [17].

Из отдельных авторефератов проанализированных веб-источников формируется общий, интегрированный автореферат. Для его формирования также была предложена своя методика [17].

Поиск конкретных ответов на вопрос осуществляется уже в рамках интегрированного автореферата. Для этого используется специализированная методи-

ка, в которой применяются тернарные выражения, шаблоны, а также результаты предшествующего анализа источников [18], [19].

На основании предложенной методики была реализована система вопросно-ответного поиска IntellST [20]. Сравнительный анализ её эффективности с отечественной русскоязычной системой AskNet [21] и зарубежной англоязычной системой START [22] по поиску ответов на 25 вопросов приведён в таблице 1 [2].

Результаты системы IntellST в таблице 1 были получены с использованием исключительно поиска ответов в сети Интернет. Как видно из результатов, IntellST превосходит свои аналоги в решении задачи вопросно-ответного поиска.

Таким образом, вопросно-ответный поиск интенсивно развивается в настоящее время. Исследователи больше внимания уделяют СВОП, работающим с базами знаний, поскольку эта категория вопросно-ответных систем позволяет достичь большей точности и достоверности. Однако в БЗ не может содержаться вся накопленная человечеством информация. Также существует проблема актуализации знаний. Поэтому имеет смысл создание гибридных систем, совмещающих базу знаний с анализом интернет-источников, как наиболее полных и актуальных.

В статье проанализированы и классифицированы методы, применяемые в вопросно-ответном поиске. Предложена методика комплексного использования методов для достижения наибольшей гибкости и эффективности при поиске ответов на вопрос. Создана система вопросно-ответного поиска IntellST, анализирующая интернет-источники и предполагающая возможность использования базы знаний. Проведённый сравнительный анализ эффективности системы показал её практическую применимость в задаче вопросно-ответного поиска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Poonam Gupta, Vishal Gupta. A Survey of Text Question Answering Techniques. *International Journal of Computer Applications* (0975–8887), Volume 53– No.4, September 2012. — 8 p.
2. Владимир Симанков, Демид Толкачев. Поиск информации в Интернете. Подходы, методы и алгоритмы. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. — 296 с. ISBN-13: 978–3–659–90123–2.
3. Mohit Iyyer, Jordan Boyd-Graber, Leonardo Claudino, Richard Socher, and Hal Daume III. A Neural Network for Factoid Question Answering over Paragraphs. *Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2014, 12 pages.
4. Wen-tau Yih, Ming-Wei Chang, Xiaodong He, Jianfeng Gao. Semantic Parsing via Staged Query Graph Generation: Question Answering with Knowledge Base. *Proceedings of the Joint Conference of the 53rd Annual Meeting of the ACL and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing of the AFNLP*, July 28, 2015.
5. Antoine Bordes, Nicolas Usunier, Sumit Chopra, Jason Weston. Large-scale Simple Question Answering with Memory Networks. arXiv:1506.02075v1 [cs.LG] 5 Jun 2015, 10 p.
6. Caiming Xiong, Victor Zhong, Richard Socher. Dynamic Coattention Networks For Question Answering. arXiv:1611.01604v2 [cs.CL] 17 Nov 2016. — 13 p.
7. Karl-Heinz Weis. A Case Based Reasoning Approach for Answer Reranking in Question Answering. In *Proceedings Informatik 2013*, Koblenz, Germany, 2013. — 12 p. arXiv:1503.02917v1.
8. Wen-tau Yih, Ming-Wei Chang, Christopher Meek, Andrzej Pastusiak. Question Answering Using Enhanced Lexical Semantic Model. *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pages 1744–1753, Sofia, Bulgaria, August 4–9 2013.
9. Ким К. Х., А. П. Савинов. Синтаксический анализатор для вопросно-ответной системы. *Известия Томского политехнического университета*, — Т. 315. — № 5, — 2009. — с. 133–138.
10. Мозговой Максим Владимирович. Машинный семантический анализ русского языка и его применения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Санкт-Петербург, 2006. — 116 с.
11. Хорошевский В. Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) / В. Ф. Хорошевский // *Искусственный интеллект и принятие решений* 1/2008. — с. 80–97.
12. Задача классификации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/166?page=1#sect2> (12.05.2017).
13. Задача кластеризации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/166?page=4#sect7> (12.05.2017).
14. Захаров В. Н. Автоматическая оценка подобию тематического содержания текстов на основе сравнения их формализованных смысловых описаний / В. Н. Захаров, А. А. Хорошилов // *Труды XIV-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции»*. — RCDL'2012, Переславль-Залесский, Россия, 15–18 октября 2012 г.
15. Марманис Х., Бабенко Д. Алгоритмы интеллектуального Интернета. Передовые методики сбора, анализа и обработки данных. — Пер. с англ. — СПб.: Символ-Плюс, 2011. — 480 с., ил. ISBN 978–5–93286–186–8.
16. Bharti S. K., Babu K. S., Jena S. K. Parsing-based Sarcasm Sentiment Recognition in Twitter Data // *Proceedings of the 2015 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining* 2015. — ACM, 2015. — С. 1373–1380.
17. Симанков В. С. Автореферирование с определением смысловой связности и использованием мер включения для поиска ответов на вопросы в сети Интернет / В. С. Симанков, Д. М. Толкачев // *Наука и бизнес: пути развития*, № 12 (66), М., 2016. — с. 30–34.
18. Симанков В. С. Методические положения автоматического поиска ответов на вопросы / В. С. Симанков, Д. М. Толкачев // *Перспективы науки*, № 9 (60), Тамбов, 2014. — с. 80–85.
19. Симанков В. С. Разработка информационно-аналитической системы получения релевантных данных и знаний в сети Интернет / В. С. Симанков, Д. М. Толкачев // *Программные системы и вычислительные методы*. — 2014. — № 3. — С. 298–311. DOI: 10.7256/2305–6061.2014.3.13396.
20. Интеллектуальная информационно-аналитическая система поиска ответов в сети Интернет IntellIST / В. С. Симанков, Д. М. Толкачев; — № 2015619195; заявка № 2015615783 от 30.06.2015; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 26.08.2015.
21. Семантическая поисковая система AskNet [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.asknet.ru/> (12.05.2017).
22. START, Natural Language Question Answering System [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://start.csail.mit.edu/index.php> (12.05.2017).

© Симанков Владимир Сергеевич (vs@simankov.ru), Толкачев Демид Максимович (Gendalf373@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БУМАЖНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО КОМБИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

AUTOMATION OF PAPER MANAGEMENT SYSTEM WITH THE USE OF EXTREMUM-SEEKING COMBINED CONTROL METHOD

**O. Sokolova
S. Nikulin
A. Semenov**

Summary. The use of a noise-immune algorithm for extreme control of an inertial object is considered, based on combining synchronous accumulation and synchronous detection methods with the subsequent search for a maximum of the amplitude of the second harmonic of the filtered signal, aimed at reducing the root-mean-square deviation of the mass of a square meter of paper web. It was proposed to stabilize the change in productivity and the coordinate of the fall of the paper pulp to the mesh, which made it possible to increase the efficiency of paper production.

Keywords: Paper production, extremum-seeking regulator, automation, synchronous accumulation, synchronous detection.

Соколова Ольга Викторовна

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

Никулин Сергей Васильевич

К.т.н., ООО «МАЯКТРАНСЭНЕРГО»

Семенов Анатолий Дмитриевич

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

Аннотация. Рассмотрено использование помехоустойчивого алгоритма экстремального управления инерционным объектом, основанный на совмещении методов синхронного накопления и синхронного детектирования с последующим поиском максимума амплитуды второй гармоники отфильтрованного сигнала, направленный на снижение среднеквадратического отклонения массы квадратного метра бумажного полотна. Предложено стабилизировать изменение производительности и координату падения струи бумажной массы на сетку, что позволило повысить эффективность бумажного производства.

Ключевые слова. Бумажное производство, экстремальный регулятор, автоматизация, синхронное накопление, синхронное детектирование.

В настоящее время целлюлозно-бумажная промышленность является одной из ведущих динамично развивающихся отраслей в нашей стране. Задача дальнейшего развития этой отрасли промышленности связана с повышением качества готовой продукции при рациональном использовании сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов. Наиболее из перспективных направлений развития современных средств автоматизации является совершенствование подсистем АСУТП бумажным производством [1].

В ходе проведения эксперимента была получена экстремальная зависимость между напором напускного устройства и среднеквадратичным отклонением веса, представленным на рис. 1. Полученная зависимость подтверждает экстремальное соотношение между соотношением скоростей массы и сетки бумагоделательной машины (БДМ) и неравномерностью просвета приведенную в [2].

Полученная экспериментальная зависимость СКО веса бумажного полотна от напора бумажной массы позволяет сформулировать задачу экстремального комбинированного регулирования неравномерности

просвета бумажного полотна в следующей постановке: реализовать систему стабилизации веса бумажного полотна и экстремальное регулирование его СКО по текущим измеренным значениям напора бумажной массы и веса бумажного полотна на выходе БДМ.

Анализ экстремальной зависимости среднеквадратичного отклонения веса бумажного полотна от напора напускного устройства позволяет утверждать, что использование традиционных методов поиска экстремума используемых в экстремальных системах для рассматриваемого случая невозможно из-за высокого соотношения сигнал-шум.

Экстремальное управление инерционными объектами с запаздыванием, работающими в условиях сильных помех, основанное на традиционных методах оптимальной фильтрации [3], стохастической аппроксимации [4], методах теории статистических решений и динамического программирования (дуального управления) [5] и требует определенных ограничений на характеристики объекта и действующих на него возмущений.

В связи с этим на первый план выступает задача эффективного выделения полезного сигнала на фоне силь-

ных помех, а задача экстремального управления отодвигается на второй план.

Одним из эффективных методов фильтрации полезного сигнала является метод накопления (усреднения) [6]. При использовании этого метода наибольший эффект достигается в том случае, если полезный сигнал является гармоническим сигналом с известным периодом. Частота этого сигнала должна находиться в полосе пропускания системы и для повышения быстродействия должна приближаться к её верхней границе. Тогда его эффективное выделение достигается использованием либо корреляционного метода [6], либо метода синхронного накопления [6].

Наиболее предпочтительным представляется использование метода синхронного накопления как более простого в реализации и менее требовательного к форме входного и выходного сигналов экстремальной системы [7].

Использование метода синхронного накопления предопределяет применение методов периодического поискового сигнала для поиска экстремума. В том случае, если временное запаздывание в экстремальном объекте фиксированное, для поиска экстремума можно воспользоваться методом синхронного детектирования предварительно, с учётом запаздывания, синхронизируя фазы опорного и выходного сигналов экстремальной системы с помощью фазовращателя. В противном случае, при изменяющемся временном запаздывании, требуется использование специальных методов поиска экстремума.

Будем полагать, что объект находится в окрестностях экстремума. При значительном удалении от него переход в окрестность точки экстремума можно осуществить, совмещая методы синхронного накопления и детектирования, выбирая период опорного сигнала в несколько раз больше времени запаздывания.

При нахождении в области экстремума, в силу чётности экстремальной характеристики, в выходном сигнале экстремального объекта, вход которого модулируется гармоническим сигналом, будут появляться чётные гармоники. Тогда экстремальное значение амплитуды второй гармоники будет свидетельствовать о нахождении системы в точке экстремума. Временное запаздывание в этом случае не будет влиять на точность определения экстремума. Кроме того, можно увеличить частоту гармонического сигнала на входе экстремального объекта, выбирая её, как уже отмечалось, около верхней границы полосы пропускания инерционного объекта.

На основании вышеизложенного предлагается следующий помехозащищённый алгоритм поиска экстремума инерционного объекта с запаздыванием.

1. Формируют гармонический сигнал, частота которого выбирается в несколько раз больше временного запаздывания в объекте, а амплитуда, не нарушает его работу.

2. Модулируют вход экстремальной системы этим гармоническим сигналом.

3. Производят фильтрацию выходного сигнала методом синхронного накопления.

4. Гармоническим анализом выделяют вторую гармонику отфильтрованного выходного сигнала.

5. По фазовому сдвигу определяют направление движения к экстремуму.

6. Изменяют входной сигнал объекта до тех пор, пока в выходном сигнале не появится вторая гармоника.

7. Увеличивают частоту модулирующего сигнала, выбирая её близкой к частоте пропускания экстремального объекта.

8. Традиционными методами экстремального управления реализуют поиск максимума амплитуды второй гармоники

Для проверки разработанного алгоритма была построена Simulink-модель экстремального объекта. Объектом исследования была выбрана бумагоделательная машина (БДМ).

Известна [6], экстремальная зависимость между соотношением скоростей бумажной массы, поступающей из напускного устройства и сетки бумагоделательной машины и неравномерностью просвета бумаги. Поскольку изменение скорости бумагоделательной машины ведет к изменению технологического режима и влияет на все её системы, отношение скоростей будем задавать путём изменения скорости истечения бумажной массы, регулируя её с помощью изменения напора в напускном устройстве.

Данные о неравномерности просвета будем косвенным образом вычислять по весу бумажного полотна, измеряемого сканирующим устройством. Очевидно, что чем меньше изменение веса относительно среднего значения, тем меньше неравномерность бумажного полотна и, следовательно, изменение дисперсии веса метра квадратного будет оценкой неравномерности просвета.

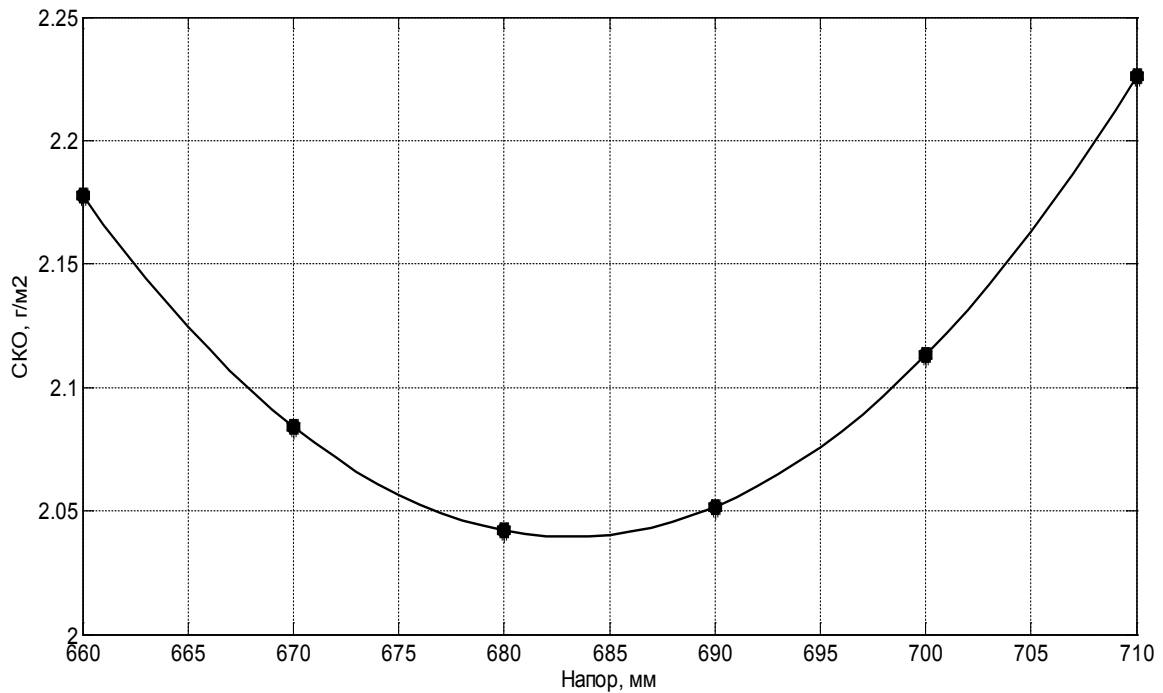


Рис. 1. Экстремальная зависимость СКО от напора

По экспериментальным данным, представленным на рис. 1, с помощью пакета System Identification Toolbox была получена модель, устанавливающая взаимосвязь между напором и СКО веса бумажного полотна. Модель включает в себя две подмодели: подмодель типа Гаммерштейна, воспроизводящую нелинейную экстремальную зависимость и линейные подмодели возмущений, действующие на входе и выходе объекта. Simulink — модель такого объекта приведена на рис. 2.

Блок ограничения Saturation ограничивает входной сигнал нелинейного (экстремального) элемента в диапазоне 660 -710 мм. Нелинейный блок Fcp воспроизводит экстремальную зависимость, приведённую на рис. 2, запаздывание в объекте равно 30 с.

С помощью разработанной Simulink-модели инерционного экстремального объекта, приведённой на рис. 1, было проведён анализ помехозащищённого экстремального управления, построенного на основе предлагаемого алгоритма. Для этого на вход сумматора Add подавался гармонический сигнал с амплитудой 10 мм и периодом 125 с, что примерно в четыре раза превышает время запаздывания.

В процессе моделирования постоянный входной сигнал экстремального объекта, задаваемый блоком Constant, выбирался таким образом, чтобы рабочая точка объекта находилась справа от точки экстремума

(рис. 3), в точке экстремума (рис. 4) и слева от точки экстремума (рис. 5)

На рис. 5–7, а приведены входной гармонический и выходной зашумлённый сигналы инерционного экстремального объекта, на рис. 3–5, б — результаты синхронного накопления входного и выходного сигналов за 23 периода входного сигнала, на рисунках 3–5, в-результаты гармонического анализа входного и выходного сигналов, отфильтрованных методом синхронного накопления.

Результаты моделирования подтверждают работоспособность предложенного алгоритма. При нахождении в точке экстремума видно, что амплитуда второй гармоники достигает максимального значения.

Работа алгоритма проверялась на реальном объекте для оптимального значения напора, равного 550 мм (см. рис. 6), что также подтвердило эффективность предложенного алгоритма.

Экспериментально подтверждена экстремальная зависимость между соотношением скоростей бумажной массы и бумагоделательной машины и среднеквадратичным отклонением веса бумажного полотна, которое определяет степень неравномерности просвета бумаги.

Разработан помехозащищённый алгоритм поиска экстремума инерционного объекта с запаздыванием, ос-

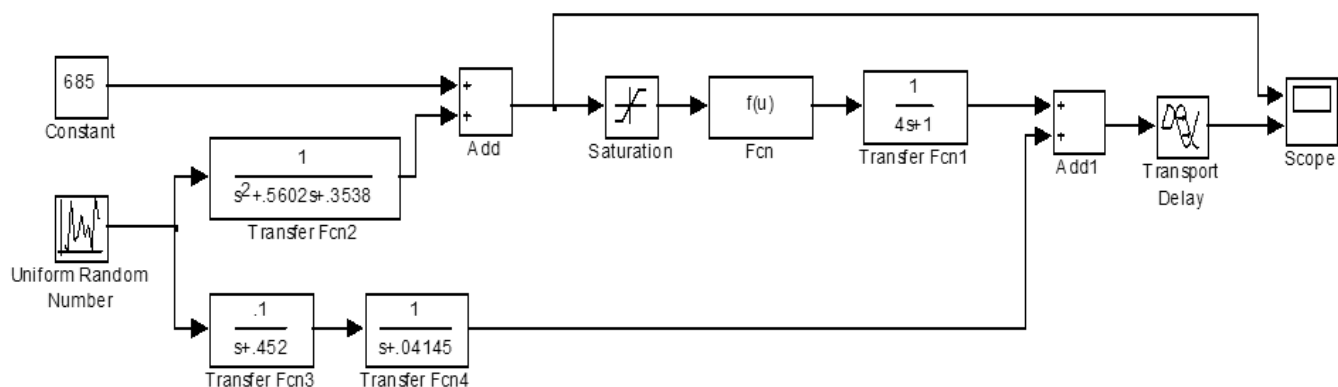


Рис. 2. Simulink-модель инерционного экстремального объекта

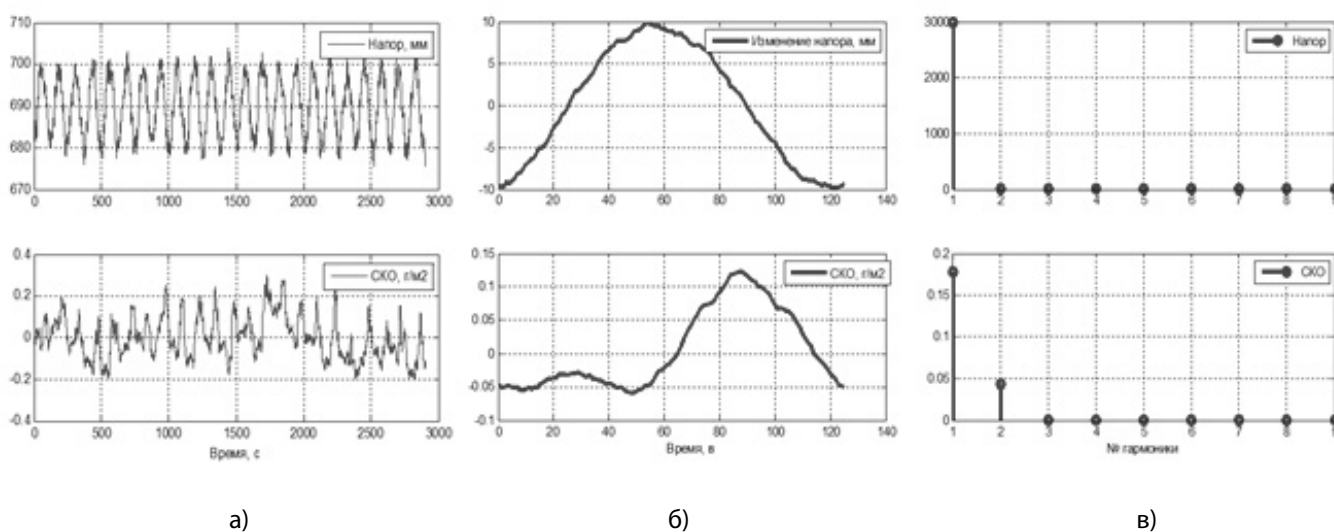


Рис. 3. Результаты моделирования при среднем значении входного сигнала больше оптимального (690 мм)

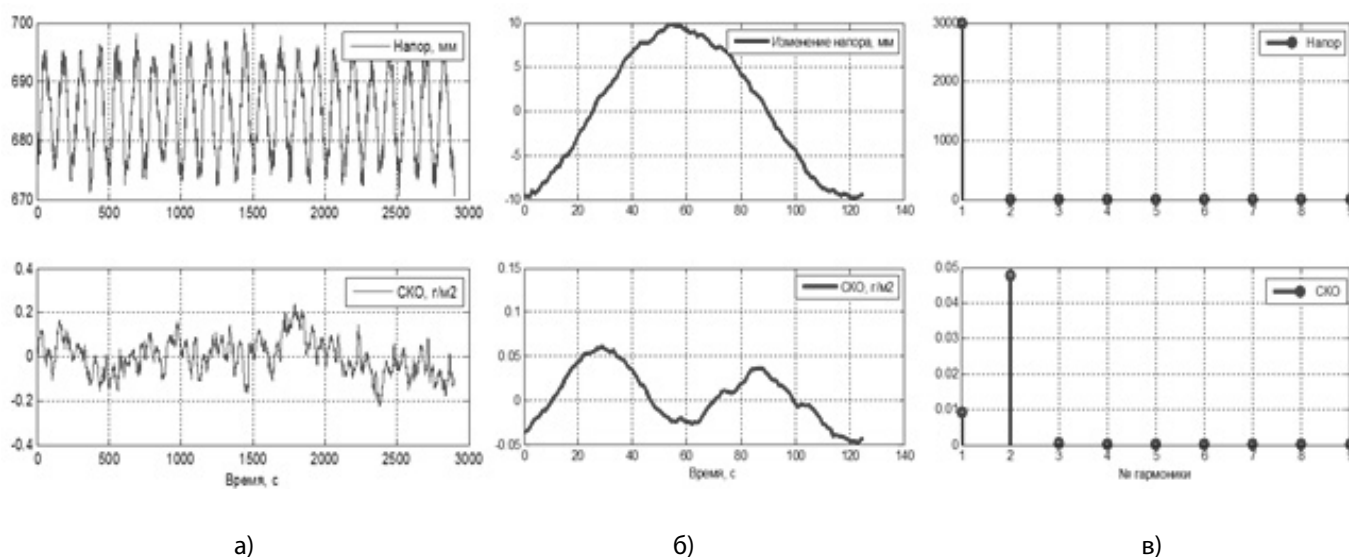


Рис. 4. Результаты моделирования при среднем значении входного сигнала, равного оптимальному (685 мм)

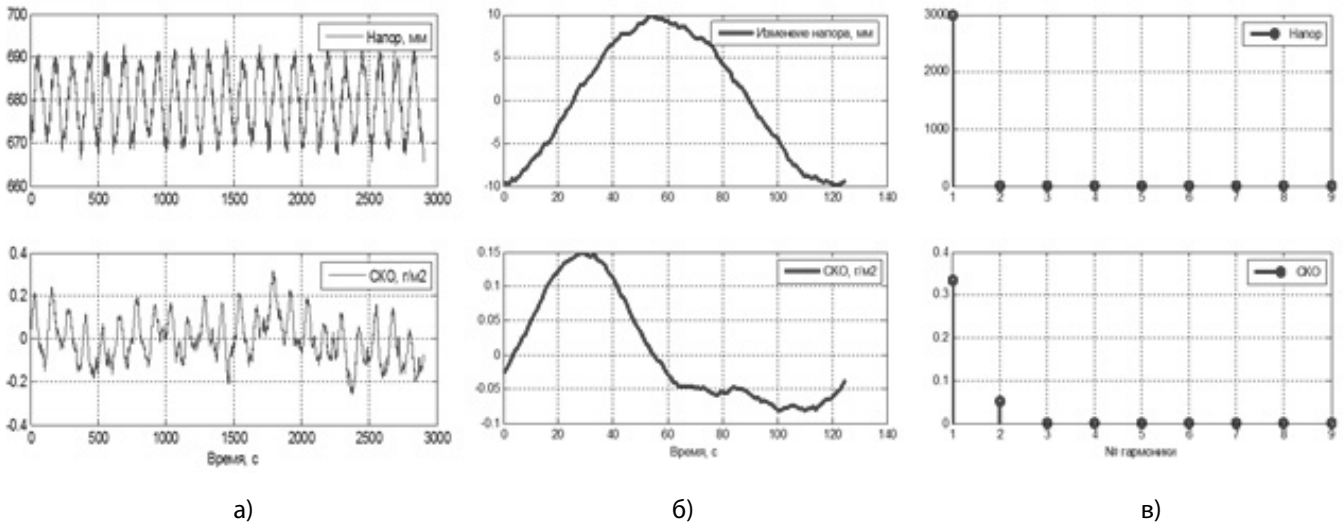


Рис. 5. Результаты моделирования при среднем значении входного сигнала меньше оптимального (680 мм)

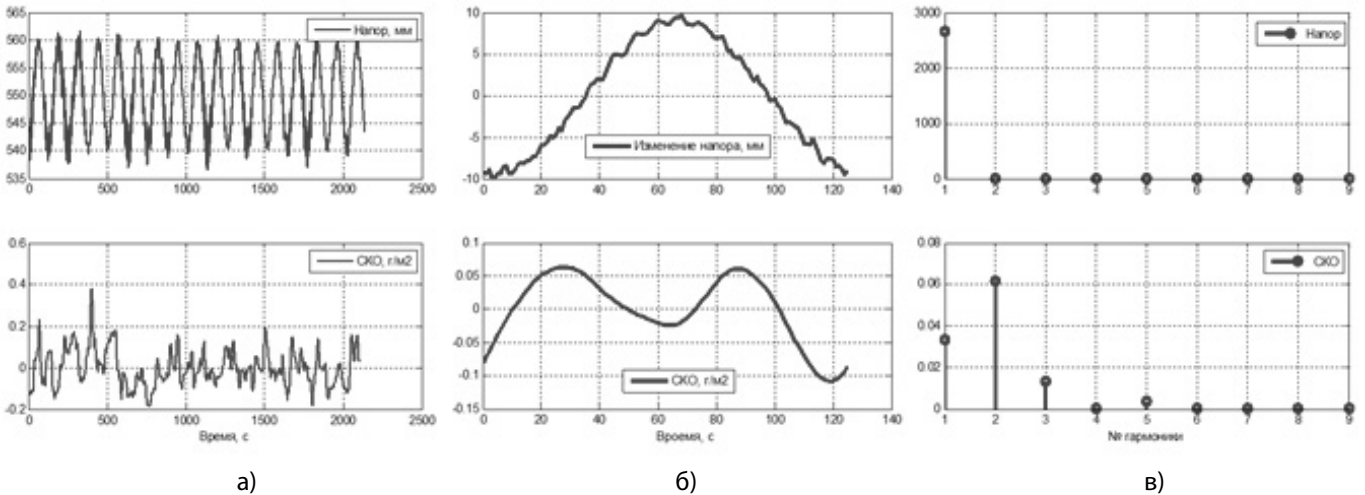


Рис. 6. Результаты моделирования при среднем значении напора, равного оптимальному (550 мм)

нованный на методе периодического поискового сигнала с фильтрацией помех путем синхронного накопления и последующего поиска максимума выделенной из входного сигнала второй гармоники.

На основе моделирования и экспериментальной проверки на реальном объекте подтверждена эффективность предложенного алгоритма.

Результаты моделирования подтверждают работоспособность предложенного алгоритма. При оптимальном напоре чётко видно, что амплитуда второй гармоники достигает максимального значения.

Simulink — модель системы экстремального регулирования показана на рис. 7.

Для уменьшения времени моделирования из модели исключён блок синхронного накопления. Модель содержит следующие основные блоки: *Subsystem* — модель инерционного экстремального объекта, показанная на рисунке 3, *Bufer* — буфер выделяющий выделение из временного ряда, формируемого на выходе экстремального объекта, временные отрезки с периодом равным периоду модулирующего сигнала, *Magnitude FFT* — анализатор спектра, осуществляющий гармонический анализ отрезков временного ряда и, в первую очередь его первую и вторую гармоники (см. показания дисплея), *Selector* и *Selector1* — селекторы выделяющие амплитуды первой и второй гармоник, блок сравнения текущего и предыдущего значений, состоящий из временной задержки и элемента сравнения, *cumulative Sum* — цифровой интегратор, *db Gain* — усилитель, *Rate*

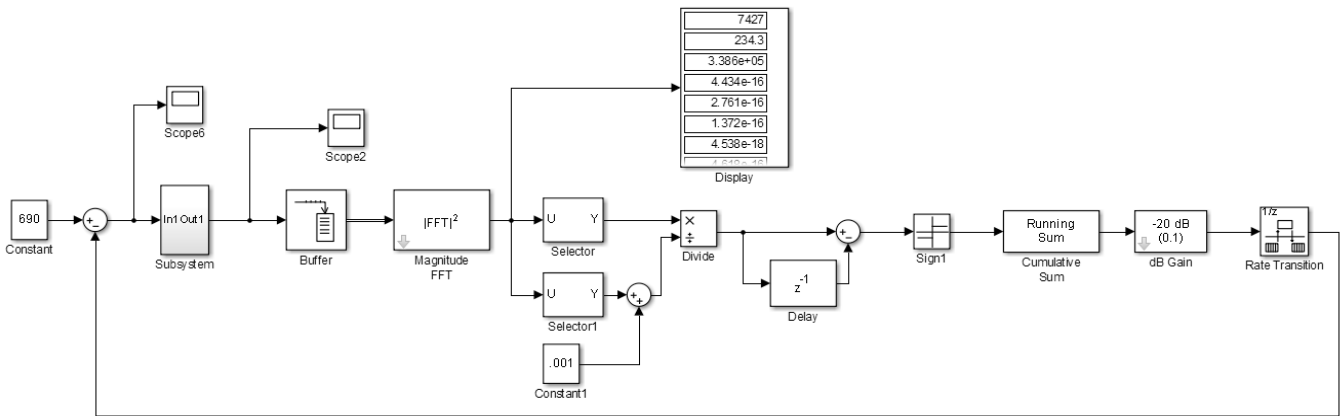
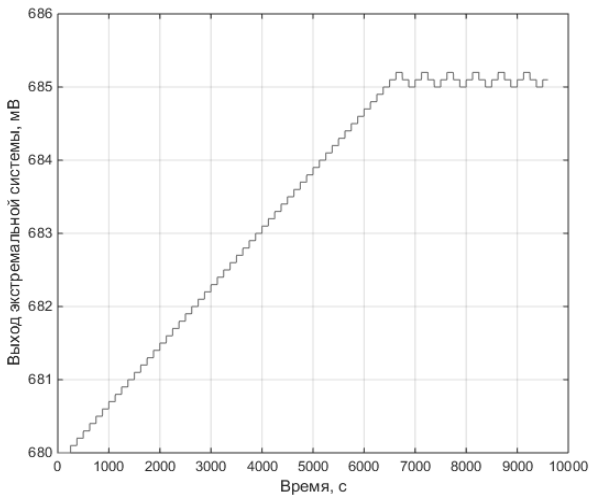
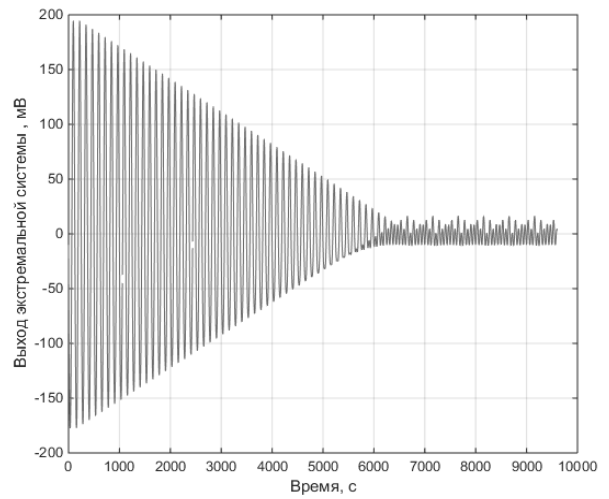


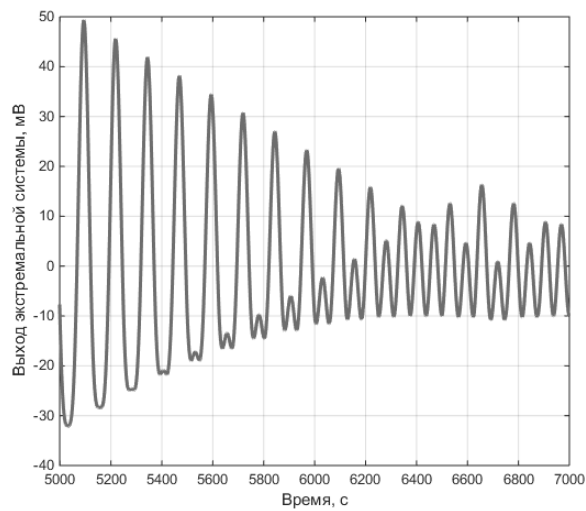
Рис. 7. Simulink — модель системы экстремального регулирования



а) Изменение напряжения



б) изменение выходного сигнала



в) фрагмент изменения выходного сигнала при достижении экстремума

Рис. 8. Осциллограммы поиска экстремума

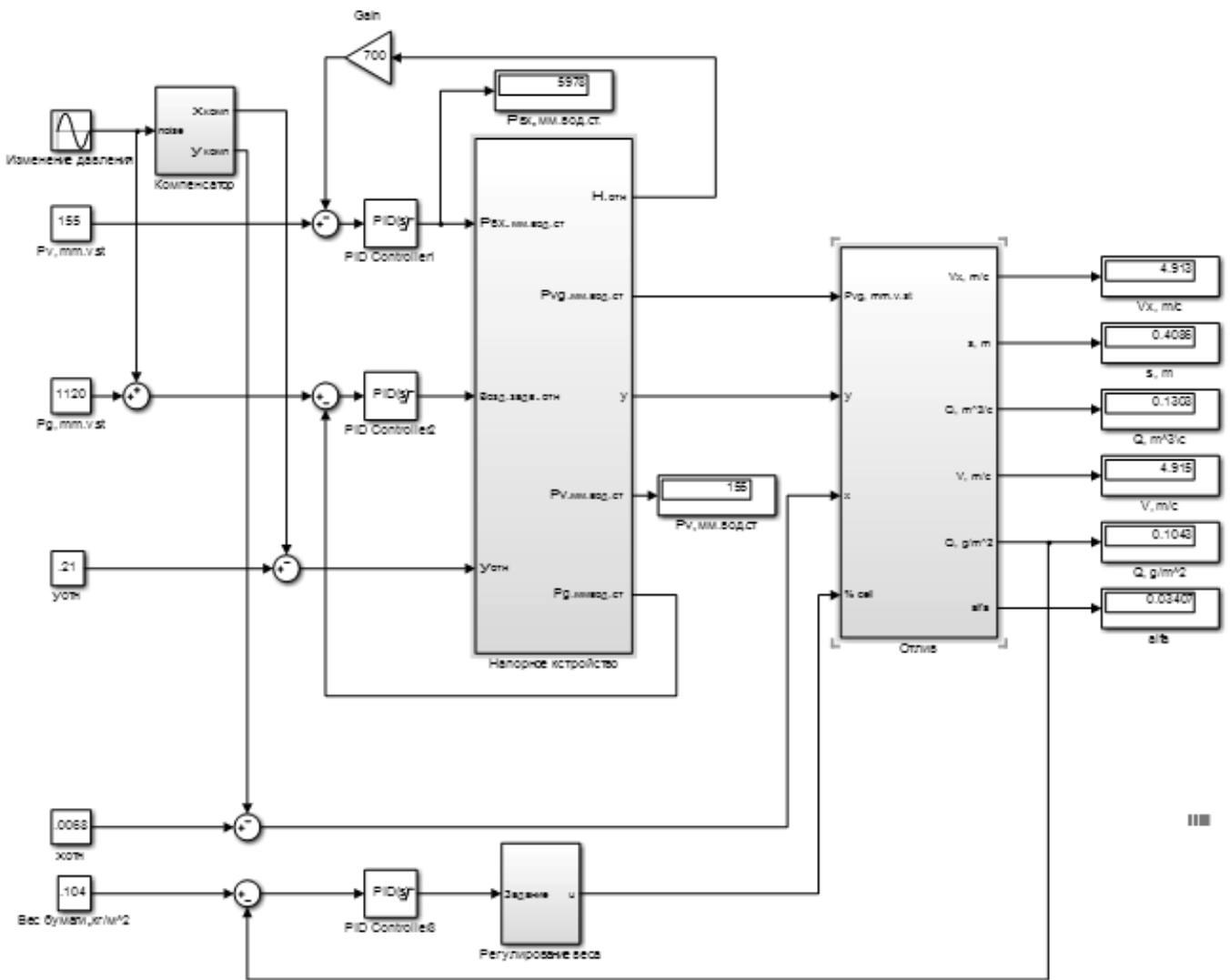


Рис. 9. Simulink-модель стабилизации параметров

Transition — блок предотвращающий эффект цифровых гонок.

Работа схемы поясняется осциллограммами нахождения экстремума при движении к нему слева (рис. 8).

На осциллограмме рис. 8, в) в чётко видно, что при движении к экстремуму постепенно появляется вторая гармоника в выходном сигнале экстремальной системы.

Использование динамических компенсаторов для динамической развязки каналов из-за нелинейности объекта управления наталкивается на известные проблемы физической реализуемости и устойчивости таких компенсаторов. В связи с этим было предложено использовать статическую компенсацию каналов управления как показано на Simulink — модели комбинированной системы (рис. 9).

Функции компенсации координат верхней планки напорного устройства x и y подбирались экспериментально. Было установлено, что функция компенсации как для координаты x , так и для координаты y оказались практически линейными. Затем была проведена аппроксимация этих функций линейным полиномом.

Сравнение работы системы без компенсации и с компенсацией параметров представлено на рис. 10 и свидетельствует о приемлемости использования статических компенсаторов

Анализ рисунков показывает, что при изменении давления воздуха P_g с компенсатором, производительность в установившемся состоянии не отличается более чем на $\pm 1,5\%$. Координата падения струи бумажной массы на сетку колеблется в пределах $\pm 3,4\%$.

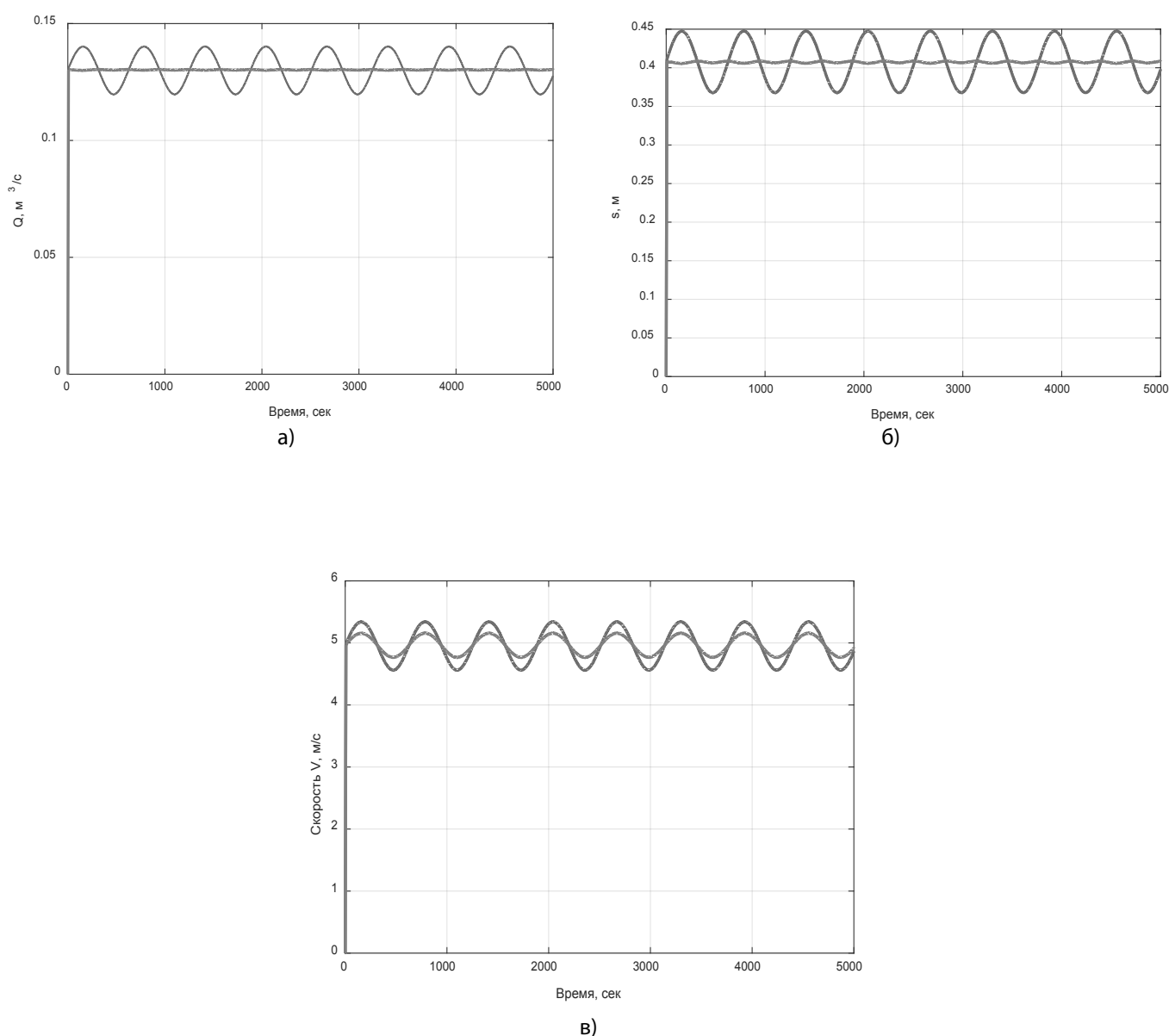


Рис. 10. Сравнение работы системы без компенсации и с компенсацией параметров: а) производительности; б) координаты падения струи бумажной массы на сетку БДМ; в) изменение скорости напуска бумажной массы из напорного устройства

Работа системы с использованием метода экстремального комбинированного управления проверялась на реальном объекте, при производстве бумаги марки «КПС-2» (ТУ 5441–045–00279344–2005) достигнуто оптимальное значение напора, равное 550 мм, что подтвердило эффективность предложенного алгоритма.

Для повышения точности и стабильности регулирования среднеквадратического отклонения массы квадратного метра бумажного полотна бумаги использовались разработанные алгоритмы предиктивного, помехозащищенного экстремального и нейросетевого

управления. чтобы обеспечить повышение точности и стабильности техпроцесса производства бумаги, в отличие от известных схем управления в данной системе использованы экстремальный, нейросетевой регуляторы и добавлена функция коррекций значений массы, участвующая в контуре регулирования массы квадратного метра бумажного полотна.

Программируемый логический контроллер осуществляет экстремальное регулирование среднеквадратического отклонения массы квадратного метра бумажного полотна. Данные о технологическом процессе отобра-

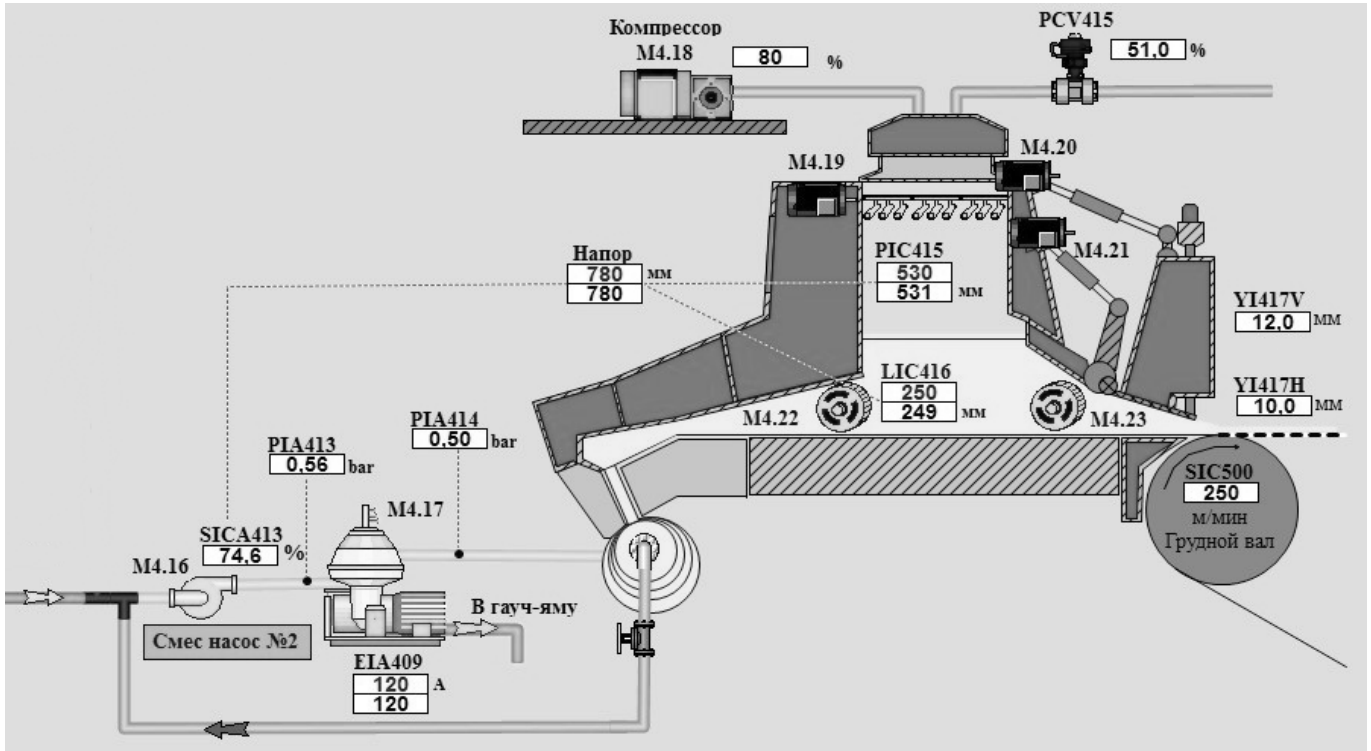


Рис. 11. Мнемосхема АСУТП бумажного производства с предиктивным, помехозащищенным экстремальным и нейросетевым управлением

жуются на АРМ, на котором установлена SCADA-система WinCC. Разработан проект SCADA-системы управления АСУТП бумажного производства. Мнемосхема спроектированной SCADA-системы для автоматизации функциональных подсистем бумажного производства приведены на рис. 11.

На рис. 12 представлены тренды работы системы АСУТП бумажного производства. В результате работы спроектированной системы нормы расхода волокна уменьшились в среднем на 2%.

Проведена сравнительная оценка работы функциональных подсистем до внедрения разработанных систем управления и после. Результаты приведены в таблице 1. Изменение норм расхода волокна приведено в таблице 2.

Из данных таблицы 1 видно, что на 33% уменьшилось время, необходимое для технологической настройки бумагоделательной машины для выпуска определенного сорта бумаги.

Таким образом, нормы расхода волокна уменьшились в среднем на 2%. Разработанная система автоматизированного управления бумажным производством позволила повысить его точность и стабильность. В част-

ности, среднеквадратическое отклонение массы квадратного метра бумажного полотна при использовании системы управления уменьшилось в среднем на 3–4%, что подтверждает повышение точности и возможностей техпроцесса.

Стабильность технологического процесса оценивалась отношением размаха изменения среднеквадратического отклонения массы квадратного метра бумажного полотна за определенный период времени к его среднему значению. За исследуемый период $T = 6$ ч данный показатель при использовании системы уменьшился на 20%.

Заклучение

Экспериментально подтверждена экстремальная зависимость между соотношением скоростей бумажной массы и бумагоделательной машины и среднеквадратичным отклонением веса бумажного полотна, которое определяет степень неравномерности просвета бумаги. Предложено для улучшения неравномерности просвета использовать алгоритм экстремального регулирования. Разработан алгоритм поиска экстремума характеристики инерционного объекта с запаздыванием по текущим измерениям его входа и выхода с использованием рекуррентной процедуры метода наименьших квадратов.

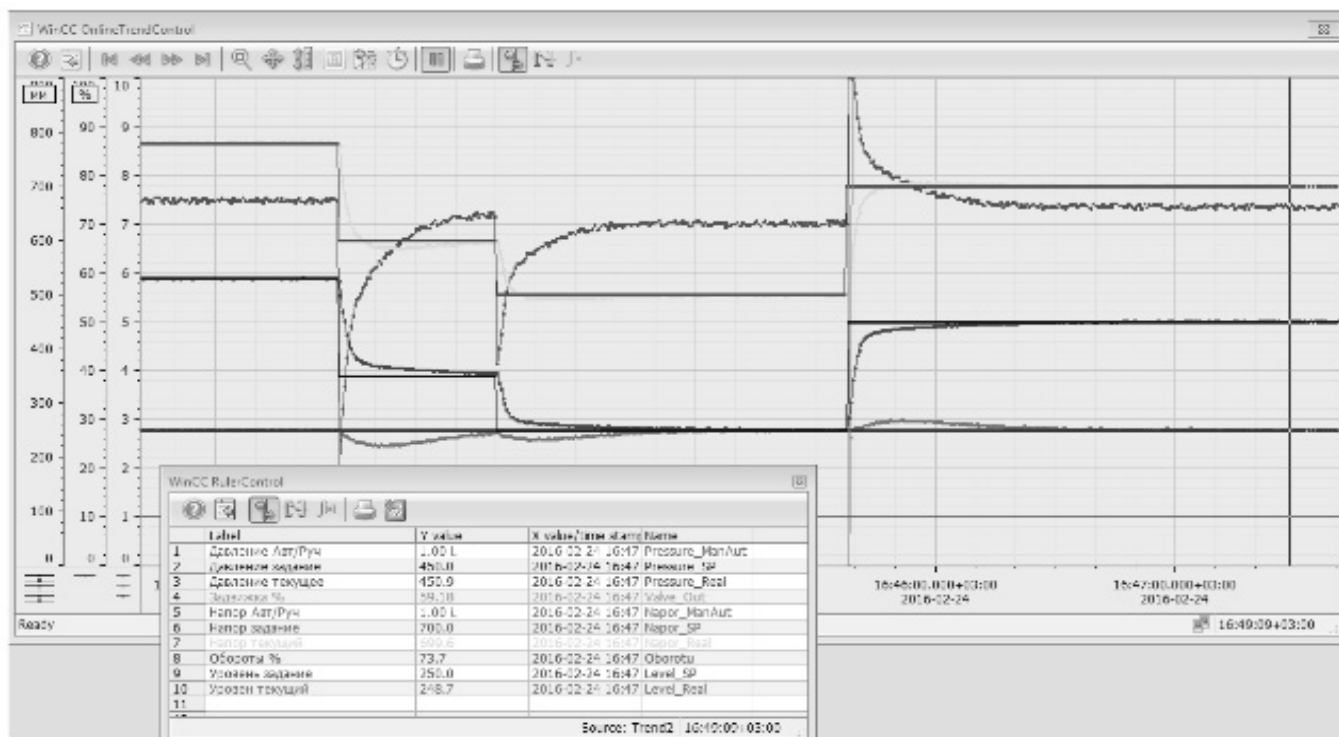


Рис. 12. Тренды работы системы АСУТП бумажного производства с предиктивным, помехозащищенным экстремальным и нейросетевым управлением

Таблица 1. Оценка эффективности АСУТП бумажного производства

Наименование параметра	До внедрения	После внедрения
1. Время, необходимое для выхода на режим при опытной выработке бумаги	180 мин	120 мин
2. Время перехода бумагоделательной машины с одного режима работы на другой для производства нового типа	30	20
3. Основные параметры бумагоделательной машины, изменяемые для перехода на другой тип бумаги	Задание массы квадратного метра, скорость машины, давление пара, давление воздушной подушки, открытие щели напорного ящика	Задание массы квадратного метра, скорость машины, давление пара

Таблица 2. Оценка норм расхода волокна

Наименование	До внедрения	После внедрения
1. Бумага-основа для обоев марки «В1»:целлюлоза СФА листоваямакулатура МС-7Б	430 кг/т834 кг/т	422 кг/т820 кг/т
2. Бумага-основа для обоев марки «В2»:целлюлоза СФА листоваямакулатура МС-7Б	260 кг/т1168 кг/т	255 кг/т1150 кг/т
3. Бумага-основа для обоев марки «Н1»:макулатура МС-7Б	1115 кг/т	1100 кг/т
4. Бумага-основа для обоев марки «АГ»:целлюлоза СФА листоваямакулатура МС-7Б	420 кг/т834 кг/т	411 кг/т820 кг/т
5. Бумага писчая марки «Б»:целлюлоза СФА хвойнаяцеллюлоза СФА листовая	218 кг/т655 кг/т	215 кг/т650 кг/т

Время переходного процесса составило примерно 2 часа.

Предложено стабилизировать изменение производительности и координату падения струи бумажной массы на сетку. Коэффициенты компенсации координат x и y подбирались вручную, по составленным значениям проводилась аппроксимация. Максимальную точность аппроксимации дает линейная функция. Анализ полученных результатов показывает, что при изменении давления воздуха P_g с компенсатором,

производительность в установившемся состоянии не отличается более чем на $\pm 1,5\%$. Координата падения струи бумажной массы на сетку колеблется в пределах $\pm 3,4\%$.

Разработана и внедрена система автоматизированного управления бумажным производством, повысившая точность и стабильность регулирования веса бумажного полотна бумаги. Нормы расхода волокна уменьшились на 2%. Среднее квадратичное отклонение веса бумажного полотна уменьшилось на 1,5–2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: В 3 т. Т. П. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005. — 423 с.
2. Авдеева О. В. Экстремальное управление инерционным объектом с запаздыванием в условиях сильных помех / О. В. Авдеева, Д. В. Артамонов, С. В. Никулин, А. Д. Семенов // Известия высших учебных заведений поволжский регион. Технические науки. — 2014. — № 3. — С. 54–64
3. Растринин Л. А. Статистические методы поиска / Л. А. Растринин. — М.: Наука, 1968. — 376 с.
4. Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы / А. Г. Александров. — М.: Высш. шк., 1989. — 263 с.
5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических систем / А. А. Фельдбаум. — М.: Физматгиз, 1963 г. — 552 с.
6. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах / Ж. Макс, пер. с франц. — М.: Мир, 1983. — Т. 1. 312 с.
7. Зверев В. А. Выделение сигналов из помех численными методами / В. А. Зверев, А. А. Стромков. — Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001. — 188 с.

© Соколова Ольга Викторовна (gasuma@mail.ru), Никулин Сергей Васильевич, Семенов Анатолий Дмитриевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МЕТОД ВИОЛЫ-ДЖОНСА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

THE VIOLA-JONES METHOD FOR OBJECT RECOGNITION IN IMAGES

A. Tymchuk

Summary. This article describes the algorithm of Viola-Jones object recognition on the static image. Outlines the key points of the algorithm and used methods, determined the strengths and weaknesses of the algorithm. Conclusions are made regarding the relevance of the algorithm and the areas of its application.

Keywords: Viola-Jones, computer vision, Haar-like feature, machine learning, AdaBoost.

Тымчук Андрей Игоревич

ФГБОУ ВО «Кубанский Государственный Университет»,
timchuck.andrey2011@yandex.ru

Аннотация. В статье проводится разбор алгоритма Виолы-Джонса для решения задачи обнаружения объекта на статичном изображении. Обозначены ключевые моменты алгоритма и используемые в нём методы, определены сильные и слабые стороны алгоритма. Кроме того, сделаны выводы относительно актуальности алгоритма и сферах его применения.

Ключевые слова: Виола-Джонс, компьютерное зрение, признак Хаара, машинное обучение, AdaBoost.

В настоящее время в определённых областях человеческой деятельности стоит задача распознавания объекта на статичном изображении или в видеопотоке. К таким областям относятся:

- 1) Автоматический контроль состояния работника на рабочем месте (например, пилотов, машинистов, авиадиспетчеров и т.д.), там, где необходимо, чтобы работник имел должную концентрацию внимания;
- 2) Информационная помощь при обеспечении безопасности на объектах с большим скоплением людей;
- 3) Помощь в медицине при необходимости точного обнаружения определённого объекта;
- 4) Повышение качества оказания услуг за счёт оценки удовлетворённости потребителя.

Задача распознавания образов не имеет точного аналитического решения, что привносит сложности в разработку универсального алгоритма. Тем не менее, для того, чтобы наделять компьютерные системы возможностью своеобразного «зрения» создано и предложено большое число методов и алгоритмов. Среди них особо выделяются подходы, основанные на нейронных сетях, методе главных компонент, вейвлет-преобразованиях. Одним из самых известных и популярных алгоритмов в области компьютерного зрения является алгоритм Виолы-Джонса (Viola-Jones). Он был разработан Полом Виолой и Майклом Джонсом в 2001 году, и получил широкое применение в силу своей скорости и эффективности.

Метод состоит из двух этапов: алгоритм обучения и алгоритм распознавания. На практике скорость работы алгоритма обучения не важна. Однако крайне важна скорость работы алгоритма распознавания объектов. Метод имеет следующие ярко выраженные преимущества:

- 1) Возможность обнаружения большого количества объектов на исходном изображении;
- 2) Использование простых классификаторов в процессе работы алгоритма обнаружения показывает хорошую скорость и позволяет использовать этот метод в анализе видео на присутствие определённых объектов в кадре;
- 3) Возможность обучения классификатора нахождение любого объекта;
- 4) Проверка любого признака (в методе используются признаки Хаара, о которых будет рассказано далее) на определённой позиции в изображении занимает линейное время ввиду использования интегрального представления изображения;
- 5) Большое количество реализаций в различных open-source библиотеках и на различных языках программирования;
- 6) Малое количество ложных срабатываний при поиске объекта на изображении.

Недостатки метода:

- 1) Большое время обучения классификатора, так как требуется проанализировать большое количество тестовых изображений;
- 2) Зависимость точности распознавания от правильности подбора обучающей выборки при обучении классификатора;



Рис. 1. Обобщённая схема алгоритма Виолы-Джонса

- 3) Сильное снижение эффективности распознавания объекта при увеличении угла поворота объекта;
- 4) Может наблюдаться большое количество близко расположенных друг к другу результатов ввиду применения различных масштабов для сканирующего.

Упрощённая схема алгоритма выглядит следующим образом. Перед началом распознавания алгоритм обучения на основе тестовых изображений обучает классификатор, состоящий из значений определённых признаков. Далее алгоритм распознавания ищет объекты на разных масштабах изображения, основываясь на обученном классификаторе. На выходе алгоритма выдаётся множество найденных объектов на разных масштабах. Схема алгоритма в графическом виде представлена на рисунке 1.

Основополагающей идеей алгоритма Виолы-Джонса для распознавания объектов является выделение локальных особенностей (признаков) изображения и последующего обучения алгоритма на них. Поиск на изображении выполняется по принципу сканирующего окна — изображение сканируется окном поиска, и на каждом положении окна применяется классификатор [2].

Система обучения и выбора наиболее значимых признаков полностью автоматизирована и не требует вмешательства человека.

Все операции с изображениями в методе выполняются с использованием интегральных представлений изображений. Интегральное представление позволяет быстро рассчитывать суммарную яркость произвольного прямоугольника на данном изображении, причем время расчета не зависит от размеров прямоугольника. Интегральное представление изображения — это матрица, совпадающая по размерам с исходным изображением. В каждом элементе ее хранится сумма интенсивностей всех пикселей, находящихся левее и выше данного элемента [2]. Элементы матрицы рассчитываются по формуле (1).

$$M(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j) \tag{1}$$

В вышеуказанной формуле $I(i, j)$ представляет собой яркость пикселя с координатами i и j в исходном изображении. В итоге, каждый элемент интегрального изображения $M[x, y]$ содержит в себе сумму пикселей изображения в прямоугольнике от $(0,0)$ до (x, y) . Расчёт интегрального изображения выполняется за линейное время, которое прямо пропорционально числу пикселей исходного изображения. Соответственно интенсивность пикселей на любом прямоугольном участке изображения, который имеет в координаты $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$, $D(x_4, y_4)$ (соответствующий прямоугольник ABCD изображен на рисунке 2), можно рассчитать по формуле (2) [1].

$$RSum = M(A) + M(C) - M(B) - M(D) \quad (2)$$

В формуле всего три математические операции вне зависимости от размера прямоугольника. Также, вне зависимости от размера будет выполнено четыре обращения к памяти. Расчёт всей матрицы можно выполнить по рекуррентной формуле (3).

$$M(x, y) = I(x, y) - M(x-1, y-1) + M(x, y-1) + M(x-1, y) \quad (3)$$

Как уже говорилось ранее, основная идея алгоритма — распознавание особенностей на изображении. Особенности, которые использовали Пол Виола и Майкл Джонс, базируются на каскадах признаков Хаара. Основной причиной, почему в основу метода Виолы-Джонса легли примитивы Хаара, стала попытка уйти от пиксельного представления с сохранением скорости вычисления признака. Такое название они получили из-за интуитивной схожести с ветвями Хаара. Признаки Хаара представляют собой прямоугольные области, которые составлены из нескольких соседних прямоугольных областей, отмеченных как светлая или темная. Под признаком будем понимать трёхмерный вектор вида:

$$j = \{ \text{маска, положение, размер} \} \quad (4)$$

Из значений пары пикселей сложно вынести какую-либо осмысленную информацию при выполнении классификации, в то время как из нескольких признаков Хаара можно построить первый каскад системы по распознаванию объекта, который имеет вполне осмысленную интерпретацию.

В процессе движения сканирующего окна признак позиционируется на изображении, далее суммируются интенсивности пикселей в светлых и тёмных областях признака, после чего вычисляется разность между суммами. Эта разность представляет собой значение определенного признака, определенного размера, определенным образом позиционированного на изображении [1]. Соответственно значение каждого признака рассчитывается по формуле (5).

$$F = L - D \quad (5)$$

В данной формуле L — сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью признака, а D — сумма значений яркостей точек, закрываемых темной частью признака. Если значение признака Хаара превышает определённый порог, который вычисляется в процессе обучения классификатора, то считается, что признак имеет место на изображении.

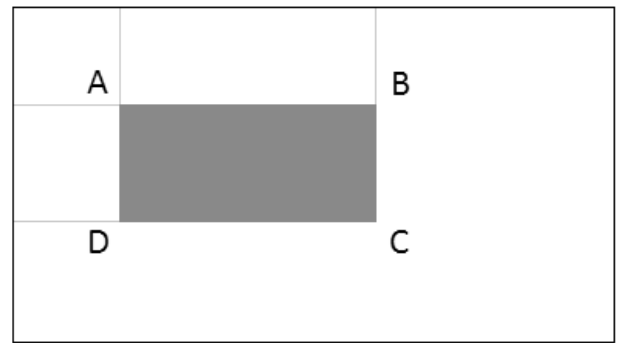


Рис. 2. Пример расположения прямоугольника в формуле (2)

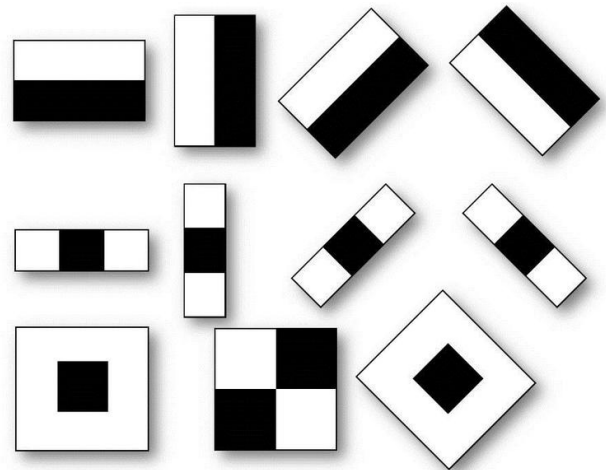


Рис. 3. Признаки Хаара, использующиеся в стандартном методе Виолы-Джонса

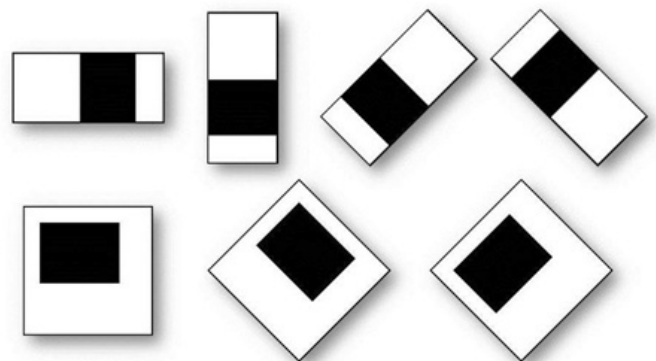


Рис. 4. Дополнительные признаки Хаара

Признаки (иногда их ещё называют примитивами) Хаара, которые используются в стандартном алгоритме Виолы-Джонса, изображены на рисунке 3.

Для каждой прикладной задачи могут использоваться различные признаки и совершенно разные методы. В стандартном методе Виолы-Джонса используются прямоугольные признаки. Такие признаки представляют собой прямоугольники, которые различаются между собой размерами сторон, углом наклона и расположением тёмных и ярких частей. Стоит отметить, что существует расширенная версия метода Виолы-Джонса (она, в частности, используется в библиотеке компьютерного зрения OpenCV), в которой применяются некоторые дополнительные прямоугольные признаки [2]. Данные признаки представлены на рисунке 4.

Операция вычисления суммы значений яркости пикселей области признака будет многократно повторяться в процессе сканирования изображения. Если данная операция будет требовать значительных вычислительных ресурсов, то это повлечёт увеличение общего времени работы алгоритма на маломощных системах. Поэтому в алгоритме Виолы-Джонса при выполнении вычислений авторы предлагают использовать интегральное представление изображения, которое было рассмотрено ранее. Благодаря этому, время расчёта каждого признака неизменно.

Таким образом, признаки Хаара дают точечное значение изменения яркости по осям X и Y . Рассмотрим пример — базу данных с изображениями человеческих лиц анфас. Общим для всех изображений будет то, что область в районе глаз темнее, чем область в районе щёк. Из этого следует, что общим признаком Хаара для лиц является два смежных прямоугольных региона, лежащих на глазах и щеках.

Поиск признаков Хаара на изображении выполняется по методу сканирующего окна. В общем виде работа данного метода состоит из следующих шагов [2]:

- 1) Окно сканирования постепенно перемещается по рассматриваемому изображению с шагом, равным одной ячейке изображения (исходный размер ячейки устанавливается заранее);
- 2) Для каждого положения окна вычисляются варианты расположения признаков посредством изменения расположения и масштаба признаков;
- 3) Обнаруженные признаки поступают на вход классификатору;
- 4) Изменяется масштаб сканирующего окна за счёт изменения размера ячейки изображения и повторяются шаги 1–3;
- 5) После вычисления признаков для всех масштабов классификатор определяет, присутствует ли

на изображении соответствующий объект или нет (в зависимости от того, как натренирован классификатор).

Скорость сканирования изображений сильно зависит от размера шага сканирующего окна в виде количества пикселей, на которое сдвигается сканирующее окно. В большинстве имеющихся реализаций метода Виолы-Джонса шаг постоянный и определяется на этапе компиляции, что означает, что окно смещается на постоянную величину и не зависит от содержания изображения. Однако, стоит отметить, что существуют реализации, в которых величина шага является адаптивной, то есть подстраивается под каждое изображение.

Так как в процессе «сканирования» нужно вычислить большое количество признаков, встаёт вопрос об оптимизации метода. Как правило, в данном случае приходят к тому, что классификатор должен реагировать только на определённое множество признаков и игнорировать признаки, которые не подходят для определяемого объекта. При обучении классификатора для метода Виолы-Джонса можно использовать машинное обучение.

Существуют самые разные реализации алгоритмов обучения классификатора. От качества реализации, а также качества и длительности обучения зависит точность, с которой классификатор сможет распознавать объекты на изображениях. В общем случае в процессе обучения используется множество изображений, в котором присутствует так называемая «обучающая выборка». В процессе обучения должен сформироваться алгоритм, который сможет классифицировать объект из исходного множества.

В контексте алгоритма обучения имеется множество объектов (в алгоритме обучения классификатора для метода Виолы-Джонса объектами являются изображения), разделённых некоторым образом на классы. Задаётся конечное множество объектов, для которых известно, к какому классу они относятся (к примеру, это может быть класс «номер машины», «профиль человека», «мотоцикл» и т.д.). Данное множество и носит название обучающей выборки. Принадлежность остальных объектов к оставшимся классам неизвестна. Соответственно, в процессе обучения классификатора нужно построить алгоритм, который будет способен классифицировать произвольный объект из исходного множества.

Задача классификации в машинном обучении относится к типу «Обучение с учителем» (Supervised learning), в ходе которой классификатор принудительно обучается с помощью примеров «стимул-реакция». В методе Виолы-Джонса классификация является двух классовою (объект либо есть на изображении, либо нет). На осно-

ве обучающей выборки восстанавливается зависимость (строится модель отношений стимул-реакция, которые пригодны для прогнозирования), то есть создаётся алгоритм, который способен для любого объекта определять ответ с определённой долей точности.

С математической точки зрения постановка задачи классификации может быть описана следующим образом. Имеется множество D , в котором хранится описание объектов, N — конечное множество номеров, принадлежащих классам. Между ними есть зависимость в виде отображения:

$$M: D \Rightarrow N \quad (5)$$

Обучающая выборка представляется в виде множества:

$$D_i = \{(d_1, n_1), \dots, (d_b, n_b)\} \quad (6)$$

В ходе решения задачи классификации строится функция F от множества D , которая способна классифицировать любой объект $d \in D$. Одним из обязательных условий для функции является то, что она должна хорошо работать на любых новых данных.

В виду сложности обучения, в алгоритме Виолы-Джонса в процессе обучения используется технология бустинга (AdaBoost). Бустинг представляет собой алгоритм усиления классификатора. Эффективный классификатор, дающий малое количество ошибок, называется «сильным», а противоположность такого классификатора — «слабым». Под слабым классификатором можно понимать классификатор, который даёт правильный ответ не чаще, чем при обычном угадывании. В процессе бустинга выполняется построение набора алгоритмов машинного обучения, в котором каждый последующий алгоритм пытается компенсировать недостатки предыдущих алгоритмов. AdaBoost был предложен Йоавом Фройндом (Yoav Freund) и Робертом Шапиром (Robert Schapire) в конце прошлого века в качестве решения вопроса «Как из множества плохих алгоритмов построить один хороший» [4].

Суть алгоритма бустинга заключается в том, что если имеется набор эталонных объектов (обучающая выборка) и множество простых классификаторов, то из простых классификаторов можно построить один лучший классификатор. При этом AdaBoost является адаптивным алгоритмом, поскольку в процессе составления и обучения финального классификатора акцент делается на эталоны, которые распознаются труднее остальных. Таким образом, алгоритм, составляемый в процессе обучения классификатора, подстраивается под самые труднораспознаваемые объекты.

Метод AdaBoost имеет следующие преимущества [4]:

- 1) Хорошая обобщающая способность, которая может улучшаться по мере увеличения числа базовых алгоритмов;
- 2) Простота реализации метода;
- 3) Метод не сильно влияет на время обучения.

Недостатки метода [4]:

- 1) Наличие возможности переобучения, когда алгоритм начинает положительно реагировать на сильно-зашумлённые объекты;
- 2) Требуются большие обучающие выборки;
- 3) Возможно построение слишком большого набора алгоритмов, которые будут требовать существенных ресурсов на вычисление классификации объекта.

В методе Виолы-Джонса AdaBoost позволяет получить серии классификаторов как последовательность фильтров, что особенно эффективно для классификации областей изображения. Каждый фильтр является отдельным классификатором AdaBoost с достаточно малым числом слабых классификаторов. Расположение фильтров в каскаде базируется на весовых значениях, которые присваивает алгоритм бустинга. Более тяжёлые взвешенные фильтры располагаются в самом начале цепочки каскада, для более быстрого отбрасывания областей изображения, не содержащих искомого объекта изображения.

В начале процесса обучения на каждом уровне фильтров в каскаде устанавливается низкий порог, чтобы фильтры пропустили большинство образов из тренировочного набора. Если во время работы какой-то из фильтров не пропускает область изображения, то тогда область сразу же классифицируется как область без искомого объекта. Когда фильтр пропускает область изображения, в дело вступает следующий фильтр в последовательности, который также выполняет проверку области на наличие искомого объекта. Области изображения, прошедшие через все фильтры, классифицируются как области, содержащие искомого объект.

На основании рассмотренного в данной статье материала можно сделать следующие выводы:

- 1) Алгоритм Виолы-Джонса отлично подходит для использования в системах реального времени ввиду малозатратности операции обнаружения объекта;
- 2) Качество обнаружения объекта сильно зависит от процесса и качества обучения классификатора, соответственно для правильной классификации важно построить правильный классификатор;
- 3) Алгоритм плохо подходит для описания изображений, так как основан на нахождении конкретных

признаков и не способен работать с содержанием изображения;

4) Алгоритм можно применять для нахождения любых объектов (нужно только обучить соответствующий классификатор, желательно также использовать соответствующие признаки), несмотря на то, что изначально алгоритм разрабатывался для определения человеческого лица.

юющий классификатор, желательно также использовать соответствующие признаки), несмотря на то, что изначально алгоритм разрабатывался для определения человеческого лица.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метод распознавания лиц Виолы-Джонса: [Электронный ресурс]. URL: <http://oxozle.com/2015/04/11/metod-raspoznavaniya-lic-violy-dzhonsa-viola-jones>
2. Метод Виолы-Джонса как основа для распознавания лиц: [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/133826>
3. Face Detection using Haar Cascades: [Электронный ресурс]. URL: http://docs.opencv.org/trunk/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html
4. Алгоритм AdaBoost: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=AdaBoost>

© Тымчук Андрей Игоревич (timchuck.andrey2011@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ГЕЛИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И СМЕРТНОСТЬ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРЕДГОРЬЯ

HELIOMETEOROLOGICAL FACTORS AND MORTALITY FROM CARDIOVASCULAR DISEASES AMONG FOOTHILL POPULATION

**M. Ataev
S. Gadzhieva
A. Aselderova
E. Agaeva
K. Khanakhmedova**

Summary. The article presents the results of a study of the effect of solar activity and weather on mortality from cardiovascular diseases among population in the foothills of the Caucasus. In the countryside of foothills and in Buinaksk mortality of the population mainly depends on fluctuations in air temperature as well as on solar activity, especially among the female population. Some problem heliometeorological aspects of mortality in the foothills have been identified in conclusion.

Keywords: mortality, cardiovascular diseases, foothill, countryside, city.

Атаев Магомедрасул Гаджиевич

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Махачкала, Россия
atrg56@mail.ru

Гаджиева Солтанат Арсланбековна

Аспирант, Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Махачкала, Россия

Асельдерова Аида Шамсутдиновна

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Махачкала, Россия

Агаева Эльвира Назретдиновна

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Махачкала, Россия

Ханахмедова Кизлер Ширинбековна

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Махачкала, Россия

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования влияния солнечной активности и погоды на смертность от сердечно-сосудистых болезней населения в условиях предгорья Кавказа. В сельской местности предгорья и городе Буйнакске смертность населения зависит в основном от колебаний температура воздуха, а также от солнечной активности, особенно у женского населения. В заключении определены некоторые проблемные гелиометеорологические аспекты смертности населения предгорья.

Ключевые слова: смертность, болезни системы кровообращения, предгорье, сельская местность, город.

Введение

В настоящее время изменение глобального климата сопровождается увеличением частоты и силы волн жары и холода [7]. Известно, что продолжительная жаркая погода вызывает рост смертности от болезней системы кровообращения (БСК) и дыхания, особенно у пожилых лиц, а также у страдающих хроническими заболеваниями [3].

Оценка масштаба действия лимитирующего фактора возможна при его значениях, которые выходят за пределы оптимума и ухудшают состояние здоровья, снижают устойчивость человека к различным болезням. Влияние повышенной солнечной активности на магнитосферу и ионосферу Земли, в свою очередь, обуславливают увеличение напряженности электромагнитного поля Земли, а это уже напрямую влияет на организм человека. В годы повышенной солнечной активности или в дни магнитной бури, учащаются случаи нарушения деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем [6].

Климат в Республике Дагестан (РД) отличается значительным разнообразием, поэтому естественно, что для жителей различных регионов страны, расположенных на предгорье, последствия температурных волн могут быть не одинаковы. До сих пор оценки влияния волн жары и холода на смертность были получены только по г. Махачкале, расположенному на равнине [5].

В проведенных ранее исследованиях не оценивалась смертность городского и сельского населения в условиях предгорья, что имеет важное практическое значение.

Цель — установление связи смертности от БСК с метеорологическими и солнечными факторами в условиях предгорья.

Материал и методы

Буйнакск является единственным городом РД, расположенным в предгорье, тогда как другие города расположены на равнине. Сельское население Буйнаксского

Таблица 1. Распределение умерших от болезней системы кровообращения в Буйнакском районе в 2002–2014 годы по полу и месту жительства

Пол	Село	Город
Оба пола	2944	2287
Мужчины	1299	1035
Женщины	1645	1252

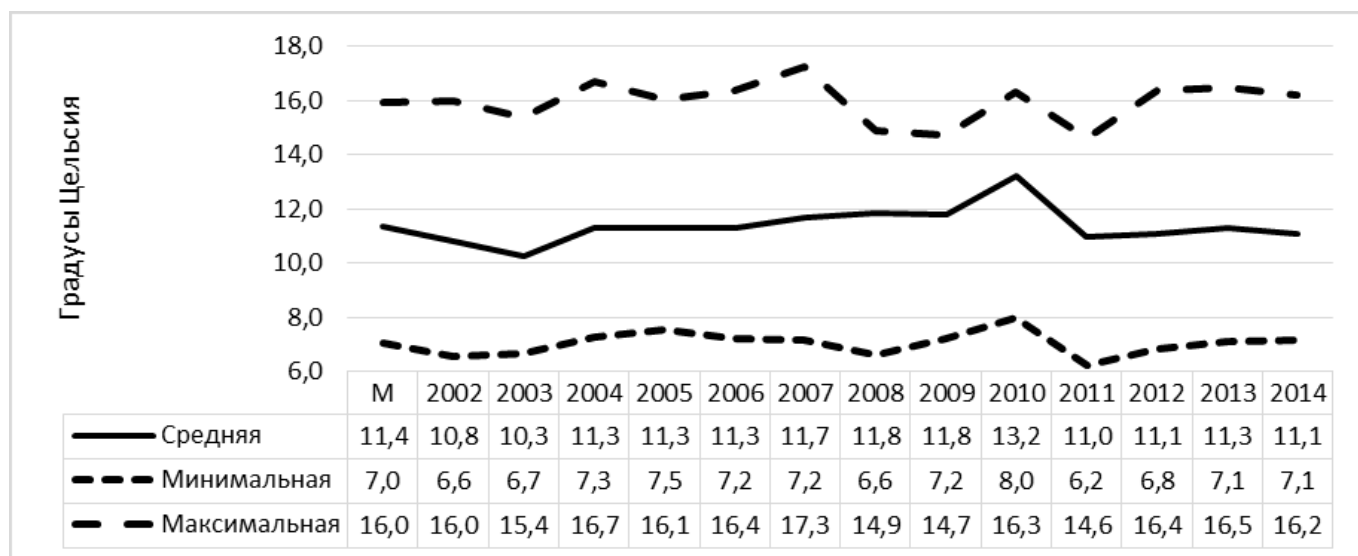


Рис. 1. Динамика средней, минимальной и максимальной температуры воздуха в Буйнакском районе в 2002–2014 годы

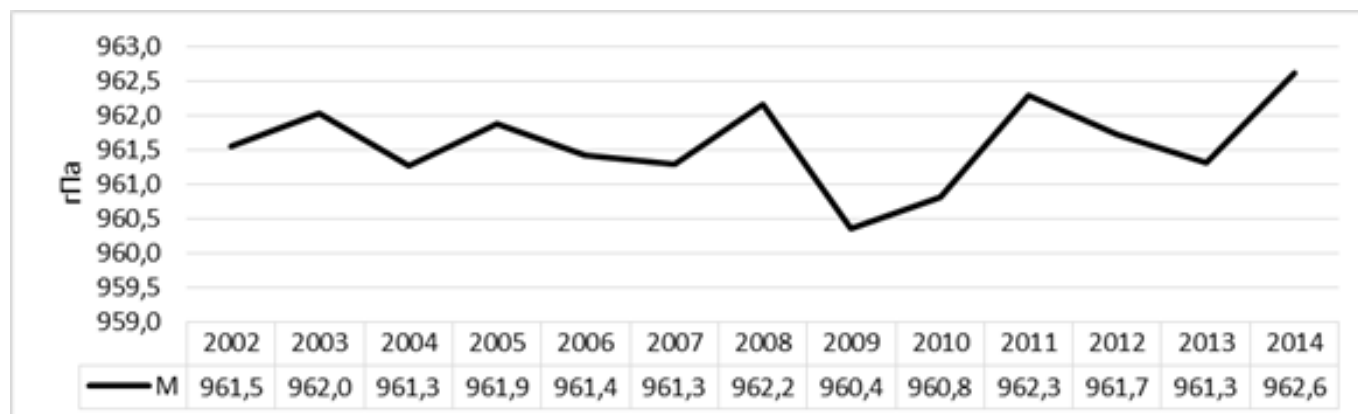


Рис. 2. Динамика среднегодового атмосферного давления в Буйнакском районе в 2002–2014 годы

района проживает на уровне 500–1000 м над уровнем мирового океана. Поэтому моделью для изучения метеозависимости населения в предгорье послужил Буйнакский район, где проживает сельское и городское население.

Данные о погодных условиях Буйнакского района за 2002–2014 годы получены из архива EuroMeteo [2]. В работе анализируется влияние температуры воздуха,

атмосферного давления, относительной влажности, скорости ветра и осадков на смертность от БСК населения предгорья. Интерактивная база данных по солнечной активности в системе Пулковского «Каталога солнечной деятельности» позволила оценивать влияние активности солнца на состояние здоровья населения [1].

Сведения об умерших от БСК в Буйнакском районе РД за 2002–2014 годы предоставлены Министерством здра-

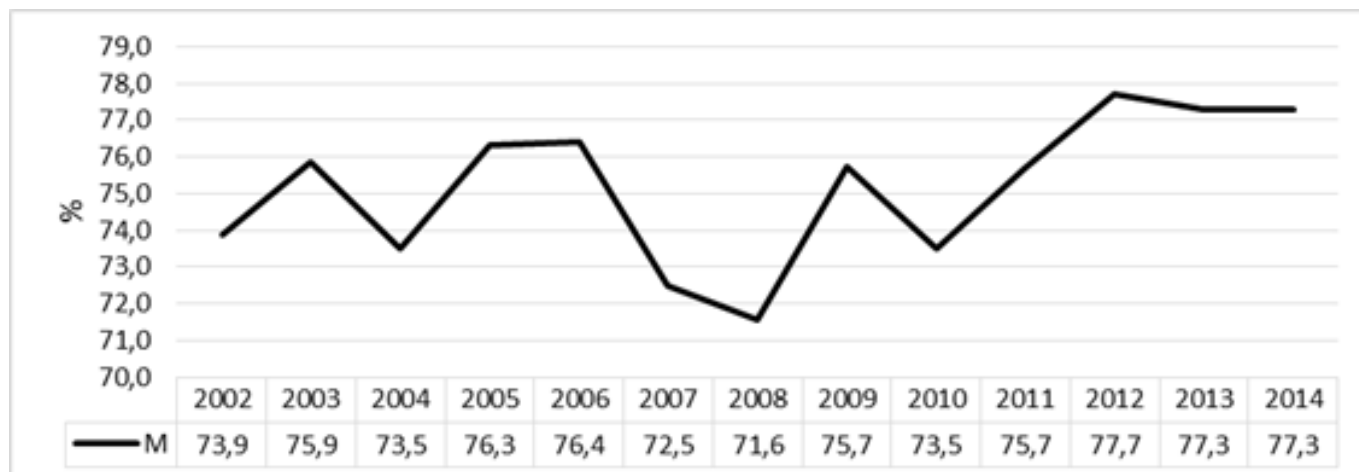


Рис. 3. Динамика среднегодовой относительной влажности воздуха в Буйнакском районе в 2002–2014 годы.

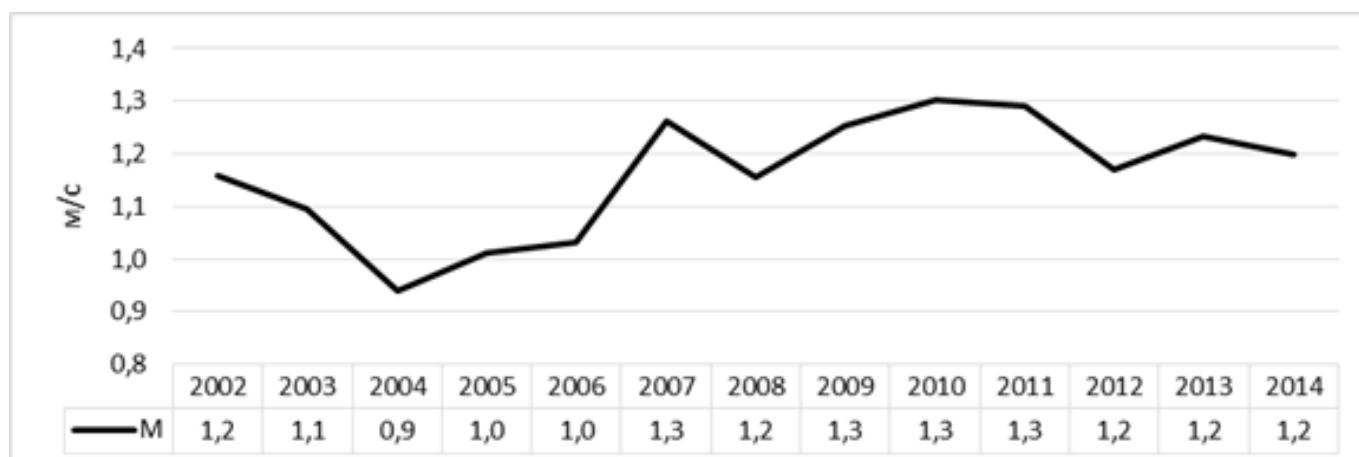


Рис. 4. Динамика среднегодовой скорости ветра в Буйнакском районе в 2002–2014 годы.

вохранения РД. В исследование вошли сведения о 5231 случае смерти от БСК за 13 лет, из них 40% были женщины и 60% — мужчины (табл. 1).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы Microsoft Excel 2010. Зависимость гелиометеорологических факторов оценивали по ранговому коэффициенту корреляции Спирмена.

Результаты

Температурный режим в Буйнакском районе и г. Буйнакске за 13 лет с 2002 по 2014 год характеризуется пиковым повышением в 2010 году и значительным снижением в следующем 2011 году. Амплитуда колебаний максимальной температуры воздуха за 13 лет составила 2,7°C, минимальной температуры – 1,8°C, а средней температуры – 2,9°C (рис. 1).

Среднегодовое атмосферное давление колебалось в Буйнакском районе от 960 до 963 гПа, что на 24 гПа ниже, чем на уровне моря (рис. 2).

Среднегодовая относительная влажность воздуха в Буйнакском районе была минимальной (72%) в 2009 году, затем повысилась до уровня 77% в 2012–2014 годы (рис. 3).

Среднегодовая скорость ветров в Буйнакском районе была минимальной в 2004 году, с 2007 по 2014 год скорость ветра стабилизировалась на уровне 1,2–1,3 м/с (рис. 4).

С 2002 по 2014 год отмечается увеличение количества осадков в Буйнакском районе (рис. 5).

За изучаемый период активность Солнца характеризовалась снижением в 37 раз с 2002 по 2008 год, затем

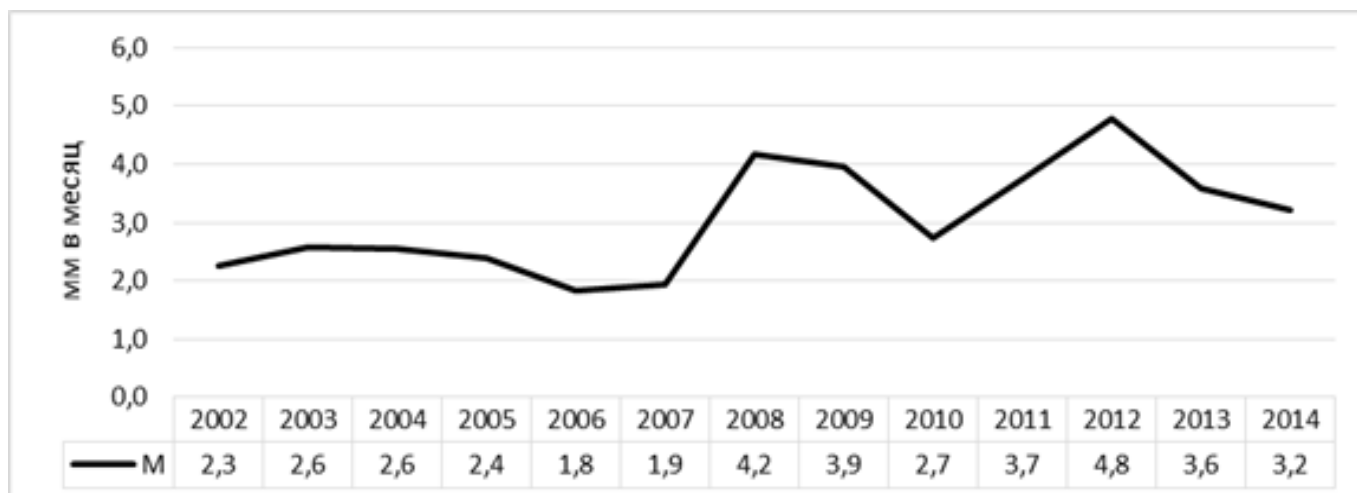


Рис. 5. Динамика среднегодового количества осадков в Буйнакском районе в 2002–2014 годы.

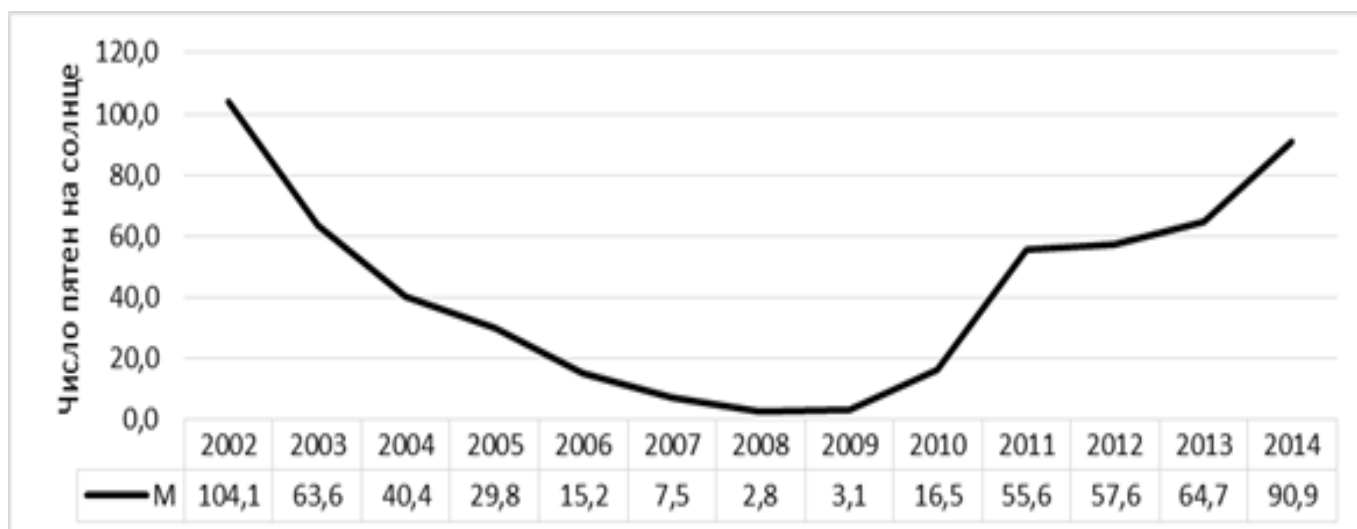


Рис. 6. Динамика среднегодовой солнечной активности в 2002–2014 годы

наблюдалось повышение активности до 2014 года в 32,5 раза (рис. 6).

Показатели смертности от БСК мужского и женского населения Буйнакского района и г. Буйнакск в годы высокой активности Солнца (в 2002 и 2014 годы) были на одном уровне, а в годы низкой солнечной активности разница между показателями мужчин и женщин была максимальной, в основном за счет увеличения показателя смертности от БСК женщин ($R_{xy} -0,174$ для женщин, $P=0,041$; $-0,019$ для мужчин) (рис. 7).

Смертность от БСК сельского населения Буйнакского района отличалась тенденцией к снижению показателя независимо от активности Солнца (рис. 8).

Кривая показателя смертности от БСК населения г. Буйнакск имеет циклический характер с 4-5-летними

периодами. В 2004, 2006, 2011 и 2014 годы показатели смертности женщин сравнивались с уровнем смертности мужчин. В условиях города отмечалась обратная слабая связь смертности от БСК горожан с солнечной активностью ($R_{xy} -0,232$ для женщин, $P= 0,009$; $-0,059$ для мужчин) (рис. 9).

Значительные колебания солнечной активности сказались на колебаниях метеорологических параметров Буйнакского района. Корреляционный анализ показал, что средняя и минимальная температура воздуха имеет отрицательную среднюю связь с солнечной активностью ($R_{xy} - 0,624$ и $-0,411$ соответственно, $P<0,01$). Атмосферное давление и относительная влажность воздуха коррелируют с активностью Солнца прямой средней связью ($R_{xy} 0,479$ и $0,432$ соответственно, $P<0,01$). Среднегодовые значения максимальной температуры воздуха, скорости ветров и количества осад-

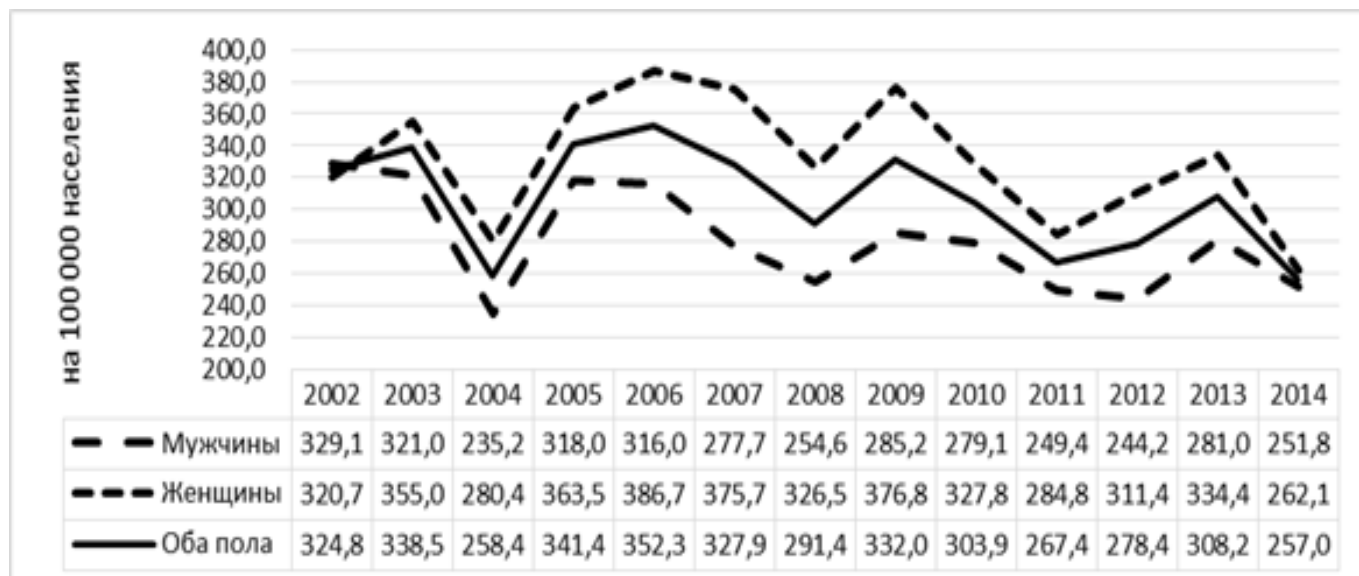


Рис. 7. Динамика смертности от болезней системы кровообращения населения Буйнаковского сельского района и г. Буйнакск в 2002–2014 годы

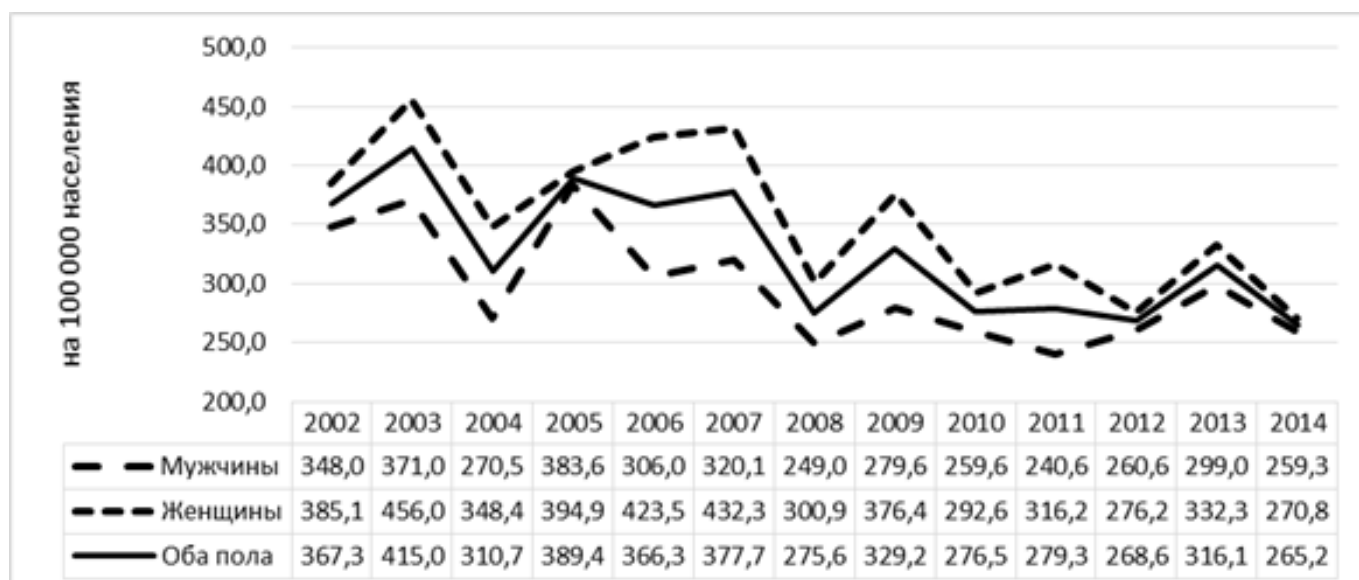


Рис. 8. Динамика смертности от болезней системы кровообращения населения Буйнаковского сельского района в 2002–2014 годы

ков слабо связаны с солнечной активностью в Буйнаковском районе.

Корреляционный анализ показал, что показатель смертности от БСК сельского населения Буйнаковского района подвержен влиянию температуры воздуха и осадков, более метеочувствительными на селе являются женщины. В г. Буйнакске смертность от БСК женского населения зависит только от температуры воздуха, а смертность мужского населения проявляет незначительную зависимость от погодных условий года (табл. 2).

Обсуждение

Доля умерших от БСК в старших возрастных группах в РФ чрезвычайно высока (до 70%), что может быть следствием увеличения продолжительности жизни с увеличением частоты БСК в старших возрастных группах на фоне недостаточной первичной и вторичной профилактики; ограничения доступности высокотехнологичной медицинской помощи; неадекватности оценки первопричины смерти (низкий процент вскрытий умерших дома; использования шаблонных диагнозов и диагнозов с неопределенными

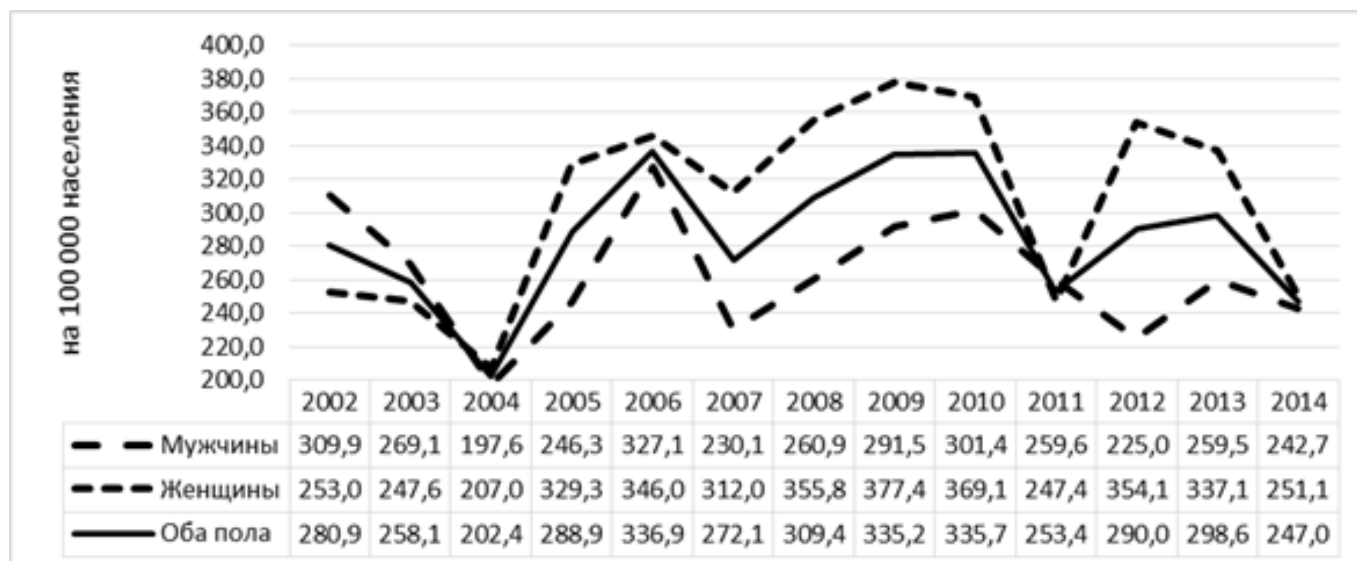


Рис. 9. Динамика смертности от болезней системы кровообращения населения г. Буйнакск в 2002–2014 годы

Таблица 2. Зависимость смертности от болезней системы кровообращения от показателей погоды в Буйнакском районе и г. Буйнакске в 2002–2014 годы (ранговый коэффициент корреляции R_{xy} по Спирмену)

Местность	Пол	Температура средняя	Температура минимальная	Температура максимальная	Количество осадков
Село	Мужчины	-0,204 *	-0,203 *	-0,186 *	-0,186 *
	Женщины	-0,214 **	-0,210 **	-0,190 *	-0,282 **
Город	Мужчины	-0,141	-0,156	-0,151	-0,102
	Женщины	-0,254 **	-0,272 **	-0,266 **	-0,005

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

формулировками) [4], что требует дополнительного изучения.

В условиях предгорья в сельском Буйнакском районе и городе Буйнакске смертность от БСК населения зависит не только от колебаний температура воздуха, но и от солнечной активности. Связь смертности от БСК с солнечной активностью была слабой и обратной.

В г. Буйнакске и Буйнакском районе показатель смертности от БСК женского населения более чувствителен к метеорологическим факторам, нежели мужского населения, особенно в условиях города.

Выводы

1. В условиях предгорья смертность от болезней системы кровообращения населения в значительной степени зависят от колебаний температуры воздуха.
2. Смертность от болезней системы кровообращения населения предгорья имеет обратную и слабую связь с солнечной активностью.
3. Смертность от болезней системы кровообращения женского населения предгорного г. Буйнакск более метеочувствительна, чем у мужского населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интерактивная база данных по солнечной активности в системе Пулковского «Каталога солнечной деятельности». URL: http://www.gao.spb.ru/database/csa/wolf_numbers/w1991.dat (дата обращения 12.12.2015).
2. Погода в Буйнакске. URL: (дата обращения 22.12.2015).
3. Ревич Б.А., Шапошников Д. А., Подольная М.Л., Харькова Т.Л., Кваша Е.П. Волны жары в южных городах Европейской части России как фактор риска преждевременной смертности населения // Проблемы прогнозирования. 2015. № 2. С. 56–67.

4. Резолюция круглого стола на тему «Вклад болезней системы кровообращения в структуру общей смертности: вопросы и проблемы». 11 мая 2016 года, г. Москва // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2016. № 3. С. 113–116.
5. Унтилов Г. В. Смертность населения города Махачкалы в зависимости от аномалий метеорологических факторов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.05. — Махачкала, 2006. — 28 с.
6. Экологические факторы и здоровье человека. URL: <http://meteopathy.com/meteofactory/ekologicheskie-factory-i-zdorove-cheloveka/> (дата обращения 22.12.2015).
7. De Sario M., Katsouyanni K., Michelozzi P. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe // Eur. Respir. J. 2013. Vol. 42, N3. P. 826–843.

© Атаев Магомедрасул Гаджиевич (amrg56@mail.ru), Гаджиева Солтанат Арсланбековна,
 Асельдерова Аида Шамсутдиновна, Агаева Эльвира Назретдиновна, Ханахмедова Кизлер Ширинбеговна.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



К ВОПРОСУ О РОЛИ ЭТНИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КАК ФАКТОРЕ РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

TO THE QUESTION OF THE ROLE OF ETHNICITY AS A RISK FACTOR OF ASTHMA INCIDENCE

T. Gadzhieva
E. Mahmudova
M. Dalkhaeva
E. Gadzhieva
E. Minkailov

Summary. The incidence of bronchial asthma (BA) with evaluation of relative risk (RR) and dynamics (1995–2009) was studied in the adult population of 10 ethnic groups living in mono-ethnic rural areas of Dagestan. Ethnic groups with the highest asthma incidence and negative dynamics have been established. Significant variations in the incidence of asthma in mono-ethnic rural areas of the same ethnos suggest that environmental factors have a greater impact on the incidence of asthma than ethnicity.

Keywords: asthma, ethnicity, incidence, environmental factors.

Гаджиева Тутубиче Абдурахмановна

Д.м.н., профессор, Дагестанский государственный
медицинский университет (г. Махачкала)
tami2006@yandex.ru

Махмудова Эльмира Рашитбековна

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский
университет (г. Махачкала)
Machmydova05@mail.ru

Далхаева Мадина Тажидхановна

К.м.н., ГБУ Республики Дагестан «Республиканская
клиническая больница» (г. Махачкала)
madina.dok@yandex.ru

Гаджиева Эльмира Кайсаровна

К.м.н., Дагестанский государственный медицинский
университет (г. Махачкала)
Aek_@mail.ru

Минкаилов Эльдар Курамагомедович

Д.м.н., доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет (г. Махачкала)
eldarm@yandex.ru

Аннотация. Заболеваемость бронхиальной астмой (БА) с оценкой относительного риска и динамики (1995–2009) изучена у взрослого населения 10 этнических групп, проживающих в моноэтнических сельских районах Дагестана. Установлены этносы с наиболее высокой заболеваемостью БА и неблагоприятной её динамикой. Значимые различия показателей заболеваемости БА по моноэтническим сельским районам одного и того же этноса позволяют предположить, что факторы внешней среды оказывают большее влияние на заболеваемость, чем этническая принадлежность.

Ключевые слова: бронхиальная астма, этническая принадлежность заболеваемости, факторы окружающей среды.

Бронхиальная астма (БА) — хроническое заболевание мультифакторного генеза, в механизмах патогенеза которого внутренние факторы или врождённые характеристики организма играют ключевую роль. К числу внутренних факторов риска БА, значимость которых подтверждается результатами многочисленных, преимущественно зарубежных, исследований относится расовая или этническая принадлежность [3,4,5,6,7,8,9]. Так, например, было показано, что у афроамериканцев отмечается высокий уровень аллергической сенсибилизации, более высокие значения IgE сыворотки крови, бронхиальной реактивности в сравнении с американцами европейского происхождения [8]. Существенные различия в распространённости БА отмечены у латиноамериканцев — распространённость БА у мексиканцев составила 13,2%, у пуэрториканцев — 22,8%, у кубинцев — 23,0% [7,9, 10].

Заболеваемость БА по данным международного скринингового исследования ECRHS варьирует между странами, что с одной стороны подтверждает роль генетических механизмов в её развитии, с другой — значение экологических факторов риска [11]. Патогенез БА, таким образом, должен рассматриваться с современных позиций в контексте сложной генетической и экологической патофизиологии. Расовые и этнические различия в распространённости болезни, по всей видимости, нельзя объяснить только количественными и качественными различиями в экспозиции экзогенных факторов риска заболевания, культурными, социальными или экономическими факторами.

Дагестан является полиэтничным субъектом Российской Федерации, где проживает более 30 этнических групп, абсолютное большинство кото-

Таблица 1. Заболеваемость бронхиальной астмой среди взрослого населения этнических групп сельской местности Дагестана (1997–2009) (число случаев на 100 тыс. взрослого населения этноса)

Этническая группа	ИП заболев.	ДИ		ОР*	СТП	Тренд	Ошибка тренда
		нижний	верхняя				
Аварцы	28,2	20,4	37,2	0,83(0,16–1,86)	-3,5	0,84	1,26
Агульцы	28,9	1,2	93,8	0,92 (0,0–0,0)	16,4	7,15	5,63
Даргинцы	33,6	23,9	45,0	1,31(0,5–3,08)	1,7	0,93	0,73
Кумыки	37,4	25,2	52,1	0,9 (0,34–1,6)	4,4	2,12	0,74
Лакцы	24,1	4,8	58,2	1,1 (0,77–1,34)	13,6	0,57	2,59
Лезгины	58,8	39,9	81,4	1,7** (1,14–2,75)	27,0	16,5	5,48
Русские	42,9	28,0	61,1	1,12 (0,92–1,32)	9,0	3,35	2,64
Рутульцы	10,3	0,1	38,2	0,29 (0,0–0,0)	0,0	0,94	1,41
Табасаранцы	37,2	18,1	63,1	1,26 (0,0–0,0)	-12,4	-4,08	4,88
Ногайцы	11,8	4,5	31,4	0,35 (0,0–0,0)	2,4	0,4	1,4
РД	34,3						

*- в скобках приведены колебания ОР по моноэтническим районам; ** — Значение ОР статистически значимо

рых — коренные жители. В сельской местности Дагестана этносы проживают в моноэтнических сельских районах, территориально расположенных в одной или разных экологических зонах (ЭЗ). Климатогеографические особенности ЭЗ характеризуются существенными колебаниями высоты над уровнем моря от минус 20 до 3000 метров и более, что привело к формированию уникального комплекса экзогенных, в том числе и антропогенных, факторов риска, воздействующих на популяцию на равнине, в предгорье, горах, на севере и юге республики. Перечисленные географические особенности сельской местности Дагестана раскрывают широкие возможности для изучения роли генетических факторов и факторов окружающей среды в реализации механизмов патогенеза различных заболеваний, в том числе и БА. Эпидемиологические особенности БА в городах, ЭЗ и сельских районах республики являлись объектом научного поиска, позволившего выявить важные закономерности [1,2]. Особенности заболеваемости БА взрослого населения этнических групп Дагестана, особенно в сельской местности республики, представляют самостоятельную научно-практическую проблему.

Цель исследования

Оценить влияние этноса, как природного биологического фактора, на заболеваемость БА у взрослого населения 10 наиболее многочисленных этносов, проживающих в сельской местности Дагестана.

Материалы и методы

В качестве источника информации использовались абсолютные данные обо всех впервые выявленных слу-

чаев БА (1995–2009) у взрослого населения 10 этнических групп, проживающих в моноэтнических сельских районах Дагестана. В исследование были включены аварский, агульский, даргинский, кумыкский, лакский, лезгинский, рутульский, табасаранский, ногайский этносы, а также «русские в Дагестане». Рассчитывались интенсивные показатели (ИП) заболеваемости БА, как число всех впервые выявленных на конец года случаев БА на 100 тыс. взрослого населения соответствующего этноса и их доверительные интервалы (ДИ). Поскольку отдельные этносы проживают на территории 2-х и более сельских районов, рассчитывалась амплитуда (Am) ИП заболеваемости БА посельским районом проживания одного и того же этноса как разница между наибольшими и наименьшими показателями заболеваемости БА.

Относительный риск (ОР) заболеть БА у взрослого населения этноса рассчитывался по отношению к общереспубликанскому уровню заболеваемости. Статистическая значимость ОР оценивалась по девиате z. При $z > 1,96$ - $p < 0,05$, при $z > 2,33$ - $p < 0,01$. Для оценки динамики рассчитывались среднегодовые темпы прироста (СТП) заболеваемости, тренд и его ошибка. Статистическая обработка выполнена с использованием прикладных программ Statistica 8.

Результаты исследования и их обсуждение

Численность взрослого населения 10 этнических групп в 1995–2009 гг. составляла 662907 чел., или 47,6% всего взрослого населения РД. Данные о заболеваемости БА у взрослых по этническим группам сельской местности Дагестана приведены в табл. 1.

Таблица 2. Амплитуда показателей заболеваемости бронхиальной астмой по сельским районам одной и той же этнической группы

Этническая группа	Am ИП число сл. на 100 тыс. взрослого населения этноса
Даргинская	84,9
Аварская	57,3
Кумыкская	42,5
Лезгинская	41,3
Лакская	19,3
«Русские в РД»	13,3
Табасаранская	0,0
Агульская	0,0
Рутульская	0,0
Ногайская	0,0

В лезгинском этносе и этносе «русские в РД» отмечалась наибольшая заболеваемость БА; наименьшая — в рутульском и ногайском этносах. Заболеваемость БА по лезгинскому этносу статистически значимо выше, чем в аварской (2,1 раза), рутульской (в 5,8 раза) и ногайской (в 4,9 раза) этнических группах и на 79,3% выше общереспубликанского показателя.

Максимальный ОР заболеть БА во взрослой популяции лезгинского этноса (ОР-1,7; z=2,4) в 5,9 раза превышает минимальный по рутульскому этносу (ОР-0,29) (табл. 1). В даргинском, табасаранском и в этносе «русские в Дагестане» ОР заболеваемости БА также высокий однако статистическая достоверность ОР отмечается только в лезгинском этносе. Ранговые места этнических групп по ОР заболеть БА практически полностью совпадают с ранговыми местами по ИП заболеваемости. Приведенные в скобках данные (минимальные и максимальные показатели ОР по моноэтническим районам каждого этноса) свидетельствуют о значимых колебаниях ОР для одного и того же этноса по отдельным сельским районам. Так, в лезгинском этносе ОР колебался от 1,14 в Курахском районе до 2,75 в Ахтынском районе, в пределах одного этноса отмечались колебания ОР по районам в 2,4 раза. В аварском этносе отмечались колебания от 0,18 в Ахвахском до 1,86 в Гергебильском районах (колебания в 10,3 раза), в даргинском этносе от 0,5 в Акушинском до 3,08 в Дахадаевском (колебания ОР в 6,2 раза). В кумыкском этносе ОР колебался от 0,34 в Буйнакском до 1,6 в Бабаюртовском районах (колебания в 4,7 раза), в лакском этносе от 0,77 — в Лакском до 1,34 в Новолакском районах (колебания ОР в 1,7 раза).

Приведенные данные о значительных колебаниях показателей ОР заболеть БА для взрослого населения этнических групп в сельской местности Дагестана по моноэтническим сельским районам позволяют заключить,

что этническая принадлежность не является детерминирующим фактором риска заболеваемости БА в республике.

Из 10 этносов 6 проживают на территории 2 и более сельских районов. Рассчитали Am ИП заболеваемости БА по районам каждого из 6 этносов, проживающих на территории 2 и более сельских районов, как разницу между наибольшими и наименьшими показателями. Следует отметить, что по отдельным сельским районам, на территории которых проживает население, принадлежащее одной этнической группе, характерны существенные колебания заболеваемости (табл. 2).

Наибольшие Am отмечены в даргинском, аварском, кумыкском и лезгинском этносах. Величины Am показателей заболеваемости в одном и том же этносе по сельским районам колеблются от 13,3 («русские в Дагестане») до 84,9 в даргинском этносе. При этом следует учесть, что количество моноэтнических районов аварского этноса — 13, даргинского — 5. Кумыки проживают также в 5 моноэтнических районах, как и представители даргинского этноса, однако разница Am ИП заболеваемости БА в кумыкском этносе в 2 раза меньше, чем в даргинском.

В 13 моноэтнических районах аварского этноса, расположенных в горной ЭЗ, ИП заболеваемости за 10-летний период колебались от 6,2 (Ахвахский район) до 45,8 (Гунибский район). Амплитуда (Am) ИП по районам аварского этноса составила 57,3 сл. на 100 тыс. взрослого населения. Величина Am превышала усреднённый ИП заболеваемости БА по всему этносу практически в 2 раза. Следует отметить, что столь значимые колебания показателей заболеваемости БА по моноэтническим аварским районам отмечались на территории одной и той же горной ЭЗ.

Наглядно такая особенность заболеваемости БА взрослого населения проявляется и в даргинском этносе. Даргинцы проживают в 5 моноэтнических даргинских районах, из которых 3 расположены в горах, а 2 — в предгорной ЭЗ. Показатели заболеваемости БА в даргинском этносе колебались от 17,5 в горном Акушинском районе до 102,4 в Дахадаевском, также горном районе. Ам колебаний (84,9) показателей заболеваемости в 1,9 раза превышала усреднённый ИП по всему даргинскому этносу.

В кумыкском этносе Ам по моноэтническим сельским районам составила 42,5, что на 34,1% выше усреднённого (1997–2009) ИП заболеваемости БА в кумыкском этносе.

Выше отмечалось, что по заболеваемости БА наиболее неблагоприятен лезгинский этнос. Моноэтнические сельские районы лезгинского этноса расположены на территории южной ЭЗ — на равнине, в предгорье и в горах. Амплитуда (Ам) ИП заболеваемости по районам лезгинского этноса составила 53,4. В даргинском этносе из 5 районов 2 расположены на территории юга горной ЭЗ, в том числе и самый неблагоприятный по заболеваемости БА — Дахадаевский район. В кумыкском этносе из 5 моноэтнических районов на юге равнинной ЭЗ расположен только Каякентский район. 11 сельских районов аварского этноса расположены на севере горной ЭЗ, 1 на севере предгорья. Два района этноса «русские в Дагестане» расположены на севере равнины.

СТП заболеваемости БА по этническим группам (табл. 1) колебался от отрицательного (–12,4%) для табасаранского этноса до положительного (+25,0%) для взрослого населения лезгинского этноса. Высокие положительные СТП заболеваемости БА отмечены в агульском и лакском этносах, составляя соответственно 16,4 и 13,6%. Положительный достоверный тренд заболеваемости отмечен в лезгинском (тренд –16,5; ошибка трен-

да — 5,4) и кумыкском этносах (тренд–2,1; ошибка тренда–0,74). В аварском, агульском, даргинском, лакском и рутульском этносах тренд заболеваемости положительный, но статистически недостоверный. Отрицательный статистически недостоверный тренд заболеваемости отмечен в табасаранском этносе (–4,08; ошибка 4,88).

Заключение

Феномен существенных колебаний показателей заболеваемости БА по отдельным сельским районам одного и того же этноса, если моноэтнических районов несколько, видимо, в большей степени объясняется особенностями внешней среды, и, следовательно, зависит от степени экспозиции экзогенных факторов риска БА. Если бы генетическая предрасположенность доминировала, то колебания ИП заболеваемости по районам проживания одного и того же этноса не были бы столь значимы. Такое заключение подтверждается и данными литературы, в которых поразительные расовые и этнические различия в распространённости болезней, характеризующихся воспалением и/или изменённым иммунологическим ответом, традиционно связываются с влиянием факторов окружающей среды, в частности со спектром причинно-значимых аллеленов, особенностями питания, климатогеографическими характеристиками, а также с воздействием общественных, культурных или экономических факторов [11]. В качестве доказательства можно привести результаты исследований, свидетельствующих, что риск развития БА у мигрантов становится таким же, как у той популяции, в среду обитания которой они перешли [5,6,8].

Таким образом, этническая принадлежность влияет на заболеваемость БА, однако не является детерминирующим фактором риска заболеваемости БА в сельской местности Дагестана. Приоритетным фактором риска заболеваемости БА для взрослого населения, по-видимому, следует признать факторы окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиева Т. А. Заболеваемость и распространённость бронхиальной астмы в городах и в сельской местности Республики Дагестан // Пульмонология. — 2007. — № 3. — С. 29–33.
2. Гаджиева Т. А., Далхаева М. Т., Хачиров Дж. Г. Проблемы смертности от бронхиальной астмы в Республике Дагестан // Пульмонология. — 2011. — № 1. — С. 65–69.
3. Батожагаралова Б. Ц., Мизерницкий Ю. Л. Динамика распространённости бронхиальной астмы в сельской местности Забайкальского края среди подростков коренного и пришлого населения Забайкальского края // Дальневосточный медицинский журнал. — 2011. — № 4. — С. 45–48.
4. Колесникова Л. М., Даренская М. А., Гребенкина Л. А. и др. Проблемы этноса в медицинских исследованиях (обзор литературы). Бюллетень // ВСНЦ РАМН. — 2013. — № 4. — С. 154–159.
5. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Global Initiative for Asthma (GINA). Updated 2014 // www.ginasthma.com.
6. Barnes K. C., Grant A. V., Hansel N. N. et al. African Americans with asthma: genetic insights // Proc. Am. Thorac. Soc. — 2007. — Vol. 4, N. 1. — P. 58–68.
7. Burchard E. G., Avila P. C., Nazario S. et al. Genetics of Asthma in Latino Americans (GALA) study. Lower bronchodilator responsiveness in Puerto Rican than in Mexican subjects with asthma // Am. J. Respir. Crit. Care Med. — 2004. — Vol. 169. — P. 386–392.

8. Collins F. S. What we do and don't know about «race» «ethnicity,» genetics and health at the dawn of the genome era // Nat. Genet. — 2004.-Vol. 36 (suppl. 11). — P. 13–15.
9. Dumanovsky T, Matte TD. Variation in adult asthma prevalence in Hispanic subpopulations in New York City. J Asthma. 2007; 44: 297–303.
10. Rosser F.J., Forno E., Cooper P. J., Celedon J. C. Asthma in Hispanics. An 8-year update // Am J Respir Crit Care Med. 2014; V. 189; N. 11; P. 1316–1327.
11. The European Community Respiratory Health Survey Group. Genes for asthma? An analysis of the European Community Respiratory Health Survey // Am. J. Respir. Crit. Care Med. –1997. — Vol.156. — P. 1773–1780.

© Гаджиева Тутубиче Абдурахмановна (tami2006@yandex.ru), Махмудова Эльмира Рашитбековна (Machmydova05@mail.ru), Далхаева Мадина Тажидхановна (madina.dok@yandex.ru), Гаджиева Эльмира Кайсаровна (Aek_@mail.ru), Минкайлов Эльдар Курамагомедович (eldarm@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



КОМПЛЕКСНОЕ МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ БОЛЬНЫХ ЮВЕНИЛЬНЫМ РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ НА САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ

THE COMPLEX MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF PATIENTS WITH JUVENILE RHEUMATOID ARTHRITIS DURING THE HEALTH RESORT TREATMENT

**L. Gymenyuk
I. Kabatova**

Summary. The assessment of the treatment and rehabilitation effect of the system of the complex medical and psychological support of patients with juvenile rheumatoid arthritis at the stage of the health resort treatment has been conducted. The complex medical and psychological support with the use of art therapy for patients with juvenile rheumatoid arthritis is characterized by a higher efficiency compared to the health resort treatment that is common for this category of patients, which is confirmed by the dynamic analysis data. It has been determined that the «physical functioning» level in the main group improved by $83.9 \pm 7.4\%$, in the control one — by $59.9 \pm 5.6\%$ ($p=0.016$), the «mental health» level — by $88.1 \pm 7.4\%$ and $52.8 \pm 5.0\%$ ($p=0.003$) respectively. The follow-up study proves the achieved long-term effect, the main result of which is the improvement of QOL (Quality of Life): the «physical component of QOL» in the main group improved by $87.9 \pm 7.5\%$, in the control one — by $61.6 \pm 6.0\%$ ($p=0.007$); the «mental component of QOL» — by $88.1 \pm 7.4\%$ and $52.8 \pm 5.0\%$ ($p=0.003$) respectively.

Keywords: juvenile rheumatoid arthritis, emotional disorders, quality of life, medical and psychological support, art therapy.

Гуменюк Леся Николаевна

*Д.м.н., профессор, Медицинской академии имени С. И. Георгиевского; Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского
lesya_gymenyuk@mail.ru*

Кабатова Илона Николаевна

Аспирант, Медицинская академия имени С. И. Георгиевского; Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского.

Аннотация. Проведена оценка лечебно-реабилитационного эффекта системы комплексного медико-психологического сопровождения больных ювенильным ревматоидным артритом на этапе санаторно-курортного лечения. Комплексное медико-психологическое сопровождение с использованием арт-терапии для больных ювенильным ревматоидным артритом характеризуется более высокой эффективностью в сравнении с общепринятым для данной категории пациентов санаторно-курортным лечением, что подтверждается данными динамического анализа. Установлено, что уровень «физическое функционирование» в основной группе улучшился на $83,9 \pm 7,4\%$, в контрольной — на $59,9 \pm 5,6\%$ ($p=0,016$), «психическое здоровье» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно. Качественное исследование свидетельствует о стойкости достигнутого эффекта, основным результатом которого является улучшение КЖ: «физический компонент КЖ» в основной группе улучшился на $87,9 \pm 7,5\%$, в контрольной — на $61,6 \pm 6,0\%$ ($p=0,007$); «психический компонент КЖ» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно.

Ключевые слова: ювенильный ревматоидный артрит, эмоциональные нарушения, качество жизни, медико-психологическое сопровождение, арт-терапия.

Актуальность исследования. Реабилитация больных ювенильным ревматоидным артритом (ЮРА) на сегодняшний день является одной из наиболее актуальных медико-социальных проблем современной педиатрии, ревматологии в связи с неуклонным ростом числа данного контингента во всех возрастных группах с удельным весом до 10–14% среди ревматических болезней [1–5]. На сегодняшний день в литературе накоплены данные, свидетельствующие о широком распространении в клинической практике комбинированных или интегративных подходов, использующих медикаментозные и немедикаментозные способы лечения детей с ЮРА, что и составляет современный стандарт помощи данному контингенту больных. Опыт отечественных и зарубежных исследователей показывает, что кроме медикаментозной терапии больные ЮРА нуждаются в обязательном проведении реабилитационного лече-

ния. При этом, современное функциональное лечение рассматривается не как альтернатива биологическому, а как параллельный, взаимодополняющий элемент терапевтического процесса. В общем комплексе реабилитационных мероприятий, этап санаторно-курортного лечения (СКЛ), базирующийся на достижениях современной курортологии, занимает одно из ведущих мест в системе восстановительного лечения [6–7]. В связи с этим в последние годы все большее значение придается реабилитационным мероприятиям больных ЮРА на санаторно-курортном этапе лечения. Особенностью СКЛ является комплексное использование как естественных, так и преформированных физических факторов, лечебной физической культуры, психотерапии, трудотерапии. С учетом того, что у больных ЮРА выявляется высокая частота встречаемости эмоциональных расстройств, актуальным является включение в тради-

ционный комплекс СКЛ методов, направленных на коррекцию тревожно-депрессивных расстройств, для чего наиболее эффективным способом является психотерапия, в частности, арт-терапевтические интервенции.

Цель исследования. Оценка лечебно-реабилитационного эффекта системы комплексного медико-психологического сопровождения больных ювенильным ревматоидным артритом на этапе санаторно-курортного лечения.

Материал и методы исследования. Выборка включала 60 больных ЮРА в возрасте от 7 до 17 лет, находившихся на санаторно-курортном лечении. Длительность СКЛ составила 28–30 дней. По характеру лечебного комплекса, дети были разделены на 2 группы: основную — составили 30 детей с ЮРА, которым в традиционный комплекс СКЛ была включена арт-терапия; контрольную — 30 больных, которым проводилось традиционное СКЛ. Группы были гомогенны по клиническим и социально-демографическим характеристикам.

Основными методами исследования являлись общеклинический в сочетании с лабораторной диагностикой, психологический. Оценка эффективности комплексной системы медико-психологического сопровождения больных ЮРА на СКЛ проводилась с учетом динамики психоэмоциональных показателей и параметров качества жизни. Согласно поставленной цели и задачам исследования, для изучения динамики уровня качества жизни (КЖ) применяли, адаптированный для детей, опросник MOS SF-36 (J. Ware), позволяющий определить следующие показатели: «Physical Functioning» — физическое функционирование: «Role Physical» — ролевое функционирование — влияние физического состояния на профессиональную деятельность (учебу детей.); «Bodily Pain» — выраженность физической боли и ее влияние на способность заниматься обычной повседневной деятельностью, включая работу по дому и вне дома; «General Health» — общее состояние здоровья — оценка пациентом своего состояния в настоящий момент и перспектив лечения; «Vitality» — жизнеспособность (прилив жизненных сил) — ощущение пациентом себя, наполненным силой и энергией или обессиленным; «Social Functional» — социальное функционирование — определяется степенью, в которой физическое или эмоциональное состояние ограничивает социальную активность (у детей — твоё состояние ограничивает дружбу с другими детьми?); «Role Emotional» — влияние эмоционального состояния на ролевое функционирование — оценка степени, в которой эмоциональное состояние мешает выполнению работы или другой обычной повседневной деятельности, включая большие затраты времени, уменьшение объема работы, снижение ее качества; «Mental Health» — характери-

сти психического здоровья (депрессия, тревога, общий показатель положительных эмоций). Для математико-статистической обработки полученных данных использовали методы: относительных величин с определением статистических коэффициентов; описательной статистики с определением характера распределения полученных результатов, среднего арифметического значения (M), стандартного отклонения (SD), стандартной ошибки среднего (m); параметрической и непараметрической статистики. Достоверность различий при правильном распределении признака определялось с помощью Т-теста для зависимых и независимых выборок. Сравнение данных взаимосвязанных совокупностей проводили с использованием парного критерия Вилкоксона, а между группами с независимыми вариантами — U теста Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение. Средний возраст исследованных составил $13,2 \pm 2,4$ года. По гендерным показателям пациенты распределились следующим образом: мальчики — 47,2%, девочки — 52,8%. Средний возраст начала заболевания составил $5,9 \pm 0,4$ лет. Среди факторов, непосредственно предшествовавших возникновению заболевания, встречались: ОРВИ — у 54(43,9%), ангины — у 31(25,2%), травмы — у 12(9,8%), переохлаждение — у 10(8,1%) больных. У 16(13%) пациентов триггерного фактора не выявлено.

На момент обследования у большинства детей (48(39,0%)) длительность заболевания составила более 6 лет; у 46(37,4%) — до 3-х лет и у 29(23,6%) пациентов — от 3-х до 6 лет. На момент осмотра, в соответствии с классификацией ювенильного ревматоидного артрита, суставная форма заболевания наблюдалась у 109(88,61%) больных, суставно-висцеральная — у 14(11,38%). Полиартрит диагностирован у 85(69,18%), олигоартрит — у 28(21,05%), моноартрит — у 10(7,52%) детей. У большинства обследованных (66(53,6%): у 68(62,39%) с суставной формой и у 8(57,4%) — с суставно-висцеральной) наблюдалось подострое начало болезни; у 57(46,3%): 6(42,85%) с суставно-висцеральным вариантом и 41(37,61%) детей с суставным — острым.

На основании данных клинико-лабораторного исследования у большинства больных (56(45,5%)): у 36(29,3%) с полиартритом, у 16(13,0%) с олигоартритом и у 4(3,25%) детей с моноартритом установлена 1-я степень активности процесса, у 36(29,3%): у 23(18,7%), 8(6,5%) и 5(4,1%) исследованных, соответственно — фаза ремиссии, у 23(18,7%): у 18(14,6%) с полиартритом и у 4(3,25%) с моноартритом — 2-я степень активности, у 8(6,5%) детей с полиартритом — 3-я степень активности. У 87(70,7%) больных регистрировалось нарушение функциональной способности суставов: у 59(48,0%) — ограничение функциональной способности суставов без ограничений

самообслуживания, у 28(22,7%) — ограничение функциональной способности суставов с частичной утратой способности к самообслуживанию; у 36(29,3%) детей функциональная способность суставов была сохранена.

При рентгенологическом исследовании пораженных суставов были выявлены следующие изменения (при оценке тяжести процесса принимали во внимание максимально выраженные изменения любого сустава, классификация Штейнброекера: у 54(43,9%) больных — околосуставной остеопороз (Ro-стадия 1), у 38(30,9%) — остеопороз, сужение суставной щели, единичные костные узурсы (Ro-стадия 2), у 9(7,3%) пациентов — выраженная костно-хрящевая деструкция, подвывихи в суставах (Ro-стадия 3) и у 2(1,6%) больных — анкилозирование (Ro-стадия 4).

В зависимости от характера течения заболевания больные распределились следующим образом: у 91(74,0%) — медленно прогрессирующее, у 17(13,8%) — быстро прогрессирующее течение, у 15(12,2%) детей — без заметного прогрессирования.

При клиническом обследовании у всех 123(100,0%) исследованных выявлена сопутствующая патология, в структуре которой преобладали нарушения опорно-двигательного аппарата (72(58,5%): нарушение осанки наблюдалось у 53(43,1%), сколиоз у 19(15,4%); хронический тонзиллит регистрировался у 26(21,1%) пациентов; патология желудочно-кишечного тракта у 21(17,1%); хронический ринит отмечался у 13(10,6%) больных; патология сердечнососудистой системы у 10(7,52%); задержка физического развития диагностирована у 9(7,3%) пациентов.

На момент обследования большинство детей (83(64,5%) предъявляли жалобы на боли в суставах различной интенсивности: у 35(28,5%) — незначительные суставные боли, у 26(21,1%) — умеренные боли, ограничивающие движения, у 12(9,75%) — сильные боли; на утреннюю скованность в суставах жаловались 73(54,9%) ребенка, на общую слабость и повышенную утомляемость — 98(73,7%) исследованных. Жалобы на нарушение сна предъявляли 46(34,6%) исследованных, на головную боль — 39(31,7%), на боли в сердце — 18(14,6%), снижение аппетита — 12(9,8%) больных.

В анамнезе 64(52,0%) больных получали гормональное лечение. Длительность приёма глюкокортикоидных препаратов составляла от 1 года до 5 лет. На момент обследования 14(11,4%) детей продолжали принимать поддерживающие дозы стероидных гормонов (от 2,5 мг до 10 мг/сут). Внутрисуставное введение глюкокортикоидов применялось у 22(17,9%) больных.

В контрольной группе проводилось общепринятое для больных ЮРА СКЛ, включавшее 3 этапа: адаптационный, предусмотрен для акклиматизации больного и проведения необходимых исследований (3 дня); основной (составил 21 день); заключительный (включал повторное обследование пациентов и подготовку к домашнему режиму, продолжительность 2 дня) с использованием полноценного сбалансированного питания, обогащенного витаминами, микроэлементами, с содержанием кальция 1200–1500 мг/сут; санаторно-курортного режима щадящего либо щадяще-тренирующего; климатолечения: аэротерапию в виде пешеходных прогулок, спортивных игр на воздухе, воздушных ванн по I режиму при ЭЭТ не ниже 19°C или по II режиму при ЭЭТ не ниже 17°C, гелиотерапию в виде дозированных солнечных ванн ослабленной или рассеянной радиации на берегу моря в утренние и послеполуденные часы при ЭЭТ 16–21°C; талассотерапию по I режиму (при ЭЭТ не ниже 19°C и температуре воды в море не ниже 22°C); утренней гигиенической гимнастики; лечебной гимнастики малогрупповым методом и (или) индивидуально; ручного классического массажа конечностей соответственно локализации пораженных суставов; ортопедической профилактики с применением съемных гипсовых лонгет; а также включало санацию очагов хронической инфекции. Предусмотрено использование медикаментозной терапии по показаниям во время СКЛ.

В основной группе в комплексе традиционного СКЛ, в целях психокоррекции эмоциональных расстройств, осуществлялись психотерапевтические интервенции с использованием арт-терапии. Основными принципами проведения арт-терапевтического воздействия у больных с ЮРА на этапе СКЛ являлись системность; комплексность; индивидуальный подход; принцип непрерывности и перманентности; принцип этапности; принцип своевременности; принцип динамического мониторинга; сеттинг; организация терапевтического процесса. Целью проведения арт-терапии являлась мобилизация креативного потенциала детей для восстановления недостаточных или утраченных вследствие болезни когнитивных, эмоциональных, поведенческих и психосоматических ресурсов, совершенствования умений и навыков взаимодействовать, адекватно использовать стилевые психологические защиты, избирать оптимальные копинг-стратегии совладания со стрессорами внутреннего и внешнего порядка, что способствует социальной адаптации, ресоциализации и реинтеграции в общество. Арт-терапевтическая интервенция имела краткосрочный характер и состояла из двух последовательных блоков: интенсивного и поддерживающего. Общее количество арт-терапевтических занятий – 18. Длительность сеанса составляла 45–60 минут. Адекватным являлось использование группового варианта арт-терапии. Арт-терапевтическое воздействие осуществлялась в закрытых

группах под руководством врача-психотерапевта. При работе использовали сочетание импрессиивно-экспрессивных свойств визуально-пластических изобразительных средств; аудио-музыкальных воздействий; повествований; танцевально-двигательных и драматически ролевых компонентов самовыражения больных ЮРА. Занятия с больными проводилась в специально оборудованном арт-терапевтическом кабинете с полным набором необходимых материалов и инструментов в специально выделенное время.

Система медико-психологического сопровождения с использованием арт-терапии, базирующаяся на предложенных принципах, для больных ЮРА характеризовалась более высокой эффективностью в сравнении с традиционным СКЛ, что подтверждалось данными динамического анализа степени выраженности эмоциональных расстройств и уровня КЖ. Установлено, что уровень «физическое функционирование» в основной группе улучшился на $83,9 \pm 7,4\%$, в контрольной — на $59,9 \pm 5,6\%$ ($p=0,016$); «ролевое функционирование» — на $80,9 \pm 7,4\%$, $60,7 \pm 6,1\%$, соответственно ($p=0,040$); «боль» в основной группе улучшился на $81,7 \pm 7,5\%$, в контрольной — на $60,4 \pm 5,8\%$ ($p=0,031$); «общее здоровье» — на $87,7 \pm 7,3\%$, $62,4 \pm 6,1\%$, соответственно ($p=0,001$). «Жизнеспособность» в основной группе улучшился на $85,3 \pm 7,4\%$, в контрольной — на $61,4 \pm 6,0\%$ ($p=0,018$); «социальное функционирование» — на $88,1 \pm 7,8\%$, $59,1 \pm 5,6\%$ ($p=0,001$), соответственно. Показатель «эмоциональное функционирование» в основной группе улучшился на $89,4 \pm 7,4\%$, в контрольной — на $54,32 \pm 5,1\%$ ($p=0,001$); «психическое здоровье» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно.

Катамнестическое исследование, которое осуществлялось на протяжении одного года, свидетельствовало о стойкости достигнутого эффекта у пациентов на фоне применения предложенной системы медико-психологического сопровождения. Основным результатом было улучшение КЖ: «физический компонент КЖ» в основной группе улучшился на $87,9 \pm 7,5\%$, в контрольной — на $61,6 \pm 6,0\%$ ($p=0,007$); «психический компонент КЖ» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно.

Выводы. 1. Комплексное медико-психологическое сопровождение с использованием арт-терапии для больных ювенильным ревматоидным артритом характеризуется более высокой эффективностью в сравнении с общепринятым для данной категории пациентов санаторно-курортным лечением, что подтверждается данными динамического анализа степени выраженности эмоциональных расстройств и уровня качества жизни. Установлено, что уровень «физическое функционирование» в основной группе улучшился на $83,9 \pm 7,4\%$, в контрольной — на $59,9 \pm 5,6\%$ ($p=0,016$), «психическое здоровье» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно.

2. Катамнестическое исследование свидетельствует о стойкости достигнутого эффекта, основным результатом которого является улучшение КЖ: «физический компонент КЖ» в основной группе улучшился на $87,9 \pm 7,5\%$, в контрольной — на $61,6 \pm 6,0\%$ ($p=0,007$); «психический компонент КЖ» — на $88,1 \pm 7,4\%$, $52,8 \pm 5,0\%$ ($p=0,003$), соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрождина Е.Н., Ковалевская Е. Н., Дрождина О. Б., Серавина О. Ф. Роль психотравмирующих факторов в дезадаптации детей и подростков, страдающих ювенильным артритом. Социальная и клиническая психиатрия. 2012; 22(1):44–50.
2. Smolen J., Landewe R., Breedveld F. EULAR recommendations for the management of rheumatoid arthritis with synthetic and biological disease-modifying antirheumatic drugs. Ann. Rheum. Dis. 2010; 69:964–975.
3. Насонов Е. Л. Вопросы оказания медицинской помощи больным с ревматическими заболеваниями. Качество жизни. Медицина, 2008; 5(28):7–10.
4. Насонов Е. Л. Генно-инженерные биологические препараты в лечении ревматоидного артрита. Москва: ИМА-ПРЕСС, 2013.
5. Каладзе Н.Н., Скоромная Е. М. Некоторые аспекты гормональной регуляции иммунного ответа при ювенильном ревматоидном артрите. Материалы научных чтений, посвященных памяти профессора Н. И. Королевой «ЮРА и близкие к нему заболевания». Евпатория, 2012:2–11.
6. Зелинская Д. И. Основы детской реабилитологии. Д. И. Педиатрия. 2012; 91(3.): 15–20.
7. Игишева Л.Н., Притчина С. С. Системный вариант ювенильного артрита: современный взгляд на патогенез, диагностику и лечение. Мать и Дитя. 2016; 3(66):4–8.

© Гуменюк Леся Николаевна (lesya_gumenyuk@mail.ru), Кабатова Илона Николаевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАВИСИМОСТЬ ОСМОТИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ КРЫС И КОНЦЕНТРАЦИИ ТИОЛОВЫХ ГРУПП БЕЛКОВ ИХ МЕМБРАНЫ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ УМЕРЕННОЙ ГИПОТЕРМИИ

THE DEPENDENCE OF THE OSMOTIC RESISTANCE OF RAT ERYTHROCYTES AND THE CONCENTRATION OF THIOL GROUPS OF PROTEINS TO THEIR MEMBRANE FROM THE DURATION OF MODERATE HYPOTHERMIA

G. Guseynov

Summary: In the article, a study, moderate hypothermia of different duration effect on the osmotic fragility of erythrocytes and also investigated the content of SH-groups in total protein and membrane protein band 3 of erythrocytes of rats. For experiments carried out the following: body temperature of rats for 30 min was reduced to 30 °C by external cooling, and then prolonged hypothermia for 90 and 180 min. Analysis of the data shows that in the dynamics of hypothermia observed reversible changes in osmotic fragility of erythrocytes and the content of thiol groups in proteins membranes. Immediately after the reduction of body temperature and after 90 min of hypothermia osmotic fragility of erythrocytes is increased and after 180 min hypothermia is returned to the control level. The content of SH-groups in the total proteins of erythrocyte membranes and in the protein band 3 after 90 min hypothermia decreased significantly (by 16.4% and 28.8%, respectively), and after 180 min hypothermia is increased to control level. In the dynamics of hypothermia found a correlation ($r = -0.950$) between the change in osmotic fragility of erythrocytes and the level of thiol groups in proteins membranes. The obtained data show that from homeothermic organisms with prolonged moderate hypothermia may include adaptive mechanisms of the rearrangements of metabolic processes at the level of red blood cells.

Keywords: protein band 3, hypothermia, rats, osmotic hemolysis, thiol groups, red blood cells.

Гусейнов Герман Омарович

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
germ.67@mail.ru

Аннотация. В работе проведено исследование, как умеренная гипотермия разной длительности влияет на осмотическую хрупкость эритроцитов, а также изучено содержание SH-групп в общих белках мембран и в белке полосы 3 эритроцитов крыс. Для проведения опытов проводились следующие действия: температуру тела крыс за 30 мин снижали до 30 °C путем наружного охлаждения, а затем пролонгировали гипотермию в течение 90 и 180 мин. Анализ полученных данных показывает, что в динамике гипотермии наблюдаются обратимые изменения как осмотической хрупкости эритроцитов, так и содержания тиоловых групп в белках мембран. Сразу после снижения температуры тела и через 90 мин гипотермии осмотическая хрупкость эритроцитов повышается, а через 180 мин гипотермии возвращается к контрольному уровню. Содержание SH-групп в общих белках мембран эритроцитов и в белке полосы 3 через 90 мин гипотермии достоверно снижается (на 16,4 и 28,8%, соответственно), а через 180 мин гипотермии повышается до контрольного уровня. В динамике гипотермии обнаружена корреляция ($r = -0.950$) между изменением осмотической хрупкости эритроцитов и уровнем тиоловых групп в белках мембран. Полученные данные свидетельствуют о том, что у гомеотермных организмов при длительной умеренной гипотермии могут включиться механизмы адаптивных перестроек метаболических процессов на уровне эритроцитов.

Ключевые слова: белок полосы 3, гипотермия, крысы, осмотический гемолиз, тиоловые группы, эритроциты.

Искусственные гипотермические состояния широко используются в клинической практике. Наиболее часто гипотермию применяют для защиты мозга и сердца от последствий ишемии и инсульта [11]. В этом плане наиболее эффективной оказалась умеренная (30–34 °C) гипотермия. Наши исследования показали, что у крыс кратковременная умеренная гипотермия (30°C) без анестезии (аналог непреднамеренной гипотермии) способствует развитию холодового стресса и активации свободнорадикальных процессов в крови [5]. В условиях *in vivo* циркулирующие эритроциты постоянно испытывают

влияние активных форм кислорода (АФК), образующихся как в самой клетке, так и в плазме крови [10]. Внутри эритроцитов аутоокисление гемоглобина в метгемоглобин приводит к образованию супероксидного анион-радикала. Источниками внеклеточных АФК служат гранулоциты, макрофаги, другие метаболически активные клетки крови, клетки эндотелия сосудов, которые образуют пероксид водорода и супероксид анион-радикал. Окислительные модификации белков и липидов мембраны могут привести к существенному изменению структурно-функциональных свойств эритроцитов.

Недавно показано [2], что независимо от глубины (ректальную температуру снижали до 32,5 °С, 27,5 °С и 16,5 °С) и способа достижения гипотермии (кранио-церебральная, общая и общая в условиях гипоксии-гиперкапнии) у крыс наблюдается повышение осмотической хрупкости эритроцитов и усиливается их гемолиз. В то же время неизвестно, как изменяется осмотическая стойкость эритроцитов от длительности умеренной гипотермии. Данные научной литературы свидетельствуют о том, что степень осмотической резистентности эритроцитов зависит от концентрации тиоловых групп в белках мембран, особенно, белке полосы 3 [15].

Целью данной работы явилось изучение зависимости осмотической резистентности эритроцитов крыс и концентрации SH-групп белков их мембраны от длительности умеренной гипотермии.

Методы исследования

Опыты проведены на половозрелых лабораторных белых крысах-самцах массой 180–200 г. Для снижения температуры тела крыс помещали в пеналы из плексигласа, в рубашке которых циркулировала холодная вода. Температуру тела крыс снижали в течение 30 мин. до 30 °С (кратковременная умеренная гипотермия), а в следующих сериях экспериментов эту температуру тела поддерживали в течение 90 и 180 мин. (продолжительная умеренная гипотермия). После декапитации животного собирали кровь в пробирку с гепарином (50 ед/мл).

Эритроциты осаждали центрифугированием при 2000 об/мин в течение 10 мин., а затем трижды промывали физиологическим раствором при 4 °С. Отмытые эритроциты гемолизировали в 10 мМ трис-НСl буфере pH 7,4, содержащем 1,5 мМ ЭДТА [1]. Тени эритроцитов осаждали при 2000 об/мин в течение 20 мин при 4 °С, а затем пятикратно отмывали 10 мМ трис-НСl буфером pH 8,2. Белые тени эритроцитов хранили при –70 °С до использования.

Белок полосы 3 из теней эритроцитов экстрагировали 9 объемами 0,1 моль/л NaOH в течение 30 мин при 4 °С [15]. Нерастворимую фракцию, содержащую белок полосы 3, собирали путем центрифугирования при 5600g в течение 30 мин при 4 °С.

Содержание SH-групп в общих белках мембран эритроцитов и в белке полосы 3 измеряли колориметрическим методом как описано [8]. К 1,5 мл буфера pH 8,0 (0,08 моль/л фосфата натрия, 0,5 мг/мл Na₂-ЭДТА и 2% додецилсульфата натрия) добавляли 0,2 мл суспензии мембран, содержащей 120 мкг белка. После перемешивания добавляли 0,1 мл 5,5'-дителио-бис (2-нитробензойной кислоты) (DTNB; 20 мг в 10 мл 0,1 моль/л натрий-фосфатного буфера pH 8,0).

Через 15 мин измеряли поглощение при 412 нм, используя эквивалентную концентрацию белка в качестве контроля. Концентрацию SH-групп рассчитывали, используя молярный коэффициент поглощения, равный 13600 (моль/л)·1 см⁻¹. Белок в мембранах определяли методом Лоури.

Осмотическую резистентность эритроцитов определяли по устойчивости клеток к гипотоническим растворам натрия хлорида. 25 мкл эритроцитов добавляли в серии пробирок, содержащих 2,5 мл растворов с различными концентрациями NaCl (от нуля до 0,9 г/100 мл в 5 ммоль/л фосфатного буфера, pH 7,4) с шагом 0,05 г/100 мл. Пробы инкубировали при 37 °С в течение 30 минут. Гемолиз останавливали путем добавления равного объема растворов соответствующих концентраций хлорида натрия, необходимых для восстановления изотоничности. Пробы центрифугировали при 3000 g в течение 10 минут. Оптическую плотность супернатанта определяли при 540 нм (максимум поглощения гемоглобина) против дистиллированной воды при толщине слоя раствора 1 см, используя спектрофотометр СФ-46. Процент гемолиза эритроцитов (X) рассчитывали относительно первой пробы, где отсутствовал NaCl (100% гемолиз) по формуле:

$$X = \left(\frac{E_o}{E_{max}} \right) * 100$$

где E_o — экстинкция исследуемой пробы, E_{max} — экстинкция, соответствующая 100% гемолизу, X — процент гемолиза.

Для количественной оценки осмотической резистентности эритроцитов использовали величину осмотичности, соответствующую гемолизу 50% клеток (C50), — центр распределения эритроцитов по осмотической резистентности. Данные в таблице приведены в виде среднее ± ошибка среднего. Достоверность различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Результаты наших исследований показали, что при гипотермии осмотическая резистентность эритроцитов изменяется. При этом степень изменений зависела от длительности гипотермии. При кратковременной гипотермии осмотическая хрупкость эритроцитов возрастает (рисунок). При этом наблюдается не только сдвиг эритрограммы вправо, но даже в изотонических условиях происходит 10% гемолиз эритроцитов. Наибольшее и достоверное снижение осмотической резистентности эритроцитов происходит через 90 мин гипотермии.

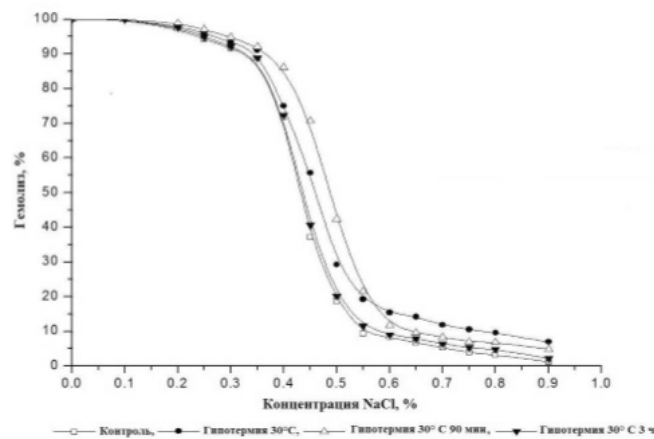


Рис. 1. Осмотическая резистентность эритроцитов крыс при гипотермии

Таблица 1. Величина осмотичности, соответствующая гемолизу 50% клеток (C50) при гипотермии (M±m; n = 8)

Состояние животного	C ₅₀ , %
Контроль	0,431±0,091
Гипотермия 30 мин сразу	0,460±0,018
Гипотермия 30°C через 90 мин	0,481±0,012 P<0.001
Гипотермия 30°C через 180 мин	0,436±0,024

Здесь и на табл. 2 P – достоверное различие относительно контроля

Об этом свидетельствует не только правый сдвиг кривой гемолитической резистентности на эритрограмме, но и достоверное повышение значения осмотичности, соответствующее лизису 50% клеток C50 (табл. 1). Как видно (рис., табл. 1), через 180 мин гипотермии осмотическая резистентность эритроцитов повышается до уровня контроля.

Таким образом, пролонгирование умеренной гипотермии в течение 90 мин. приводит к повышению осмотической хрупкости эритроцитов, а пролонгирование до 180 мин. способствует снижению их осмотической хрупкости. Известно, что осмотическая хрупкость эритроцитов зависит от их формы и отношения площади поверхности к объему клетки. Повышение осмотической хрупкости эритроцитов после 90 мин. гипотермии, видимо, связано с существенным снижением доли дискоцитов и ростом количества измененных форм эритроцитов (стомато- и сфероцитов) [4], которые обладают наименьшей осмотической стойкостью [2].

Снижение осмотической хрупкости после 3-х ч гипотермии, вероятно, связано с увеличением в периферической крови дискоцитов, особенно за счет уплощенных форм, являющихся более стойкими к факторам гемолитической резистентности [2].

[2]. Форма эритроцитов зависит от структурно-функциональных свойств мембраны и их проницаемости для ионов.

В исследованиях *in vitro* показано, что инкубация эритроцитов с оксидантами (H₂O₂, аскорбат/Fe²⁺) приводит к окислительной модификации липидов и белков мембран, трансформации клеток в эхиноциты и повышению их осмотической хрупкости [13]. Эти данные позволяют предположить, что активация процессов окислительных повреждений мембраны эритроцитов может быть ведущей причиной повышения осмотической хрупкости эритроцитов после 90 мин. пролонгирования гипотермии.

Ранее нами было установлено, что после 180 мин гипотермии существенно снижается степень окислительной модификации липидов и белков мембраны эритроцитов, а также значительно возрастает в эритроцитах уровень восстановленного глутатиона и активность ключевого антиоксидантного фермента — супероксиддисмутазы [3]. Очевидно, повышение клеточной антиоксидантной защиты после 180 мин. гипотермии способствует снижению осмотической хрупкости эритроцитов.

Таблица 2. Содержание тиоловых групп (нмоль/мг белка) в белках мембран эритроцитов при гипотермии ($M \pm m$; $n = 8$)

Состояние животного	Содержание SH-групп в общих белках мембран	Содержание SH-групп в белке полосы 3
Контроль	79,16±4,34	54,82±3,77
Кратковременная гипотермия	69,19±3,12	46,68±2,03
Пролонгированная 90 мин гипотермия	66,19±1,69 P<0,02	39,01±1,89 P<0,02
Пролонгированная 180 мин гипотермия	76,23±0,56	53,13±0,43

Одним из важных интегральных белков мембраны эритроцитов является белок полосы 3, на долю которого приходится 25% от общего количества мембранных белков. Он занимает до 10% поверхности клеточной мембраны. Этот анионный транспортер связывает белки цитоскелета с мембраной эритроцитов, а также является основным местом, где гемоглобин и гликолитические ферменты связываются с мембраной эритроцитов [6]. Как показали Ксай и сотр. [15], редокс-состояние тиоловых групп белков мембран, в том числе и белка полосы 3, оказывает существенное влияние на осмотическую хрупкость эритроцитов. Существует ли такая связь при гипотермии?

Анализ содержания SH-групп показал, что при кратковременной гипотермии их концентрация, как в общих белках, так и в белке полосы 3, снижается (табл. 2). Через 90 мин. гипотермии количество SH-групп в общих белках мембраны эритроцитов снижается на 16,4%, а в белке полосы 3 — на 28,8% относительно контроля. После пролонгированной в течение 180 мин. гипотермии содержание тиоловых групп, как в общих белках мембраны эритроцитов, так и в белке полосы 3, повышается до контрольного уровня.

Оксиданты и алкилирующие агенты способны модифицировать тиоловые группы белков мембран. *In vivo* окисление тиоловых групп мембранных белков происходит, в основном, под действием пероксида водорода [9]. В условиях окислительного стресса уменьшение доступных SH-групп и образование дисульфидных мостиков может привести к повышению доли агрегированных

мембранных белков эритроцитов, что снижает упруго-эластические свойства мембраны и общей деформируемости эритроцитов [14].

Показано [7], что окисление тиоловых групп белков эритроцитарных мембран может увеличить их проницаемость для таких ионов, как K^+ , Na^+ и Ca^{2+} . Белок полосы 3 является анионным переносчиком, но может регулировать поступление воды и, следовательно, осмотический баланс эритроцитов. Конформационные изменения белка полосы 3 могут вызывать значительные изменения формы эритроцита, а также их осмотической хрупкости [12].

В заключении необходимо отметить, что изменение содержания тиоловых групп в белках мембраны эритроцитов в динамике умеренной гипотермии полностью коррелирует с изменением осмотической хрупкости эритроцитов ($r = -0,950$). Это свидетельствует о том, что изменение осмотической хрупкости эритроцитов в динамике гипотермии прямо зависит от состояния тиоловых групп белков мембраны эритроцита.

Важным результатом работы является тот факт, что пролонгирование гипотермии в течение 3-х ч. способствует нормализации как осмотической стойкости эритроцитов, так и количества тиоловых групп в белках мембраны эритроцитов. Это свидетельствует о том, что у гомойотермных организмов при пролонгировании гипотермии могут включиться механизмы адаптивных перестроек метаболических процессов на уровне отдельных клеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кличханов Н.К., Исмаилова Ж. Г., Астаева М. Д. Свободнорадикальные процессы в биологических системах. Учебное пособие. — Махачкала: Издательство ДГУ, 2012. — 188 с.
2. Ломако В.В., Коваленко И. Ф., Шило А. В. Эритроциты периферической крови при разных вариантах гипотермии гомойотермного организма // Проблемы криобиологии. — 2012. — Т. 22, № 4. — С. 398–409.
3. Маяхи Мохаммед Т. Джабер, Исмаилова Ж. Г., Астаева М. Д., Кличханов Н. К. Интенсивность свободнорадикальных процессов в крови крыс при гипотермии // Вестн. Дагестанского науч. центра РАН. — 2012. — № . 45. — С. 44–49.

4. Чалабов Ш.И., Аль Рабии М. А., Койсултанова З. К., Муртазаева А. З., Кличханов Н. К. Морфологические характеристики эритроцитов крыс при умеренной гипотермии // Матер. Всеросс. науч.-практич. конф. с междунар. участием, посвященной 50-летию биологического факультета ДГУ «Закономерности распространения, воспроизведения и адаптаций растений и животных» (Махачкала, сент. 2014). — Махачкала, 2014. — С. 203–204.
5. Эмирбеков Э.З., Кличханов Н. К. Свободнорадикальные процессы и состояние мембран при гипотермии. — Ростов-н/Д.: Изд-во Южного федерального ун-та, 2011. — 200 с.
6. Campanella M. E., Chu H., Low P.S. Assembly and regulation of a glycolytic enzyme complex on the human erythrocyte membrane // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2005. Vol. 102. — P. 72402–72407.
7. Deuticke B. The role of membrane sulfhydryls in passive, mediated transport processes and for the barrier function of the erythrocyte membrane // Membr. Biochem. — 1986. Vol. 6. — P. 309–326.
8. Habeeb A. F. S. A. Reaction of protein sulfhydryl groups with Ellman's reagent // Meth. Enzymol. — 1972. Vol. 34. — P. 457–464.
9. LoConte, M.; Carroll, K. S. The chemistry of thiol oxidation and detection / Oxidative stress and redox regulation. Jakob, U. Ed. New York: Springer 2012, Chapter 1. P. 1–42.
10. Pandey K. B., Rizvi S. I. Markers of oxidative stress in erythrocytes and plasma during aging in humans // Oxidative Med. and Cell. Longevity. — 2010. Vol. 3, Is.1. — P. 2–12.
11. Polderman K. H. Application of therapeutic hypothermia in the ICU: opportunities and pitfalls of a promising treatment modality. Part 1: Indications and evidence // Intensive Care Med. — 2004. Vol. 30. — P. 556–575.
12. Sato Y., Yamakose H., Suzuki Y. Participation of band 3 in hypotonic hemolysis of human erythrocytes // Biol. Phar. Bull. — 1993. Vol. 16, N2. — P. 188–194.
13. Srour M. A., Bילו Y. Y., Juma M., Irhimch M. R. Exposure of human erythrocytes to oxygen radicals causes loss of deformability, increased osmotic fragility, lipid peroxidation and protein degradation // Clinical Hemorheol. Microcircul. — 2000. Vol. 23. — P. 13–21.
14. Wang X., Wu Z., Song G., Wang H., Long M., Cai S. Effects of oxidative damage of membrane protein thiol groups on erythrocyte membrane viscoelasticities // Clin. Hemorheol. Microcirc. — 1999. Vol. 21(2). P. 137–146.
15. Xia J., Browning J. D., O'Dell B. L. Decreased plasma membrane thiol concentration is associated with increased osmotic fragility of erythrocytes in zinc-deficient rats // J. Nutr. 1999. Vol. 29. P. 814–819.

© Гусейнов Герман Омарович (germ.67@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ПРИ ИНФЕКЦИЯХ МОЧЕВЫХ ПУТЕЙ

THE TECHNOLOGY OF USING PLANT MEDICINAL REMEDIES IN URINARY TRACT INFECTIONS

*V. Ivanov
V. Saganov*

Summary. A clinical study of the efficacy of 641 patients with urinary tract infections was carried out. The technique of phytotherapy in the complex technology of treatment and prevention of acute and chronic pyelonephritis and cystitis is proposed. Relapses of the disease in the groups of patients receiving the proposed treatment regimens using plant medical remedies were noted much less frequently than in groups that did not receive phytotherapy.

Keywords: plant medical remedies, UTI, technology of using.

Иванов Виктор Викторович

К.м.н., ГАУЗ РК БСМП им. В. В. Ангапова

Саганов Владислав Павлович

*Д.м.н., Бурятский государственный университет
uromed-lkc@mail.ru*

Аннотация. Проведено клиническое изучение эффективности терапии 641 больных инфекциями мочевых путей. Предложена методика фитотерапии комплексной технологии лечения и профилактики острого и хронического пиелонефрита и цистита. Рецидивы заболевания в группах больных, получавших предложенные схемы лечения, с использованием фитопрепаратов, отмечены гораздо реже, чем в группах, не получавших фитотерапию.

Ключевые слова: Фитопрепараты, ИМП, технология применения.

Введение

Одним из способов, улучшающих результаты лечения инфекционно-воспалительных заболеваний органов мочевыделительной системы, является использование растительных лекарственных средств. Учитывая реальные возможности фитотерапии, ее применение является наиболее адекватным методом противорецидивного лечения больных хроническими заболеваниями, ранних стадий развития заболевания, в период реабилитации, в комплексном лечении острых заболеваний [1]. При этом, конкретных рекомендаций по применению фитопрепаратов, при уроинфекциях, до настоящего времени не разработано. Четкое определение показаний к назначению растительных лекарственных средств, исходя из их фармакотерапевтической активности, режимов применения при различных вариантах течения уроинфекций, позволит повысить эффективность терапии.

Цель исследования

Разработать рациональные схемы использования растительных лекарственных средств у больных инфекциями мочевых путей.

Материалы и методы исследования

Проведено клиническое изучение эффективности терапии с использованием растительных лекарственных средств, в результате лечения 641 больных инфек-

циями мочевых путей (ИМП). Фитотерапия применялась как метод в комплексном лечении при острых и хронических инфекционно-воспалительных заболеваниях почек и мочевыводящих путей. Курс фитотерапии назначался одновременно с антибактериальной терапией по поводу острого или обострения хронического воспалительного процесса. В последующем проводились профилактические курсы лечения с использованием растительных лекарственных средств.

В исследуемые группы включены пациенты с острым и хроническим пиелонефритом (ОП и ХП), острым и хроническим циститом (ОЦ и ХЦ). Основные группы составили пациенты, получавшие курс терапии с использованием растительных лекарственных средств. Группы сравнения составили пациенты, получавшие традиционное антибактериальное лечение. Группы больных были одинаковы по полу, возрасту, клиническому течению заболевания. Формирование контингента больных происходило методом случайной выборки.

Общий отбор больных осуществлялся по следующим критериям: возраст от 18 до 70 лет (больных старше 70 лет не включали, в связи с высокой вероятностью сопутствующих заболеваний, влияющих на результаты исследования); наличие соответствующей клиники и анамнеза заболевания; отсутствие обструктивных уропатий и нейрогенных расстройств мочеиспускания; отсутствие аллергических реакций на антибактериальные препараты в анамнезе; отсутствие тяжелой сопутствующей патологии; информированное согласие больного.

Терапевтический эффект оценивался по конечному результату: улучшение клинико-лабораторных показателей, купирование клинической картины заболевания. Основным показателем считали процент рецидивов заболевания в течение года. Диспансерное наблюдение проводилось с месячным интервалом между посещениями, при которых, кроме анализов посева мочи на микрофлору, выполнялись биохимические, клинические исследования анализов крови и мочи.

Из 641 больных инфекционно-воспалительными заболеваниями почек и мочевыводящих путей было 594 (92,7%) женщин и 47 (7,3%) мужчин, возраст от 18 до 70 лет, средний возраст $43,6 \pm 1,1$ лет. Из 207 больных острым циститом (ОЦ) было 198 (96%) женщин и 9 (4%) мужчин в возрасте от 18 до 60 лет. Средний возраст больных ОЦ составил — $33,7 \pm 1,7$ лет. Все 158 больных хроническим циститом (ХЦ) были женщины, от 18 до 70 лет, средний возраст — $49,8 \pm 1,3$ лет. Больных острым пиелонефритом (ОП) было 154 человека, все женщины, с диагнозом — острый неосложненный пиелонефрит. Средний возраст составил $41,2 \pm 1,1$ лет. Проведено лечение 112 пациентов хроническим пиелонефритом (ХП): 76 (67,9%) женщин и 36 (32,1%) мужчин. Возраст от 18 до 70 лет. Средний возраст — $44,5 \pm 0,9$ лет.

Стандартные схемы базисной антибактериальной терапии, назначаемые больным с ИМП, включали в себя использование трех антибиотиков и их сочетаний: гентамицина, ципрофлоксацина, цефтриаксона. По показаниям применяли анальгетики, спазмолитики, инфузионную терапию.

Короткий курс антибактериальной терапии — 3 дня, назначали больным острым неосложненным циститом. В международной литературе существует определения острого неосложненного цистита и пиелонефрита: мочевиная инфекция у здоровой небеременной пациентки в возрасте 16–65 лет [2]. Больным острым неосложненным пиелонефритом антибактериальная терапия назначалась, в среднем, 14 дней. Больным ОЦ, с факторами риска, назначали курс антибактериальной терапии в течение 7 дней. К факторам риска при ОЦ относили: лица мужского пола; возраст старше 65 лет; длительность сохранения симптомов более 7 дней; выраженность клинических и лабораторных проявлений заболевания (гематурия, субфебрильная температура); использование диафрагм и спермицидов; сахарный диабет [3].

При лечении больных с обострением хронического цистита (ОХЦ) использовали такие же варианты антибактериальной терапии, что и при ОЦ, только терапию продлевали до 10 дней. Стандартные схемы базисной антибактериальной терапии у больных с обострением хронического пиелонефрита (ОХП) и острым пиело-

нефритом включали в себя курс лечения 14 дней. Часть больных ХЦ получали противорецидивное антибактериальное лечение с использованием малых доз ципрофлоксацина — 0,125 г в сутки, в течение трех месяцев.

В нашем исследовании, на фоне традиционного курса лечения ИМП, как дополнительный метод, применялась фитотерапия. В качестве растительных лекарственных средств были использованы таблетки сухого экстракта толокнянки обыкновенной (ТСЭТО) и отвар листьев толокнянки обыкновенной (ОЛТО) у больных циститом, фиточай «Байкальский-6» и Канефрон Н — у больных пиелонефритом. Применение фитопрепаратов у больных проводили по предложенной нами схеме: при остром воспалительном процессе фитотерапия назначалась вместе с антибиотиками, в течение 3–4 недель, при обострении хронического — в течение 3–4 недель, дополнительно курс фитотерапии через месяц после окончания лечения, далее 1 курс фитотерапии в 3 месяца, в течение года.

В основные группы включены больные, получавшие комплексную терапию с использованием растительных средств (ТСЭТО, ОЛТО, фиточай «Байкальский-6», Канефрон Н). Группы сравнения составили пациенты, получавшие традиционную антибактериальную базисную терапию (БТ).

ТСЭТО назначали по 200 мг 3 раза в день, отвары листьев толокнянки обыкновенной (ОЛТО), фиточая «Байкальский-6» — 1:10, по 1/3 стакана на прием. Канефрон Н — по 50 капель 3 раза в день, либо по 2 драже 3 раза в день. Все фитопрепараты принимались за 40–60 мин до приема пищи, 3 раза в день.

Курс фитотерапии с использованием ТСЭТО и ОЛТО составил 21 день, для больных ОЦ и ХЦ. Фиточай «Байкальский-6» и Канефрон Н назначали 28 дней больным ОП и ОХП.

Окончательные результаты учитывали через год после основного курса лечения. Группы больных, схемы лечения отражены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

Основное количество рецидивов ИМП возникало в пределах 2–3 месяцев после проведенного курса лечения, у больных принимавших только антибактериальный курс лечения. (Таблица 1). У больных, принимавших, дополнительно фитотерапию, рецидивы развивались спустя 3–4 и более месяцев. Количество рецидивов инфекции выравнивается во всех группах больных через 3–4 месяца, не зависимо от методики проведения терапии воспалительного процесса, что диктует необходимость

Таблица 1. Группы больных ИМП, схемы лечения, отдаленные результаты.

Диагноз	Группы больных	Схема лечения	Количество больных	Рецидив инфекции в течение года, n(%)	Средние сроки развития рецидива, (мес.)
Острый цистит (с факторами риска)	I	БТ 7 дней + фитотерапия 21 день	56	8(14,3) *	4,3*
	II	БТ 7 дней	30	8(26,7)	3,0
Острый неосложненный цистит	I	БТ 3 дня + фитотерапия 21 день	96	10(10,4)**	4,2**
	II	БТ 3 дня	25	8(32)	2,1
Обострение хронического цистита	I	БТ 10 дней + фитотерапия 21 день + 4 курса фитотерапии в течение года (1 курс в 3 мес.).	35	7(20,0)*	4,1*
	II	БТ 10 дней + антибиотикопрофилактика низкими дозами в течение 3 мес.	58	7(12,1)**	3,6*
	III	БТ 10 дней + фитотерапия 21 день	30	7(23,3)*	4,1*
	IV	БТ 10 дней + профилактическое лечение не проводилось	35	12(34,3)	2,5
Острый неосложненный пиелонефрит	I	БТ 14 дней + фитотерапия 28 дней	74	3(4,1)**	5,1**
	II	БТ 14 дней + фитотерапия 28 дней + 4 курса фитотерапии в течение года (1 курс в 3 мес.).	24	0**	0**
	III	БТ 14 дней	56	9(16,1)	3,6
Обострение хронического пиелонефрита	I	БТ 14 дней + фитотерапия 28 дней + 4 курса фитотерапии в течение года (1 курс в 3 мес.).	32	6(18,8)**	3,8*
	II	БТ 14 дней + фитотерапия 28 дней	58	15(25,8)*	3,6*
	III	БТ 14 дней + профилактическое лечение не проводилось	32	11(34,4)	2,6

Примечание: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$ — достоверность различий результатов в сравнении с группой больных, принимавшей только базисную терапию. БТ- базисная терапия.

повторных курсов фитотерапии в течение года. Хорошо себя зарекомендовали повторные курсы фитотерапии 1 раз в 3 месяца, которые показали свою эффективность при ИМП.

У больных ОЦ, с факторами риска, как отражено в таблице 1, рецидивы заболевания в течение года достоверно чаще (26,7%) развивались у больных второй группы (базисная терапия) по сравнению с первой (14,3%), где больные, дополнительно, получали фитотерапию. Очевидно, что прием фитопрепаратов, в комплексной терапии цистита, увеличивает интервал безрецидивного периода и уменьшает количество рецидивов в отдаленном периоде. Рецидивы заболевания у больных острым неосложненным циститом, получавших короткие курсы антибактериальной терапии, отмечены у 8 из 25, то есть — 32%, в группе больных, принимавшей фитопрепараты — 10 рецидивов инфекции на 96 пациентов — 10,4% ($p < 0,01$).

У пациенток с обострением хронического цистита (рецидивное течение заболевания, с частотой обострения, в анамнезе, более 3-х раз в год или более 2 раз в течение полугода), рецидивы заболевания в течение года наблюдения развивались достоверно реже, где боль-

ные, дополнительно, получали фитотерапию. У больных, получавших курсами фитотерапию, рецидивы составили 20,0%. В группе пациентов, принимавшей профилактическое лечение низкими дозами антибиотиков, рецидивы инфекции наблюдались в 12,1% случаев. Отмечаются несколько лучшие результаты в группе больных, принимавших антибактериальную профилактику, однако сроки рецидива после отмены антибиотиков были раньше, чем после отмены приема фитопрепаратов. Лучшие результаты, по сравнению с базисной терапией и без противорецидивного лечения (34,3% рецидивов), были в группе больных, принимавшей фитотерапию только в период обострения заболевания (23,5% рецидивов).

Достоверной разницы в результатах отдаленного лечения между группой больных острым пиелонефритом, получавшей фитотерапию только в острый период, и группой, дополнительно получавшей, в последующем, курсовое лечение фитопрепаратами, не отмечено. Поэтому, применение повторных курсов фитотерапии у больных острым неосложненным пиелонефритом, в течение года, нецелесообразно. Применение фитотерапии у больных ОП, в острый период, значительно сокращает рецидивы инфекции по сравнению с группой, принимавшей только базисную терапию ($p < 0,01$).

Отдаленные результаты лечения у больных с обострением хронического пиелонефрита, показали, что в группе больных, получавшей фитотерапию, как в острый период, так и курсами в течение года, рецидивы составили в 18,8% случаев. В группе больных, принимавшей фитопрепараты только в период обострения заболевания, рецидивы имели место в 25,8% случаев. У больных, принимавших только базисную терапию, без последующего противорецидивного лечения, рецидивы составили 34,4% рецидивов. При этом отмечались ранние рецидивы заболевания, в среднем, через 2,6 мес.

Выводы

Предложенная методика комплексного лечения больных инфекциями мочевых путей, с использованием растительных лекарственных средств, позволяет быстрее купировать клинические симптомы заболеваний в остром периоде, сократить количество рецидивов заболеваний в отдаленном периоде и удлинить сроки безрецидивного периода. Применение фитотерапии в виде профилактических курсов лечения является более эффективной альтернативой обычного диспансерного наблюдения данной категории больных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перепанова Т. С. Трудности лечения рецидивирующей инфекции мочевых путей. Возможности фитопрепаратов / Т. С. Перепанова // РМЖ., 2009, N12. — С. 841–845.
2. Перепанова Т. С., Козлов Р. С., Руднов В. А., Сняжкова Л. А. Антимикробная терапия и профилактика инфекций почек, мочевыводящих путей и мужских половых органов. М., 2015. — 72с.
3. Stamm W.E., Hooton T. H. — Management of urinary tract infections in adults. N. Eng.J.Med. 1993; 329: 1328–34.

© Иванов Виктор Викторович, Саганов Владислав Павлович (uromed-lkc@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



КЛЕТОЧНО-ПОТЕНЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТРОМАЛЬНО-ВАСКУЛЯРНОЙ ФРАКЦИИ В ПЛАСТИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ ЛИЦА

CELL-POTENTIATED TECHNOLOGIES WITH STROMAL VASCULAR FRACTION APPLICATION IN PLASTIC SURGERY OF THE FACE

V. Karpiuk
P. Lavreschin
T. Gayvoronskaya

Summary. To assess the opportunities of cell-potentiated surgical techniques, which include autologous stromal-vascular fraction (SVF) transplantation, treatment outcomes in 203 patients with local soft tissue deficiency of the face and 24 patients with defects and deformations of the facial skeleton were studied. It is determined that SVF-enriched fat tissue transplantation (control group, n=105) is safe. In comparison with traditional technique of lipofilling (main group, n=98) it is characterized by high efficiency one-time correction ($2,0 \pm 0,1$ and $1,4 \pm 0,1$ GAIS scores, groups respectively, $p \leq 0,01$), a decrease in multiplicity of interventions to achieve optimal results in the most difficult clinical cases ($1,7 \pm 0,1$ and $2,1 \pm 0,1$ operations on the one patient, groups respectively, $p \leq 0,01$). Reconstructive surgery of the facial skeleton, including the implantation of SVF-enriched biodegradable osteoplastic materials demonstrate high efficiency in patients with saddle nose deformity (dynamics of the FACE-Q scores: satisfaction with nose $41,4 \pm 3,2$ and $74,6 \pm 2,6$ ($p < 0,001$); psychological function $46,6 \pm 4,6$ and $79,5 \pm 2,9$ ($p < 0,001$); social function $45,5 \pm 2,3$ and $69,8 \pm 3,3$ ($p < 0,001$) before and after surgery respectively), congenital cleft of the upper jaw, post-traumatic chin deformation, orbital floor defect, combined dentoalveolar and facial anomalies.

Keywords: Cell-potentiated technologies, stromal vascular fraction, lipofilling, maxillo facial reconstruction.

Карпюк Владимир Борисович

*К.м.н., соискатель, Ставропольский государственный
медицинский университет
vkarpyuk@mail.ru*

Лаврешин Пётр Михайлович

*Д.м.н., профессор, Ставропольский государственный
медицинский университет*

Гайворонская Татьяна Владимировна

*Д.м.н., профессор, Кубанский государственный
медицинский университет, г. Краснодар*

Аннотация. С целью оценить возможности клеточно-потенцированных, включающих аутотрансплантацию стромально-васкулярной фракции (СВФ), хирургических методов изучены исходы лечения 203 пациентов с локальным дефицитом мягких тканей лица и 24 пациентов с дефектами и деформациями лицевого скелета. Установлено, что аутотрансплантации обогащенной СВФ жировой ткани (основная группа, n=105) безопасна и по сравнению с традиционной техникой липофилинга (контрольная группа, n=98) характеризуется повышенной эффективностью однократной коррекции ($2,0 \pm 0,1$ и $1,4 \pm 0,1$ баллов по шкале GAIS соответственно группам, $p \leq 0,01$), уменьшением кратности вмешательств для достижения оптимального результата в наиболее сложных клинических ситуациях ($1,7 \pm 0,1$ и $2,1 \pm 0,1$ операций на одного пациента соответственно группам, $p \leq 0,01$). Восстановительно-реконструктивные операции на лицевом скелете, включающие имплантацию обогащенных СВФ биodeградируемых костнопластических материалов, демонстрируют высокую эффективность при ринолордозе (динамика показателей в баллах по шкале FACE-Q: удовлетворенность видом носа $41,4 \pm 3,2$ и $74,6 \pm 2,6$ ($p < 0,001$); психологическое самочувствие $46,6 \pm 4,6$ и $79,5 \pm 2,9$ ($p < 0,001$); социальная активность $45,5 \pm 2,3$ и $69,8 \pm 3,3$ ($p < 0,001$) до и после лечения соответственно), врожденной расщелине альвеолярного отростка верхней челюсти, посттравматической деформации подбородочного отдела нижней челюсти, посттравматическом дефекте дна орбиты, сочетанной зубочелюстно-лицевой аномалии.

Ключевые слова: клеточно-потенцированные технологии, стромально-васкулярная фракция, липофилинг, челюстно-лицевая реконструкция.

Качественное восстановительное хирургическое лечение, включающее полную коррекцию анатомических, функциональных и эстетических дефектов лица, возникающих в результате заболеваний, травм, операций или носящих врожденный характер, остаётся актуальной медико-социальной проблемой. Применяющиеся сегодня в пластической хирургии методы, включая перемещение лоскутов, пересадку аутогенных и аллогенных тканей, имплантацию синтетических материалов, имеют определенные ограничения и часто испытывают недостаток в клинической предска-

зваемости результатов [1, 2, 4, 11]. Анализ причин низкой эффективности стандартных подходов свидетельствует о необходимости дальнейшего усовершенствования технологии хирургических вмешательств с учетом местных анатомо-физиологических особенностей и на основе фундаментальных закономерностей регенерации биологических тканей.

Одним из перспективных и широко обсуждаемых направлений развития пластической хирургии является применение клеточных биотехнологий. Ведется

активный поиск клинически приемлемых источников стволовых клеток для реализации клеточно-потенцированных хирургических технологий. Предварительные исследования подтверждают высокие регенераторные свойства и безопасность стромально-васкулярной клеточной фракции жировой ткани (СВКФ) [3, 7, 13]. Цель настоящей работы: оценить эффективность клеточно-потенцированных, включающих аутотрансплантацию СВКФ, методов восстановления мягкотканевого контура лица и опорных структур лицевого скелета.

Материалы и методы

Проведение работы одобрено советом по этике Ставропольской государственной медицинской академии (протокол № 6 от 17.12.2010). Все пациенты были обследованы, не имели сопутствующих соматических заболеваний, способных повлиять на результаты лечения, и подписали добровольное информированное согласие на операцию.

Контурную пластику мягких тканей лица выполняли с помощью микроаутотрансплантации жировой ткани (другие названия операции — липофилинг, фэтграфтинг, липотрансфер) 203 пациентам. Показаниями для операции служили локальные недостатки объема мягких тканей, возникшие вследствие перенесенных травм (49 случаев), операций (38 случаев), возрастных изменений (92 случая), идиопатической липоатрофии (3 случая), а также врожденные эстетические диспропорции размера и формы губ (19 случаев). В основной группе (ОГ) из 105 человек трансплантат обогащали СВКФ — на 1 часть фракции от 5 до 20 частей жира; в контрольной группе (КГ) из 98 человек пересаживали жировую ткань, подготовленную по общепринятой методике липофилинга.

24-м пациентам проводили восстановительно-реконструктивное хирургическое лечение по поводу дефектов и деформаций лицевого скелета. В 20 случаях выполнялась пластика опорных структур спинки носа при седловидной деформации — ринолордозе. По одному случаю составили наблюдения пациентов с врожденной расщелиной альвеолярного отростка верхней челюсти, посттравматической деформацией подбородочного отдела нижней челюсти, посттравматическим дефектом дна орбиты, сочетанной зубочелюстно-лицевой аномалией. Во всех случаях лечение включало аутотрансплантацию СВКФ в комбинации с аутокостью или с резорбируемым остеозамещающим материалом (на 1–2 части остеозамещающего материала 1 объемная часть концентрированной фракции).

Стромально-васкулярную фракцию выделяли из аспирата подкожной жировой ткани по методи-

ке ферментативной дигестии и центрифугирования. Комплекс исследований включал методы клинической и лучевой диагностики, фотографического анализа, анкетирования (шкалы GAIS и FACE-Q), морфологическую верификацию трансплантируемого материала и регенерировавших тканей. Контрольные сроки наблюдения: 6 месяцев после контурной пластики мягких тканей, от 1 года до 2-х лет после пластики структур лицевого скелета. Оценка эффективности проводилась путем сравнения показателей основной и контрольной групп, в динамике до и после лечения, а также при сопоставлении с данными из литературных источников. Статистическая обработка осуществлялась с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007 и включала расчет средних величин и оценку уровня значимости различий по t-критерию Стьюдента.

Результаты

Ближайший послеоперационный период контурной пластики мягких тканей сопровождался умеренным отеком и незначительными внутритканевыми кровоизлияниями в донорской и реципиентной зонах. К социальной активности внешний вид позволял вернуться на 3–7 день после вмешательства. Пролонгированные отеки (более 1 месяца) служили причиной для беспокойства у 11 пациентов (10,5%) из ОГ и у 22 пациентов (22,4%) из КГ. Через 6 месяцев после операции у большинства пациентов отмечался выраженный клинический результат, заключающийся в приросте тканей в зонах введения, восстановлении макрорельефа проблемных зон и общих контуров лица. Случаев образования кист, гранулем, эрозий, некроза, инфекционных осложнений и аллергических реакций в течение периода наблюдения не отмечено.

Удовлетворенность пациентов результатами проведенного лечения (оценка по GAIS \geq 2) составила 72% в ОГ и 34% в КГ. Улучшение незначительным сочли 26% пациентов ОГ и 60% КГ, внешний вид без изменений расценили 2% и 6% соответственно. Средний балл по оценке результатов операции пациентами совпадает с таковым по оценке врачом — $2,0 \pm 0,1$ в ОГ и $1,4 \pm 0,1$ в КГ ($p \leq 0,01$).

Наилучшие результаты получены, когда выполнялась контурно-объемная пластика для коррекции возрастных изменений лица (средний балл по GAIS в ОГ $2,5 \pm 0,1$, в КГ $1,6 \pm 0,1$, $p \leq 0,01$). Причем в ОГ полученный однократным вмешательством объемный эффект был наиболее стойким, а сами пациентки часто отмечали улучшение качества кожи и цвета лица. Во всех случаях идиопатической липоатрофии в результате операции достигнуто выраженное улучшение внешнего вида по сравнению с исходным состоянием (оценка 2 балла по шкале GAIS). От дополнительной коррекции пациенты отказались.

Наиболее сложными для коррекции были случаи восстановления контуров мягких тканей лица после травм и операций (средний балл по GAIS в ОГ $1,4 \pm 0,1$, в КГ $1,2 \pm 0,1$, $p \geq 0,05$). У таких пациентов часто встречались неблагоприятные условия для приживления жировой ткани в области дефектов: малая емкость реципиентных зон, выраженные рубцовые изменения, плохое кровоснабжение. Иногда реципиентное ложе приходилось создавать искусственно, рассекая обширные кожно-мышечные спайки и проводя первичное однослойное введение жировых микротрансплантатов. В таких случаях на значительный клинический результат однократной процедуры рассчитывать не приходилось; преимущества использования обогащенного ВСКФ липографта проявились при оценке результатов повторного липофилинга (средний балл по GAIS в ОГ $2,3 \pm 0,1$, при $n=27$; в КГ $1,5 \pm 0,1$ при $n=32$; $p \leq 0,01$), а также за счет уменьшения кратности процедур для достижения оптимального результата (в среднем на одного пациента для коррекции посттравматических и послеоперационных дефектов мягких тканей лица проведено процедур: в ОГ $1,7 \pm 0,1$ ($n=48$), в КГ $2,1 \pm 0,1$ ($n=39$); $p \leq 0,01$).

При ринолордозе операция, как правило, выполнялась под местной анестезией, послеоперационный период проходил гладко, без каких-либо осложнений. На момент снятия швов и лонгеты (7–10 дней) нос выглядит уже достаточно эстетично без явных следов операции, спинка прямая, при осторожном её ощупывании безболезненная, стабильная. При контрольных осмотрах в сроки до 6 месяцев отмечается регресс локальной отёчности мягких тканей с тенденцией к уменьшению высоты спинки носа. В дальнейшем форма носа остается неизменной до конца периода наблюдения. Воспалений имплантированного материала, реакций кожного покрова над ним, нарушений микрорельефа спинки носа или других осложнений не было. В одном случае на этапе отработки технологии однократным вмешательством не удалось достичь удовлетворяющего пациентку эффекта, в связи с чем через год ей была выполнена повторная ринопластика. В результате операции количественно определяемый на профильных снимках уровень спинки носа нормализовался у большинства пациентов, независимо от этиологии и степени выраженности исходной деформации, и в среднем составил $0,5 \pm 0,1$ мм. В среднем по группе значительно возросла удовлетворенность общим видом лица (с $62,9 \pm 3,3$ до $79,0 \pm 2,6$; $p < 0,01$), а также видом носа (с $41,4 \pm 3,2$ до $74,6 \pm 2,6$; $p < 0,001$). Достоверно улучшились психологическое самочувствие (с $46,6 \pm 4,6$ до $79,5 \pm 2,9$; $p < 0,001$) и социальная активность (с $45,5 \pm 2,3$ до $69,8 \pm 3,3$; $p < 0,001$).

Коррекция врожденной расщелины альвеолярного отростка верхней челюсти выполнялась аутотранс-

плантатом из 1 мл ВСКФ и костной крошки (около 1 см куб), полученной из удалённого экзостоза носовой перегородки. В результате операции носовое дыхание восстановлено полностью, достигнуто улучшение позиции крыла и общего вида носа. По шкале FACE-Q: удовлетворенность общим видом лица — 63 балла (+8), удовлетворенность видом ноздрей — 63 балла (+45), психологическое самочувствие — 76 баллов (+21), социальная активность — 87 баллов (+9). Контрольные КТ подтверждают эффективность коррекции костной составляющей данной врожденной челюстно-лицевой деформации.

Коррекция тяжелых последствий травмы лица включала восстановление подбородочного выступа нижней челюсти имплантатом из 2 см куб гранул Bio-Oss, обогащенных 1 мл СВКФ, контурно-объемную пластику щечно-скуловой области микроаутоотрансплантацией 15 мл жировой ткани, обогащенной 0,5 мл СВКФ. Через 10 месяцев при контрольном осмотре последствия травмы лица менее заметны. Эффективность операции подтверждается результатами тестирования по шкале FACE-Q: удовлетворенность общим видом лица — 79 баллов (+40), удовлетворенность подбородком — 63 балла (+42), психологическое самочувствие — 60 баллов (+36), социальная активность — 58 баллов (+50).

В результате трансконъюнктивальной пластики нижней стенки орбиты имплантатом из 2 см куб гранулированного остеокондуктора Bio-Oss, витализированного 1,5 мл СВКФ, устранены гипо- и энтофтальм. По шкале FACE-Q: удовлетворенность общим видом лица — 60 баллов (+8); удовлетворенность глазами — 64 балла (+44), психологическое самочувствие — 63 балла (+27); социальная активность — 64 балла (+44).

Ортогнатическая операция при сочетанной зубочелюстно-лицевой аномалии — гипоплазии верхней челюсти, нижней макрогнатия с мезиальным прикусом III степени, выполнялась внутриротовым доступом и включала остеотомию верхней челюсти по Le Fort I, двустороннюю сагиттальную остеотомию нижней челюсти, перемещение и металлоостеосинтез челюстных фрагментов в правильной позиции с трансплантацией СВКФ в область межфрагментарной щели. Через 6 месяцев после операции получена надёжная консолидация фрагментов с нейтральным соотношением челюстей и нормализацией лицевого контура. По результатам тестирования получены следующие психометрические показатели: удовлетворенность общим видом лица — 79 баллов (+49), удовлетворенность нижней частью лица и линией подбородка — 63 балла (+39), психологическое самочувствие — 72 балла (+42), социальная активность — 70 баллов (+48).

Обсуждение

В настоящее время вопрос безопасности является краеугольным камнем внедрения клеточных технологий. Мы не наблюдали каких-либо специфических осложнений в течение всего периода исследования, что свидетельствует об отсутствии дополнительных клинических рисков при реализации потенцированных аутотрансплантацией СВКФ методов липофилинга и реконструкции лицевого скелета. Применённые в работе технологии основаны на использовании свежeweделенного аутологичного клеточного материала, что полностью исключает недостатки, связанные с введением аллогенных клеток или культивированием собственных [5, 8, 12].

Точное измерение результатов пластических операций на лице полагается на использование стандартизованных и валидных инструментов оценки удовлетворенности пациента и качества жизни [9, 15]. На основании этих критериев мы отобрали и использовали в работе шкалы GAIS (Global Aesthetic Improvement Scale) и FACE-Q. Согласно опроснику, оценки «полностью удовлетворен результатом» и «удовлетворен результатом, но хотелось бы немного улучшить» более чем в 2 раза чаще выбирали пациенты в ОГ, чем в КГ. Средняя оценка исходов по шкале GAIS в 1,5 раза выше в ОГ, чем в КГ. В наиболее сложных клинических ситуациях, таких, как аугментация рубцовоизмененных мягких тканей, также продемонстрированы лучшие исходы с меньшей кратностью процедур в группе сравнения, где применяли обогащенный СВКФ липографт. Данные результаты свидетельствуют о значительно превосходящей эффективности предлагаемого нами подхода по сравнению с результативностью традиционного липофилинга.

Использование шкалы FACE-Q позволяет провести сравнение наших результатов с результатами других исследователей, применивших этот же инструмент оценки исходов ринопластики. Например, J.A. Schwitzer с соавт. (2015) оценивают успешной эстетическую ринопластику у 56 пациентов со следующей динамикой показателей FACE-Q: удовлетворенность общим видом лица +26,5 баллов (у нас +16,1), удовлетворенность видом носа +40,6 (у нас +33,2), психологическое самочувствие +15,7 (у нас +32,9), социальная активность +13,7 (у нас +24,3) [10]. Как видно из приведенных цифр, наши результаты несколько отстают в плане удовлетворенности видом лица и носа, но заметно выше в плане психологического самочувствия и социальной активности. На наш взгляд, это связано со спецификой наблюдаемых контингентов и свидетельствует о том, что ринолордоз остается наиболее сложной для коррекции деформацией, устранение которой, тем не менее,

оказывает значительное влияние на качество жизни человека.

При коррекции врожденной расщелины верхней челюсти способ клеточно-потенцированной остеопластики оказался достаточно эффективным и, в отличие от общепринятой практики, не был связан с травмой донорской зоны для взятия костного трансплантата. На примере коррекции сочетанной посттравматической деформации лица показана возможность одновременного гистотипичного восстановления утраченных мягких и опорных тканей. Источник регенераторных клеток един — СВКФ, носитель различен: для мягких тканей — свободные микролоскуты аспирированного жира; для опорных тканей — депротеинизированный костный матрикс Bio-Oss.

Продемонстрирована возможность применения имплантата на основе СВКФ для повышения эффективности и безопасности хирургического лечения посттравматического гипоптальма и энтофтальма. Кроме универсальных преимуществ предлагаемого подхода, таких, как отсутствие ущерба донорской зоне, биосовместимость и биобезопасность пластического материала, при данной патологии положительной стороной является возможность дробного порционного введения имплантата под контролем нового положения глазного яблока. Рыхло-эластическая консистенция позволяет хорошо моделировать его по форме дефекта, исключая возможность компрессии или травмирования внутриглазничного отрезка инфраорбитального нерва. Применяемый при этом трансконъюнктивальный доступ не оставляет видимых рубцов и, в отличие от доступа через разрез нижнего века, не сопряжен с риском ятрогенных осложнений в виде контракции или выворота века.

Использование клеточно-потенцированного подхода позволяет добиться стабильного результата при коррекции выраженной зубочелюстно-лицевой аномалии, несмотря на то, что рецидивы у таких пациентов, по данным литературы, составляют от 5 до 50% [6, 14]. Внесенная в область костного шва СВКФ служит остеогенным проводником и увеличивает контакт между фрагментами, тем самым повышая жесткость фиксации и вероятность надёжного сращения кости. Входящие в состав фракции мультипотентные мезенхимальные стромальные клетки под воздействием высвобождающихся в костную рану естественных остеоиндукторов начинают каскад дифференцировок с трансформацией в остеоид, который перекрывает и стабилизирует межфрагментарную щель.

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют о безопасности и высокой эффективности клеточно-потенцированных методов хирурги-

ческого восстановления мягких и/или опорных тканей челюстно-лицевой области, включающих аутотрансплантацию СВКФ.

Выводы

1. Контурная пластика мягких лица с помощью инъекционной микроаутотрансплантации жировой ткани, обогащенной СВКФ, не имеет клинических рисков дополнительно к тем, что имеются при традиционном липофиллинге, отличается повышенной эффективностью однократной коррекции ($2,0 \pm 0,1$ и $1,4 \pm 0,1$ баллов по шкале GAIS соответственно, $p \leq 0,01$), уменьшением кратности вмешательств для достижения оптимального результата в наиболее сложных клинических ситуациях ($1,7 \pm 0,1$ и $2,1 \pm 0,1$ операций на одного пациента для кор-

рекции посттравматических и послеоперационных контурных дефектов, $p \leq 0,01$).

2. Восстановительно-реконструктивные операции, включающие имплантацию обогащенных СВКФ биодеградируемых костнопластических материалов, демонстрируют высокую эффективность при ринолордозе, врожденной расщелине альвеолярного отростка верхней челюсти, посттравматической деформации подбородочного отдела нижней челюсти, посттравматическом дефекте дна орбиты, сочетанной зубочелюстно-лицевой аномалии. При минимальном риске осложнений, отсутствии ущерба донорской зоне, значительном запасе пластического материала, данный подход является хорошей альтернативой традиционным методам ауто-, ксено- и аллопластики опорных тканей лицевого скелета.

ЛИТЕРАТУРА

- Белоусов, А. Е. Пластическая, реконструктивная и эстетическая хирургия / А. Е. Белоусов. — СПб.: Гиппократ, 1998. — 744 с.
- Васильев, С. А. Пластическая хирургия в онкологии: библиотека пластической хирургии: монография / С. А. Васильев; под ред. автора; ЧелГМА. — Челябинск, 2002. — 262 с.
- Волчков, С. Е. Определение оптимального источника ММСК для создания банка клеток / С. Е. Волчков, О. В. Тюмина, Л. Е. Волова // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. — 2010. — Т. 5, № 3. — С. 22.
- Восстановительная хирургия мягких тканей челюстно-лицевой области: руководство для врачей / П. З. Аржанцев [и др.]; под ред. А. И. Неробеева, Н. А. Плотникова. — М.: Медицина, 1997. — 288 с.
- Жукоцкий, А. В. Проблемы контроля качества продукции клеточных технологий / А. В. Жукоцкий, А. В. Мелерзанов // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. — 2010. — Т. 5, № 3. — С. 29.
- Туманян, С. М. Лечение больных с мезиальной окклюзией зубных рядов III степени: автореф. дис. ... канд. мед. наук / С. М. Туманян. — Краснодар, 2015. — 22 с.
- Экспериментальная модель реконструкции кости путем остеогенной трансформации аутотрансплантированных свежевыведенных стромальных клеток жировой ткани / В. Б. Карпюк [и др.] // *Анналы пласт., реконструктив. и эстет. хирургии* — 2007 — № 4 — С. 14–18.
- Aging of mesenchymal stem cell in vitro / M. M. Bonab [et al.] // *BMC Cell Biol.* — 2006. — Vol. 7. — P. 14.
- Alsarraf, R. Outcomes instruments in facial plastic surgery / R. Alsarraf // *Facial Plast. Surg.* — 2002. — Vol. 18, № 2. — P. 77–86.
- Assessing patient-reported satisfaction with appearance and quality of life following rhinoplasty using the FACE-Q appraisal scales / J. A. Schwitzer [et al.] // *Plast. Reconstr. Surg.* — 2015. — Vol. 135, № 5. — P. 830e–837e
- Marthy, S. Human immunodeficiency virus activity in rib allografts / S. Marthy, M. Richter // *J. Oral. Maxillofac. Surg.* — 1998. — Vol. 56, № 4. — P. 474–476.
- Outgrowth of a transformed cell population derived from normal human BM mesenchymal stem cell culture / Y. Wang [et al.] // *Cytotherapy.* — 2005 — Vol. 7, № 6. — P. 509–519.
- Phenotypical and functional characterization of freshly isolated adipose tissue-derived stem cells / M. J. Varma [et al.] // *Stem Cell Dev.* — 2007. — Vol. 16, № 1. — P. 91–104.
- Relapse after SSRO for mandibular setback movement in relation to the amount of mandibular setback and intraoperative clockwise rotation of the proximal segment / J. J. Han [et al.] // *J. Craniomaxillofac. Surg.* — 2014. — Vol. 42, № 6. — P. 811–815.
- Rhee, J. S. Measuring outcomes in facial plastic surgery: a decade of progress / J. S. Rhee, B. T. Mc Mullin // *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* — 2008. — Vol. 16. — P. 387–393.

ВЛИЯНИЕ ВПЧ НА РАЗВИТИЕ ЭКТОПИИ ШЕЙКИ МАТКИ У ПАЦИЕНТОК РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

THE INFLUENCE OF HPV ON THE DEVELOPMENT OF ECTOPIA OF THE CERVIX IN WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE

**O. Kozlova
N. Andreeva**

Summary. The article presents findings of 30 patients of reproductive age with ectopia of the cervix. Conducted smear, colposcopic, cytological and immunological study. Found that the main infectious agent that interferes with normal physiological course of ectopia of the cervix is the human papillomavirus

Keywords: ectopia of the cervix, HPV infection, human papilloma virus (HPV), cervical intraepithelial neoplasia (CIN), polymerase chain reaction (PCR).

Козлова Ольга Сергеевна

ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва»
olga.k83@mail.ru

Андреева Наталья Анатольевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н. П. Огарёва»
andreeva-77@list.ru

Аннотация. В статье приведены данные обследования 30 пациенток репродуктивного возраста с эктопией шейки матки. Проводилось бактериоскопическое, кольпоскопическое, цитологическое иммунологическое исследование. Установлено, что основным инфекционным агентом, препятствующим нормальному течению физиологической эктопии шейки матки, является вирус папилломы человека

Ключевые слова: эктопия шейки матки, папилломавирусная инфекция, вирус папилломы человека (впч), цервикальная интраэпителиальная неоплазия (цин), полимеразная цепная реакция (пцр).

В последние годы рост заболеваний шейки матки, ассоциированных с вирусом папилломы человека (ВПЧ), привлекает особое внимание в связи со значительной контагиозностью и высоким онкогенным потенциалом данного возбудителя [2]. Заболевания шейки матки у молодых нерожавших женщин связаны с биологической незрелостью эпителия шейки матки, небольшим промежутком времени от менархе до начала половой жизни, высокой распространенностью сексуально-трансмиссивных инфекций. По мнению многих современных отечественных и зарубежных ученых, длительная персистенция ВПЧ является этиологическим фактором дисплазии шейки матки, с высоким риском последующей злокачественной трансформации поражений. В связи с этим, исследование направленное на определение влияния ВПЧ на эктопию шейки матки у женщин репродуктивного возраста является особо актуальным.

Для решения поставленной задачи было проведено комплексное обследование 30 пациенток репродуктивного возраста от 18 до 45 лет, с эктопией шейки матки, из них, у некоторого числа женщин, при физикальном исследовании, и обследовании методом полимеразно-цепной реакции (ПЦР) была выявлена папилломавирусная инфекция. Дополнительно у данного контингента женщин применялись общепринятые и современные методы диагностики: клинический, бактериоскопический, цитологический, эндоскопический (кольпоскопия), иммунологический, гистологический.

Исследование проводилось на базе ГАУЗ РМ «РКДЦ» женская консультация. Период исследования каждого пациента один месяц, в день обращения в женскую консультацию и в течении месяца после проведенного обследования. Всем пациенткам в день обращения проводились следующие исследования: сбор анамнеза, стандартное гинекологическое обследование.

По результатам гинекологического обследования решался вопрос о проведении эндоскопического (кольпоскопии), цитологического, иммунологического, гистологического метода диагностики. Критериями оценки являлись: динамика изменений кольпоскопических, цитологических и при показаниях гистологических показателей.

Для оценки особенностей течения эктопии и определения первоначальных факторов, проводилось изучение анамнеза заболевания, особенностей менструальной и репродуктивной функции.

Средний возраст пациенток составил $31,4 \pm 7,6$ года. Анализ анамнестических данных показал, что все женщины на момент обследования жили половой жизнью, менструальная функция у всех пациенток не нарушена. Обращало на себя внимание число половых партнеров $3,8 \pm 0,3$ на одну пациентку и ранний возраст начала половой жизни $16,5 \pm 1,7$ года. 60% из опрошенных состояли в браке, 40% женщин считают нормой внебрачные отношения. Из используемых методов контрацепции

Таблица 1. Распределение больных по виду изменений микрофлоры влагалища.

Изменения микро-флоры влагалища по данным бактерио-скопического метода исследования	Число больных	
	Абсолютное число	%
Бактериальный вагиноз	13	43,3
Цервицит	9	30
Вагинальный кандидоз	6	20
Нет изменений	2	6,7

Таблица 2. Результаты анализа методом ПЦР

Типы ВПЧ	1-я группа (n=18)		2 группа (n=5)	
	Абсолютное число	%	Абсолютное число	%
16, 18 тип	5	16,7	-	-
6, 11 тип	6	20	2	6,7
16,18,6,11 типы	7	23,3	3	10

характерно отсутствие таковой у 40%. Из применяемых эффективных методов контрацепции использовалась оральная (26,7%) и внутриматочная (13,3%). Остальные пациентки (20%) применяли барьерную контрацепцию.

Большинство женщин предъявляли жалобы на дискомфорт и зуд в области гениталий, выделения с неприятным запахом из половых путей. У 18 пациенток (60%) имели место остроконечные кондиломы, расположенные в области больших и малых половых губ, преддверия и стенок влагалища, устья уретры и промежности. Наряду с этим у многих женщин была диагностирована сопутствующая гинекологическая патология. Следует отметить, что течение папилломовирусной инфекции (ПВИ) сопровождается качественными изменениями микрофлоры влагалища. Наличие бактериального вагиноза с помощью бактериоскопического метода было подтверждено у 43,3% пациенток, цервициты 30%, вульвовагинальный кандидоз 20%. (табл. 1)

Основным методом для выявления эктопии шейки матки являлся кольпоскопический в виду его высокой информативности и практической доступности. Для исследования были отобраны пациентки, имевшие на шейке эктопию — цилиндрический эпителий с признаками начальной плоскоклеточной метаплазией и незавершенной метаплазией. Были разделены больные на две группы в соответствии с выраженностью пролиферативных процессов: 1-я группа 21 (70%) женщин с эктопией шейки матки больших и средних размеров без признаков нормальной эпидермизации, 2-я группа включает 9 (30%) пациенток, у которых эктопия находилась в стадии выраженной эпидермизации.

По результатам анализа методом ПЦР на ВПЧ из двух групп положительными оказались 23 (76,7%) женщины,

в частности из первой группы 18 человек и 5 из второй группы, у 5 (16,7%) пациенток были обнаружены высокоонкогенные типы ВПЧ (16,18) и у 8 (26,7%) пациенток — низкоонкогенные типы (6,11), сочетанное инфицирование ВПЧ низким и высоким риском у 10 пациенток (33,3%) (табл. 2).

Особое внимание должно быть уделено пациенткам с наличием эктопии шейки матки и ПВИ высокого канцерогенного риска. Интерес к данной группе пациенток обусловлен тем, что в процессе существования эктопии шейки матки происходят процессы эпидермизации с образованием зоны трансформации, которая, согласно проведенным многочисленным исследованиям, служит мишенью для воздействия внешних повреждающих факторов, в том числе ВПЧ, и является местом наиболее частого появления клеточных атипий. В результате анализа таблицы 2, можно сделать вывод, что замедленные процессы метаплазии могут быть обусловлены персистенцией вируса папилломы человека как высокоонкогенных так и низкоонкогенных типов.

Диагноз папилломовирусной инфекции также подтверждался нахождением койлоцитов при цитологическом исследовании мазков с экзо и эндоцервикса. Необходимо отметить более высокую информативность цитологического метода при поражении шейки матки высокоонкогенными типами ВПЧ и недостаточная информативность при поражении низкоонкогенными типами ВПЧ, что вероятно объясняется временным отсутствием измененных клеток на поверхности тканей и преимущественным расположением их в более глубоких слоях эпителия.

У 18 (60%) женщин были диагностированы различные степени интерэпителиальной неоплазии шейки мат-

Таблица 3. Сравнительная оценка цитологического исследования у женщин исследуемых групп

Признаки	1-я группа (n=21)		2 группа (n=9)	
	Абсолютное число	%	Абсолютное число	%
Плоский эпителий в пределах нормы	3	10	9	30
CIN I	3	10	-	-
CIN II	14	46,6	-	-
CIN III	1	3,4	-	-

ки из них CIN I – 3 (10%); CIN II – 14 (46,6%); CIN III – 1 (3,4%) случаев. Причем все 18 женщин были с положительным результатом ПЦР диагностики и находились во второй группе исследования (табл.3).

Таким образом, путем клинико-цитологического анализа выявлено, что у 18 женщин, это в 60% случаев, эктопия шейки матки протекает с сопутствующими диспластическими процессами.

После получения информированного согласия 15 пациенткам 1-й группы с CIN II и CIN III, проводилась морфологическая диагностика — забор биопсии. Гистологически ВПЧ-инфекция была идентифицирована по наличию плоской кондиломы или койлоцитоза у 93% случаев. В результате гистологического исследования биоптированной ткани шейки матки была выявлена различная гистологическая картина в зависимости от инфицирования высокоонкогенными или низкоонкогенными типами ВПЧ.

Таким образом, приведено исследование распространенности эктопии шейки матки, у женщин репродуктивного возраста, по данным обследования 30 пациенток. Проведен анализ факторов риска развития эктопии шейки матки и их связь с клинической формой течения эктопии.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенного анализа, выявлено, что среди пациенток с эктопией шейки матки в возрасте от 18 до 45 лет частота инфицирования ВПЧ составила — 76,7%, причем высокоонкогенные типы ВПЧ определялись у 16,7% женщин, низкоонкогенные типы — у 26,7%, сочетанное инфицирование ВПЧ в 33,3% случаев.

2. Основным фактором осложненного течения эктопии шейки матки является ВПЧ с высоким онкогенным риском. Ранняя половая жизнь, пренебрежение барьерными методами контрацепции являются факторами риска инфицирования ВПЧ у пациенток с эктопией шейки матки. Из 70% женщин с эктопией шейки матки больших и средних размеров без признаков нормальной эпидермизации 60% инфицированы ВПЧ высокоонкогенного и низкоонкогенного типа, а из 30% пациенток, у которых эктопия находилась в стадии выраженной эпидермизации всего 16,6%, вследствие чего замедленные процессы метаплазии могут быть обусловлены персистенцией вируса папилломы человека.

3. В 60% случаев, эктопия шейки матки и инфицированность ВПЧ протекает с сопутствующими диспластическими процессами, причем CIN I у 10% женщин, CIN II в 46,6% и CIN III наблюдалось в 3,4% случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баряева, О. Е. Фоновые и предраковые заболевания шейки матки — Иркутск: ИГМУ, 2012. — 40 с.
2. Роговская С. И. Практическая кольпоскопия / С. И. Роговская. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 232 с.

РАЗРАБОТКА ИНТРАОРГАНОГО ТРАНСИЛЛЮМИНАЦИОННОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ОСТЕОАРТРОЗЕ

DEVELOPMENT OF INTRAORGANIC TRANSLUMINATION AND ULTRASOUND MONITORING IN OSTEOARTROSE

**Z. Sigal
O. Surnina**

Summary. With the use of medical ultrasound and transillumination pulsoptometric monitoring, the amplitude of pulse oscillations and the optical density of the soft tissues of the joint region of the suprapatellar sac, the bag of lateral and medial curvature of 1608 people (1405 people with osteoarthritis, 203 healthy people), aged 19 to 75 years were studied. With the help of new diagnostic methods, taking into account the locality of the process, creates the conditions for early prevention of pathological joint diseases and, as a consequence, reducing the frequency of their complications. In this case, the development of transillumination pulsoptometric and ultrasound monitoring may have applied clinical importance for identifying specific signs of pathology, determining the nature of morphological disorders, surgical tactics under the control of monitoring and developing new methods of treatment.

Keywords: osteoarthritis, transillumination, medical ultrasound.

Сигал Золтан Мойшевич

Д.м.н., профессор, Ижевская государственная медицинская академия, г. Ижевск, Заслуженный деятель науки Республики Удмуртия и РФ

Сурнина Ольга Владимировна

К.м.н., врач ультразвуковой диагностики высшей квалификационной категории, БУЗ УР «Республиканский клинико-диагностический центр МЗ УР» (г. Ижевск), доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Ижевской государственной медицинской академии (ИжГМА), г. Ижевск

uzd-ur@mail.ru

Аннотация. С использованием ультразвуковой диагностики и трансиллюминационного пульсооптометрического мониторинга была исследована амплитуда пульсовых осцилляций и оптическая плотность мягких тканей области сустава супрапателлярной сумки, сумки латерального и медиального заворота 1608 человек (1405 человек с остеоартрозом, 203 человека здоровые), в возрасте от 19 до 75 лет. С помощью новых способов диагностики, учитывающие локальность процесса, создает условия для раннего предупреждения патологических заболеваний суставов и, как следствие, снижения частоты их осложнений. При этом разработка трансиллюминационного пульсооптометрического и ультразвукового мониторинга может иметь прикладное клиническое значение для выявления специфических признаков патологии, определения характера морфологических нарушений, хирургической тактики под контролем мониторинга и разработки новых методов лечения.

Ключевые слова: остеоартроз, трансиллюминационный, ультразвуковой мониторинг.

Введение

Остеоартроз (ОА) — это хроническое прогрессирующее дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов, характеризующееся дегенерацией суставного хряща, изменениями субхондральной кости, развитием краевых остеофитов, а также явным или скрыто протекающим синовитом [1,2,3,4]. ОА нередко, особенно при декомпенсации, сопровождается вторичным синовитом, поэтому в англоязычных странах используется также термин остеоартрит [5,6]. Частота заболеваемости ОА значительно увеличивается с возрастом. Так, по данным зарубежных исследований в возрасте до 45 лет заболевание встречается у 3–5% людей, среди лиц 65 лет — у 50% и старше 75 лет — у 80% случаев. Женщины страдают в два раза чаще, чем мужчины [7,8]. В России заболеванню ОА подвержены от 10 до 12% населения. Прирост

ОА за 11 лет составил 57,1%. По прогнозам Peyron J.G. (1979), Felson D.T. (1988) распространенность ОА к 2020 году увеличится вдвое, частично за счет увеличения продолжительности жизни населения и нарастания частоты ожирения. Чаще всего встречается ОА коленного сустава. Коленный сустав является вторым по величине крупным суставом организма, играющим в функциональном отношении важную роль. Коленный сустав состоит из трех суставных поверхностей и имеет 17 синовиальных сумок, каждая из них продуцирует синовиальную жидкость, по количеству которой можно судить о состоянии сустава. Синовиоциты образуют поверхностный слой синовиальной сумки, а коллагеновые и эластические волокна придают ей прочность. Несмотря на прочность коленного сустава, из-за его подвижности и динамических нагрузок он занимает одно из лидирующих мест среди деструктивно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного ап-

парата. В одном из последних крупных исследований, посвященных эпидемиологии ОА в Европе (Zoetermeer Community Survey), распространенность ОА коленного сустава по рентгенологическим данным составила 14100/100 тыс. у мужчин и 22800/100 тыс. у женщин старше 45 лет [9]. Диагностика остеоартроза в большинстве случаев, особенно в развернутой стадии заболевания, не представляет больших трудностей и основывается на клинико-рентгенологических проявлениях заболевания [10]. На сегодня для диагностики заболеваний суставов широко применяются различные методы исследования: рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), артроскопия, сцинтиграфия и ультразвуковое исследование (УЗИ). Рентгенография пока остается золотым стандартом инструментального обследования больных ОА, однако данный метод исследования имеет ряд недостатков в диагностике поражений суставов, таких как: лучевая нагрузка, дорогая стоимость аппаратуры и расходного материала, невозможность проведения частых исследований для изучения адекватности терапии и динамики заболевания, не отражаются поражения сухожильно-связочного аппарата. Так же она не подходит для ранней диагностики, так как изменения проявляются не ранее 3–6 месяцев от дебюта заболевания, эрозивные же изменения, которые достоверно подтверждают заболевание можно обнаружить не ранее 12–18 месяцев от начала заболевания. Исследование при помощи МРТ менее доступно и дороже в сравнении с другими методами инструментальной диагностики и также для проведения диагностики имеется большое количество противопоказаний (наличие электронных и металлических имплантов, кардиостимуляторов и т.д.). Данная процедура исследования более длительна и, кроме того, оценка результатов проводится в отсроченном времени. Артроскопическая диагностика является одной из самых информативных. Точность этой методики при исследовании коленного сустава достигает 90–100%, но она имеет существенные недостатки. Во-первых, для проведения процедуры необходимо дорогостоящее оборудование и высококвалифицированные специалисты, прошедшие сертификацию в данной области, а во-вторых, метод инвазивный и может привести к многочисленным осложнениям после процедуры [11]. Сцинтиграфия позволяет оценить метаболическую активность периартикулярной костной ткани. Этот метод считается высокочувствительным на ранних стадиях изменений хряща [5]. Существует вероятность возникновения осложнений. Однако, несмотря на технический прогресс и внедрение в медицинскую практику современных методов диагностики, диагноз ОА из-за большой доли безболевого развития заболевания устанавливается часто на поздних стадиях [1]. Исследователи продолжают поиск маркеров для выявления лиц с высокой

степенью риска возникновения гонартроза, определения прогрессирования и прогноза заболевания, оценки эффективности лечения [12]. Например, установлен при исследовании синовиальной жидкости основной маркер артроза — веретенообразные структуры в промежуточной её зоне. О деструкции костно-хрящевой ткани сустава и накоплении продуктов деградации свидетельствуют повышение содержания фосфора и кальция в дегидратированной синовиальной жидкости у больных артрозом [9]. Применение УЗИ в артрологии относительно новое направление, но достаточно перспективное. Высокоразрешающее ультразвуковое исследование в режиме реального времени является эффективным диагностическим методом прижизненного морфологического изучения заболеваний коленного сустава [13,14]. УЗИ коленного сустава при различных патологиях обладает рядом несомненных достоинств. Метод неинвазивный (в отличие от артроскопии), доступен и экономичен (в сравнении с КТ и МРТ). Однако, исследования, сравнивающие ультразвуковую диагностику и рентгенографию, показали, что специфичность УЗИ является низкой и составляет от 39% до 61%. [15]. В связи с этим возникает потребность в разработке новых методов диагностирования и предупреждения патологии суставов.

Целью работы является разработка нового диагностического способа исследования коленного сустава, предотвращающего типичные осложнения при выборе эффективных хирургических методов лечения.

Материалы и методы исследования

Наблюдения проведены у 1608 человек (87% (1405 человек) — ОА, 13% (203 человека) — здоровые, в возрасте от 19 до 75 лет. Дифференциальный диагноз верифицировался по биохимическим показателям крови, рентгенографии, ультразвуковому исследованию, магнитно-резонансной томографии, компьютерной томографии, артроцентезу и клиническим данным. Исследование коленных суставов проводилось на ультразвуковых сканерах датчиком линейного сканирования 7,5 МГц. Использование ультразвукового исследования позволило оценить состояние синовиальных сумок коленного сустава и количество синовиальной жидкости в них. Пульсооптометрия для регистрации параметров гемодинамики проводилась с помощью устройства и метода З.М. Сигала [16]. Щуп состоит из двух светодиодов АЛ 107В и фотодатчика ФКД-155, размещенных в герметичном цилиндрическом корпусе. Используется излучение, определяющее полезный сигнал и функционирующее в широком диапазоне спектральных и силовых характеристик. Продолжительность одномоментной регистрации функциональных показателей колебалась от 10 до 30 секунд. Во время исследования

Таблица 1. Сравнительная характеристика количества синовиальной жидкости (мл) в супрапателлярной сумке при ОА и в норме
Comparative characteristics of the amount of synovial (ml) fluid in the suprapatellar bag for osteoarthritis.

	X±dx y±dy	Sx Sy	Эффект сравнения Δ±dΔ; SΔ/ effect comparison Δ±dΔ; SΔ	t p
1	3,29±4,90	1,16	1,44±4,96	1,17
2	1,85±1,86	0,44	1,17	> 0,05

Примечания: 1 — норма; 2 — остеоартроз; X±dx, y±dy — среднее значение; Sx, Sy — стандартная ошибка; Δ±dΔ — нижние и верхние доверительные границы; SΔ — среднеквадратическое отклонение; t — достоверность; p — уровень значимости (вероятность ошибки); t < 2 → p > 0,05 — различия статистически не значимы; t > 2 → p < 0,05 — различия статистически значимы/ Note: 1 — normal; 2 — osteoarthritis; X±dx, y±dy — standard deviation; Sx, Sy — standart error; Δ±dΔ — top and bottom confidence limits; SΔ — mean square deviation; t — reliability; p — error probability; t < 2 → p > 0,05 — the difference are not statistically significant; t > 2 → p < 0,05 — the difference are statistically significant.

Таблица 2. Сравнительная характеристика оптической плотности в супрапателлярной сумке при ОА и в норме
Comparative characteristics of optical density in the suprapatellar bag for osteoarthritis.

	X±dx y±dy	Sx Sy	Эффект сравнения Δ±dΔ; SΔ/ effect comparison Δ±dΔ; SΔ	t p
1	1,51±0,5	0,41	-0,13±1,79	-0,30
2	1,63±0,39	0,09	0,42	> 0,05

Примечания: 1 — норма; 2 — остеоартроз; X±dx, y±dy — среднее значение; Sx, Sy — стандартная ошибка; Δ±dΔ — нижние и верхние доверительные границы; SΔ — среднеквадратическое отклонение; t — достоверность; p — уровень значимости (вероятность ошибки); t < 2 → p > 0,05 — различия статистически не значимы; t > 2 → p < 0,05 — различия статистически значимы/ Note: 1 — normal; 2 — osteoarthritis; X±dx, y±dy — standard deviation; Sx, Sy — standart error; Δ±dΔ — top and bottom confidence limits; SΔ — mean square deviation; t — reliability; p — error probability; t < 2 → p > 0,05 — the difference are not statistically significant; t > 2 → p < 0,05 — the difference are statistically significant.

Таблица 3. Сравнительная характеристика АПО (мм) в супрапателлярной сумке при ОА и в норме
Comparative characteristics of the amplitude of pulse oscillations in the suprapatellar bag for osteoarthritis.

	X±dx y±dy	Sx Sy	Эффект сравнения Δ±dΔ; SΔ/ effect comparison Δ±dΔ; SΔ	t p
1	0,85±0,69	0,16	-58,82±18,67	-67,70
2	7,67±1,62	0,8	4,40	< 0,05

Примечания: 1 — норма; 2 — остеоартроз; X±dx, y±dy — среднее значение; Sx, Sy — стандартная ошибка; Δ±dΔ — нижние и верхние доверительные границы; SΔ — среднеквадратическое отклонение; t — достоверность; p — уровень значимости (вероятность ошибки); t < 2 → p > 0,05 — различия статистически не значимы; t > 2 → p < 0,05 — различия статистически значимы/ Note: 1 — normal; 2 — osteoarthritis; X±dx, y±dy — standard deviation; Sx, Sy — standart error; Δ±dΔ — top and bottom confidence limits; SΔ — mean square deviation; t — reliability; p — error probability; t < 2 → p > 0,05 — the difference are not statistically significant; t > 2 → p < 0,05 — the difference are statistically significant.

определяли оптическую плотность и пульсовые характеристики (АПО — амплитуда пульсовых осцилляций) у пациентов с патологией коленного сустава. Пульсооптометрию проводили с помощью наложения оптопары на исследуемую область с задержкой дыхания пациента. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010. Оценку различий между выборками проводили с ис-

пользованием t-критерия Стьюдента, различия достоверны (p<0,05).

Результаты исследования

В норме синовиальной жидкости в супрапателлярной сумке составляет 3,29±4,90 мл, а при остеоартрозе — в 1,5–2 раза меньше (таб. 1).

При трансиллюминационном гемодинамическом мониторинге определяли оптическую плотность коленного сустава (табл. 2) и АПО (табл. 3) в норме и при остеоартрозе. Известно, что при патологии суставов изменяется качественный состав синовиальной жидкости, поэтому возможно изменяются показатели оптической плотности.

При ОА АПО в 9,02 раз больше чем в норме (таб. 3).

Обсуждение и заключение

В результате исследований установлено уменьшение количества синовиальной жидкости в супрапателлярной области при остеоартрозе по сравнению с нормой, что может быть связано с дегенеративными изменениями в суставе, но данный показатель не является достоверным. Так же недостоверно отличались показатели оптической плотности в норме и при ОА из-за незначительного изменения объема синовиальной жидкости и отсутствия изменений со стороны состава синовиальной жидкости. При изучении гемодинамики сустава получены показатели АПО в супрапателлярной сумке в норме ($0,85 \pm 0,69$ мм) и при ОА ($7,67 \pm 1,62$ мм), имеющие достоверную разницу при сравнении. Так как при ОА в первую очередь происходят изменения в питании сустава по типу дегенеративных, то есть с изменением кровотока. Из-за отсутствия единого метода диагностики ОА возникает потребность в разработке новых методов диагностирования и предупреждения патологии, так как ОА приводит к значительному дискомфорту для человека, стойкому снижению трудоспособности, а при длительном течении процесса — к инвалидизации. Основными ультразвуковыми признаками ОА считаются: неравномерное истончение гиалиновых хрящей, наличие краевых остеофитов, сужение суставной щели. Такие диагностические сведения могут быть важными в предсказании результатов и эффективности лечения. Однако имеется большой недостаток при использовании данного метода — нет количественных характеристик, поэтому эхография является субъективной. В связи с этим возникает потребность в разработке новых методов диагностирования и предупреждения патологии суставов. Известно, что динамика проявлений ОА сустава тесно связана с изменением его кровотока и, как следствие, снижением жизнеспособности тканей. В настоящее время мало внимания уделяется гемодинамическому мониторингу, а также изменению оптической плотности околоуставных тканей при ОА. Оптический метод, учитывающий локальность процесса, создает условия для раннего предупреждения

патологических заболеваний суставов и, как следствие, снижения частоты их осложнений [8]. Ультразвуковая диагностика, в первую очередь, позволяет изучить топографическую анатомию или патотопографическую анатомию при появлении патологического процесса. Но именно с помощью более специфических функциональных методов, таких как трансиллюминационный пульсооптометрический мониторинг можно повысить чувствительность и достоверность метода ультразвуковой диагностики [8]. Мы считаем возможным включить ультразвуковое исследование мышц, сухожилий, суставов, сосудов и нервов в скрининговое исследование населения при проведении I этапа диспансеризации взрослого населения. Разработка мониторинга функциональных и морфологических изменений при различных заболеваниях может иметь значение для выявления специфических признаков патологии, оценки эффективности различных лекарственных препаратов, способов их введения и оптимальных дозировок, разработки новых методов лечения. Для уточнения состояния сустава необходимо использовать более специфические показатели, такие как показатели трансиллюминационной пульсооптометрии — амплитуда пульсовых осцилляций и оптическая плотность мягких тканей области сустава супрапателлярной сумки, сумки латерального и медиального заворота.

Выводы

1. Ультразвуковой мониторинг дает возможность визуализировать мягкие ткани сустава, включая связки, сухожилия, соединительно-тканые элементы, жировую клетчатку, сосудисто-нервные пучки, проводить многократные повторные исследования. Высокоразрешающее ультразвуковое исследование в режиме реального времени является эффективным диагностическим методом прижизненно-го морфологического изучения заболеваний суставов.

2. Оптическая плотность околоуставного мягко-тканного компонента коленного сустава в проекции супрапателлярной сумки практически не отличается при остеоартрозе по сравнению с нормой. В отличие от АПО.

3. Установлены показатели АПО в супрапателлярной сумке коленного сустава в норме и при остеоартрозе $0,85 \pm 0,69$ мм и $7,67 \pm 1,62$ мм, соответственно. Эти показатели являются практически важными для своевременной, неинвазивной постановки диагноза остеоартроза и проведения эффективного лечения, в том числе хирургического.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанова Р. М. Артродарин — новый препарат для патогенетической терапии остеоартроза / Р. М. Балабанова, А. К. Каптаева // Научно-практическая ревматология. — 2009. — № 2. — С. 49–53.
2. Болезни суставов: руководство для врачей / под ред. В. И. Мазуров. СПб.: СпецЛит, 2008. — 397 с.

3. Олюнин Ю. А. Остеоартроз суставов кистей и дифференциальная диагностика с воспалительными заболеваниями суставов и тактика лечения / Ю. А. Олюнин // Современная ревматология. — 2015. — № 4. — С. 77–82.
4. Бадокин В. В. Остеоартроз коленного сустава: клиника, диагностика, лечение / В. В. Бадокин // Современная ревматология. — 2013. — № 3. — С. 70–75.
5. Kuroda R. Treatment of a full — thickness articular cartilage defect in the femoral condyle of an athlete with autologous bone-marrow stromal cells / R. Kuroda, K. Ishida, T. Matsumoto et al // Osteoarthritis Cartilage. — 2007. — N15. — P. 226–231.
6. Hochberg M. The Multicentric Osteoarthritis interVention Study with Sysadoa (MOVES). MOVES Steering Committee / M. Hochberg, J. Martel-Pelletier, J. Monfort et al. // Osteoarthritis and Cartilage. — 2014 — N22 — P. 7–56. Doi: 10.1136/annrheumdis-2014-eular.4950.
7. Ревматология [Электронный ресурс] / под ред. Е. Л. Насонова, В. А. Насоновой — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010.
8. <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970416501.html>
9. Митрофанов В. А. Остеоартроз: факторы риска, патогенез и современная терапия / В. А. Митрофанов, И. И. Жадёнов, Д. М. Пучиньян // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2008. — 2(2). — С. 23–30.
10. EULAR Compendium on Rheumatic Disease. Ed. J.W.J. Bijlma. — 2009 BMJ. — 824 p.
11. Путилина М. В. Остеоартроз в практике невролога: старые-новые возможности. Consilium Medicum / М. В. Путилина // Неврология и ревматология. (Прил.). — 2016. — 01. -С. 66–68.
12. Орлянский В. Н. Руководство по артроскопии коленного сустава / В. Н. Орлянский, М. Л. Голохова. Днепропетровск: Пороги, 2007. — 152 с.
13. Anastassiades T. Biochemical markers for osteoarthritis: from the present to the future and back to the past / T. Anastassiades, K. Rees-Milton // J. Rheumatol. — 2005. — Vol. 32, N4. — P. 578–579.
14. Бакарджиева, А. Н. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений коленного сустава до и после артроскопии: автореф. дис. /А.Н. Бакарджиева.— Обнинск, 2010.
15. Мак-Нелли, Ю. УЗИ костно-мышечной системы / Ю. Мак-Нелли. — М.: Видар-М, 2007. — 400 с.
16. Шатохина С. Н. Диагностика артроза по морфологической картине синовиальной жидкости / С. Н. Шатохина, В. В. Зар, В. П. Волошин и др. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. — 2010. — № 2. — С. 20–24.
17. Сигал, З. М. Ультразвуковой и оптический мониторинг в прикладной анатомии и хирургии / З. М. Сигал, О. В. Сурнина, Н. В. Зонов // Актуальные вопросы прикладной анатомии и хирургии. — СПб., 2007. — С. 4.

© Сигал Золтан Мойшевич, Сурнина Ольга Владимировна (uzd-ur@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ОЦЕНКА ЛЕЧЕНИЯ ГЕНИТАЛЬНОГО ЭНДОМЕТРИОЗА У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА В АСПЕКТЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ МЕДИАТОРОВ ВОСПАЛЕНИЯ И СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ

ASSESSMENT OF THE TREATMENT
OF ENDOMETRIOSIS IN WOMEN
OF REPRODUCTIVE AGE IN THE ASPECT
OF CHANGES IN THE ACTIVITY
OF MEDIATORS OF INFLAMMATION
AND ANTIOXIDANT DEFENSE SYSTEM

S. Sulaymanova

Summary. Evaluation data treatment of genital endometriosis of woman is aspect changes of interleukin activity system, process of lipid pre-oxidation and system of antioxidant protection. It's shown that inflammation of cellular mechanism endometriosis logs behind dynamic of clinical manifestation and successful treatment of disease.

Keywords: women, genital endometriosis, mediators of inflammation, cytokines, interleukins, lipid pre-oxidation, antioxidant protection.

Сулайманова Сонунбу Шамшиевна

Научный сотрудник,

*Кыргызский Научный Центр репродукции человека
sonunbu.sulaymanova@mail.ru*

Аннотация. В работе представлены данные оценки лечения генитального эндометриоза у женщин в аспекте изменения активности интерлейкиновой системы, процессов перекисного окисления липидов и системы антиоксидантной защиты. Показано, что восстановление клеточных механизмов эндометриоза отстает от динамики клинических проявлений и успеха лечения заболевания.

Ключевые слова: женщины, генитальный эндометриоз, медиаторы воспаления, цитокины, интерлейкины, перекисное окисление липидов, антиоксидантная защита.

Эндометриоз является одной из наиболее распространенных гинекологических заболеваний у женщин, и его частота варьирует в широких пределах и составляет по данным разных авторов от 7 до 50%, причем в последние годы отмечается неуклонный рост данной патологии [1, 5, 12].

Современный подход к лечению больных эндометриозом состоит в комбинации хирургического метода, направленного на максимальное удаление эндометриодных очагов и гормонотерапии [7, 8]. Однако даже при распространенных формах эндометриоза у женщин, заинтересованных в восстановлении генеративной функции, следует по возможности придерживаться принципов реконструктивно-пластической хирургии и прибегать к радикальным операциям только в случаях, когда исчерпаны другие возможности [10].

В диагностике и оценке эффективности лечения традиционным является использование эхографических, морфологических, лапароскопических методов [1, 8, 14]. Но, несмотря на информативность этих методов, для оценки патогенетических механизмов лечения генитального эндометриоза (ГЭ) эти методы уже недоста-

точны. С этих позиций представляется перспективным использование показателей активности медиаторов воспаления различной природы и системы антиоксидантной защиты (АОЗ) с оценкой окислительного стресса (ОС) [3, 11, 13], которые играют большую роль в возникновении патологических состояний в организме, в том числе и ГЭ [15].

Недостаточная изученность оценки эффективности различных методов лечения ГЭ с позиций клеточных механизмов воспаления и обусловило необходимость настоящих исследований.

Цель работы: оценить эффективность лечения ГЭ у женщин репродуктивного возраста по активности интерлейкиновой системы, процессов перекисного окисления липидов и АОЗ.

Материал и методы исследования

Объектом исследования явились 104 женщины репродуктивного возраста, которые были подразделены на контрольную и клиническую группы. Контрольную группу составили 20 здоровых женщин. Клиническую группу составили 84 женщины, из которых: 38 женщин

Таблица 1. Схема применения гормональных препаратов у женщин с ГЭ

Название препарата	Дозировка	Схема применения
Медроксипрогестерон ацетат	50 мг в день	в течение 3 месяцев
Даназол	600 мг в день	в течение 6 месяцев
Неместран	2,5 мг 2 раза в неделю	в течение 4 месяцев
Золадекс (госерелин)	3,6 мг 1 раз в 26 дней	в течение 6 месяцев
Декапептил Депо	3,75 мг 1 раз в 28 дней	в течение 6 месяцев

с аденомиозом (I клиническая группа); 46 женщин с наружным генитальным эндометриозом (НГЭ) (II клиническая группа). Диагноз ГЭ верифицировался на основании клинических данных, ультразвукового исследования органов малого таза, гистероскопии, диагностической лапароскопии.

Методы исследования включали в себя:

- ◆ определение продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в плазме крови спектрофотометрическим методом [6];
- ◆ определение общей антиокислительной активности (АОА) плазмы крови биохимическим методом [2];
- ◆ определение активности каталазы в плазме крови спектрофотометрическим методом [9];
- ◆ определение содержания средне-молекулярных пептидов (СМП) в плазме крови спектрофотометрическим методом [4];
- ◆ определение содержания в плазме крови цитокинов — интерлейкинов (ИЛ) 1 β , 4, 6 методом иммуноферментного анализа наборами фирмы «ВЕКТОР-БЕСТ» (Россия);
- ◆ мембраны (теки) эритроцитов получали биохимическим методом [16].

Материал обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере в электронных таблицах Microsoft Excel MS Windows 95 с использованием пакета статистической программы «Statistik — 6.0».

Результаты и обсуждение

Основным хирургическим доступом вмешательства при ГЭ являлась лапароскопия, которая составила в I клинической группе 58% (22 женщины) и 82,6% (38 женщин) во II клинической группе. Основным принципом медикаментозной терапии эндометриоза с применением любого гормонального агента является подавление яичниковой секреции эстрадиола. На сегодняшний день из всего многообразия гормономодулирующих препаратов практическую ценность сохраняют прогестагены, антигонадотропины и агонисты гонадотро-

пин-рилизинг гормона. В таблице 1 представлена схема применения наиболее часто применяемых гормональных препаратов для лечения ГЭ у женщин. Медикаментозная гормональная терапия применялась всем женщинам и зависела от тяжести течения заболевания, степени распространенности процесса, объема и радикальности оперативного вмешательства степени нарушения репродуктивной системы до лечения.

Как показали наблюдения за женщинами клинической группы, после лечения у женщин с аденомиозом полное купирование болевого синдрома произошло в 78,9% случаев; отсутствие рецидивов заболевания в течение года отмечено у 76,3% женщин; осложнения после хирургического вмешательства не наблюдались, а побочные реакции гормональной терапии отмечены у 15,8%; явления диспареунии отсутствовали у 88,9% женщин; наступление маточной беременности у 23% женщин, которые страдали бесплодием. Эти показатели у женщин с НГЭ соответственно составили: 80,5%, 76%, 19,5%, 83,4%, 15%. Следовательно, только каждая пятая женщина из числа страдающих бесплодием в течение года восстанавливает свою фертильность.

Со стороны значений медиаторов воспаления интерлейкиновой системы и липидной природы, а также системы АОЗ в этот период обследования наблюдается (таблица 2), что у пациенток с аденомиозом, по сравнению с периодом до лечения, происходит снижение содержания в плазме крови гидроперекисей липидов (ГПЛ) ($P < 0,01$), диенкетоннов (ДК) ($P < 0,05$) на фоне значимого повышения общей АОА плазмы крови ($P < 0,05$) и снижения концентрации СМП ($P < 0,05$), но при этом активность каталазы осталась без изменений ($P > 0,05$). Со стороны концентрации ИЛ происходит снижение содержания ИЛ-6 ($P < 0,05$), а содержание ИЛ-1 β и ИЛ-4 не достигают достоверных изменений ($P > 0,05$). Несмотря на такую динамику изменений активности медиаторов и системы АОЗ в период окончания лечения, а также значительный клинический успех лечения, эти значения не достигают контрольных показателей ($P < 0,05$ — $P < 0,001$), кроме показателя концентрации СМП, который достигает значений контроля ($P > 0,05$).

Таблица 2. Показатели медиаторов воспаления и системы АОЗ у женщин I клинической группы в период окончания лечения

Анализируемые показатели и единицы измерения	Анализируемые группы и периоды обследования			Уровень достоверности, P	
	1. Контрольная n=20 M ± m	I клиническая		P1	P2
		2.— период до лечения n=38 M ± m	3.— период окончания лечения n=38 M ± m		
ГПЛ, ед.оп.пл./мл	0,537±0,083	2,713±0,371	1,91±0,238	<0,001	<0,01
ДК, ед.оп.пл./мл	0,066±0,011	0,421±0,089	0,267±0,041	<0,001	<0,05
АОА,%	25,1±0,97	16,6±0,84	19,4±0,74	<0,05	<0,05
Каталаза, мкат/л	22,35±1,03	15,9±0,93	17,4±0,68	<0,05	>0,05
СМП, Ед.	0,221±0,028	0,286±0,024	0,235±0,03	>0,05	<0,05
ИЛ-1β, пг/мл	1,71±0,11	5,64±0,336	4,92±0,32	<0,01	>0,05
ИЛ-4, пг/мл	1,56±0,147	0,946±0,091	1,176±0,121	<0,05	>0,05
ИЛ-6, пг/мл	2,454±0,201	19,66±2,7	12,12±0,95	<0,001	<0,05

Примечание: P1 — достоверность по сравнению с контролем, P2 — достоверность по сравнению с периодом до лечения.

Таблица 3. Показатели медиаторов воспаления и системы АОЗ у женщин II клинической группы в период окончания лечения

Анализируемые показатели и единицы измерения	Анализируемые группы и периоды обследования			Уровень достоверности, P	
	1. Контрольная n=20 M ± m	II клиническая		P1	P2
		2.— период до лечения n=46 M ± m	3.— период окончания лечения n=46 M ± m		
ГПЛ, ед.оп.пл./мл	0,537±0,083	3,41±0,291	1,95±0,224	<0,001	<0,01
ДК, ед.оп.пл./мл	0,066±0,011	0,723±0,145	0,431±0,112	<0,001	<0,05
АОА,%	25,1±0,97	14,5±0,067	18,2±0,72	<0,05	<0,05
Каталаза, мкат/л	22,35±1,03	14,2±0,87	16,1±0,862	<0,05	>0,05
СМП, Ед.	0,221±0,028	0,294±0,031	0,24±0,034	>0,05	>0,05
ИЛ-1β, пг/мл	1,71±0,11	6,43±0,378	5,22±0,41	<0,05	>0,05
ИЛ-4, пг/мл	1,56±0,147	0,789±0,082	0,951±0,101	<0,05	>0,05
ИЛ-6, пг/мл	2,454±0,201	32,9±3,46	18,4±1,121	<0,001	<0,01

Примечание: P1 — достоверность по сравнению с контролем, P2 — достоверность по сравнению с периодом до лечения.

В группе женщин с НГЭ динамика изменений анализируемых показателей имеет практически идентичную картину, что и в I клинической группе (таблица 3). Следо-

вательно, стабилизация клеточных аспектов ГЭ по времени занимает более длительное время, нежели клинические проявления заболевания.

В результате проведения лечебных мероприятий у женщин с ГЭ происходит некоторое ограничение повышения процессов ПОЛ в крови системой антиоксидантной защиты, преимущественно ферментной, так как АОА плазмы крови больше связана с ферментативной системой, в частности, с активностью супероксиддисмутазы, глутатион пероксидазы. Но снижение активности каталазы показывает о сниженной реакции, предотвращающей накопление перекиси водорода, образующейся при дисмутации супероксидного аниона и при аэробном окислении восстановленных флавопротеинов. Снижение же концентрации СМП свидетельствует о восстановлении аскорбат-зависимого пути ПОЛ. Следует иметь в виду тот факт, что при ГЭ постоянно прогрессирующая ретроградная менструация (клетки эндометрия, менструальный дебрис, эритроциты и др.) приводит к активации медиаторов воспаления липидной природы и эндометриоидная ткань будет активно метаболизировать, а это будет сохранять более высокий уровень интенсивности свободно-радикальных окислительных процессов. Изменение активности ИЛ системы показывает нарушение баланса между провоспалительными (ИЛ-1 β , ИЛ-6) и противовоспалительными (ИЛ-4), что сохра-

няет наличие пусковых механизмов развития эндометриоидных очагов, вследствие нарушения регуляции пролиферативных процессов и дифференцировки иммунокомпетентных клеток, а также сохранения острой фазы воспаления.

Вместе с тем, надо принимать во внимание, что развитие эндометриоза возможно не только в результате разрастания клеток эндометриоидной ткани, но и вследствие нарушения механизмов их запрограммированной гибели — апоптоза, в которой цитокиновая система играет важную роль.

ВЫВОДЫ

- ◆ Эффективность лечения по показателям клинического успеха у женщин с аденомиозом в среднем составляет 70,2%, а у женщин с НГЭ — 67,1%.
- ◆ Восстановление клеточных механизмов развития ГЭ отстает от динамики клинических проявлений заболевания, вследствие недостаточного ограничения свободно-радикального ПОЛ системой АОЗ и нарушения баланса между противовоспалительными ИЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян Л. В. Генитальный эндометриоз. Современный взгляд на проблему / Л. В. Адамян, С. А. Гаспарян. — Ставрополь: СГМА, 2002. — 228 с.
2. Ананенко А. А. Значение липидов и особенности их обмена в норме и при патологии у детей / А. А. Ананенко, И. В. Пуховская, Е. В. Спектор и др. // Сб. науч. тр. Москов. НИИ педиатрии и детской хирургии. — 1977. — Вып.5. — С. 83–89.
3. Абрамченко В. В. Свободно радикальные окисление и преждевременные роды / В. В. Абрамченко // Антиоксиданты и антигипоксанты в акушерстве. — СПб.: Изд-во ОЕАА, 2001. — С. 306–311.
4. Гарбриэлян Н. И. Опыт использования показателя средних молекул в крови для диагностики нефрологических заболеваний у детей / Н. И. Гарбриэлян, В. И. Липатова // Лабораторное дело. — 1984. — № 3. — С. 138–140.
5. Гаврилова Т. Ю. Аденомиоз: патогенез, диагностика, лечение, методы реабилитации: автореф. дис. . . д-ра мед. наук / Т. Ю. Гаврилова. — М., 2007. — 43 с.
6. Гаврилов В. Б. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови / В. Б. Гаврилов, М. М. Мишкорудная // Лабораторное дело. — 1983. — № 3. — С. 33–36.
7. Гаспарян С. А. Инфильтративная форма генитального эндометриоза: диагностика, лечение, методы реабилитации, отдаленные результаты: автореф. дис. . . д-ра мед. наук / С. А. Гаспарян. — М., 2002. — 52 с.
8. Кира Е. Ф. Эндометриоидная болезнь / Е. Ф. Кира, Ю. В. Цвелев // Гинекология. Руководство для врача. — М.: Литература, 2008. — 840 с.
9. Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, И. Г. Майорова и др. // Лабораторное дело. — 1988. — № 1. — С. 16–18.
10. Кузнецова И. В. Эндометриоз: патофизиология и выбор лечебной тактики / И. В. Кузнецова // Гинекология. — 2008. — № 5. — С. 74–79.
11. Меньшикова Е. Б. Окислительный стресс: Прооксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Меньшикова, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков и др. — М.: «Слово», 2006. — 536 с.
12. Jrand G. Y. Growth mechanisms of endometriotic cells in implanted places a review / G. Y. Jrand // Gynecol. Endocrinol. — 2012. — Vol. 28. — № 7. — P. 562–567.
13. Khoffam O. Alterations in txheression of endometrial nitric oxide synthase and integrin in women with endometriosis / O. Khoffam, B. A. Lessey // Fertility and Sterility. — 2005. — Vol. 78. — P. 860–864.
14. Leyland N. Endometriosis Diagnosis and management / N. Leyland, R. Casper, P. Laberge et al. // Clinical Practice Guideline. — 2002. — Vol. 32. — № 7. — P. 1–27.
15. Liu Y. Levels of lipid peroxides and superpatioxidedimutase in peritoneal of patients with endometriosis. / Y. Liu, H. Zhao // Journal of Tongji Medical University. — 2001. — Vol. 21. — P. 166–167.
16. Steck G. Method Ensymol / G. Steck, O. Kant. — 1974. — P. 1–12.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛОКАЛЬНОЙ НАРУЖНОЙ КОНТРПУЛЬСАЦИИ У БОЛЬНЫХ НЕСТАБИЛЬНОЙ СТЕНОКАРДИЕЙ

THE EFFICIENCY OF COMPLEX THERAPY WITH THE USE OF THE METHOD OF LOCAL EXTERNAL COUNTER PULSATION IN PATIENTS WITH UNSTABLE ANGINA

S. Shamilova

Summary. The article assesses the influence of complex treatment with a course of local external counter pulsation (LNC) on the clinical course, morpho-functional parameters of cardiovascular system in 45 patients with unstable angina in class II (E. Braunwald, C. Hamm 2000). Before and after treatment patients underwent clinical examination and echocardiography, was evaluated the evolution of quality of life. This study has demonstrated positive dynamics of the functional state, beneficial effect on contractile function of the myocardium, complex treatment had a marked hypotensive effect and a noticeable improvement in the quality of life of patients in the group with additional use of the course of LNC.

Keywords: unstable angina, the local external counterpulsation, blood pressure, ejection fraction, quality of life.

Шамилова Сабина Гаджимагомедовна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет» МЗ РФ,
(г. Махачкала)
Sabina.Shamilova.84@mail.ru

Аннотация. В статье оценено влияние комплексного лечения с курсом локальной наружной контрпульсации (ЛНК) на клиническое течение, морфо-функциональные параметры сердечно-сосудистой системы у 45 пациентов нестабильной стенокардией II В класса (E. Braunwald, C. Hamm 2000). До начала и по окончании лечения больным проводили клиническое обследование и эхокардиографию, оценивали динамику качества жизни. Данное исследование продемонстрировало положительную динамику функционального состояния, благоприятное воздействие на сократительную функцию миокарда, комплексное лечение оказало выраженное гипотензивное действие и заметное улучшение показателей качества жизни пациентов в группе с дополнительным применением курса ЛНК.

Ключевые слова: нестабильная стенокардия, локальная наружная контрпульсация, артериальное давление, фракция выброса, качество жизни.

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) занимает первое место по причине смертности от кардиоваскулярной патологии и связанного с ней прогрессирования атеросклеротического поражения кардиоваскулярного русла. По данным различных регистров, в общей популяции больных с ИБС ежегодная смертность варьирует в пределах 1,2–2,4%, частота фатальных сердечно-сосудистых осложнений — 0,6–1,4%, нефатальные инфаркты миокарда (ИМ) случаются с частотой 0,6–2,7% в год [1,2]. Это требует разработки новых перспективных неинвазивных способов лечения и совершенствование имеющихся терапевтических подходов к лечению данной болезни.

Наибольшее распространение получил известный способ улучшения кровообращения — наружная контрпульсация (НКП), доказавшая свою эффективность в клинической практике, и с успехом применяется в нашей стране [3,4,5]. Нами разработана и внедрена в клиническую практику модификация этого способа — локальная наружная контрпульсация (ЛНК) [6].

ЛНК — атравматический метод, также улучшает кровоснабжение миокарда и других органов (мозга, печени, почек и половой системы) путем повышения диастолического давления в аорте. Данный способ тренировки коллатерального кровообращения заключается в очередной компрессии и декомпрессии бедренных артерий и вен при помощи прибора, состоящего из основания и присоединёнными, к этому основанию вертикальными стойками с прижимными пятнами.

Под действием данного метода воздействия: 1) расширяются имеющиеся коллатерали и формируются новые; 2) увеличивается продукция факторов ангиогенеза (гепатоцитарного, эндотелиального факторов роста и фактора роста фибробластов), что приводит к образованию коллатеральной сети; 3) нейроэндокринные сдвиги способствуют уменьшению продукции мозгового натрийуретического пептида, снижению нейрогуморальной активности, улучшению эндотелиальной функции, нормализации вазомоторного тонуса.

Кроме этого, ЛНК оказывает эффект дистанционно-го преко кондиционирования. Экспериментальным путем,

было доказано, что кратковременная ишемия миокарда инициирует каскад определенных биохимических процессов в кардиомиоцитах, которые способствуют лучшему их «выживанию» в условиях последующих длительной ишемии и реперфузии, уменьшению размеров миокардиального некроза [8,9].

Положительный клинический эффект курса ЛНК был продемонстрирован и при лечении больных со стабильной стенокардией II–III ФК [7]. Для лечения больных нестабильной стенокардией II В класса (Braunwald, 2000) наша модификация применяется впервые.

Цель исследования: оценка влияния комплексного лечения с курсом ЛНК на динамику клинических и морфофункциональных параметров сердечно-сосудистой системы пациентов нестабильной стенокардией.

Материалы и методы

Проведено исследование 45 пациентам нестабильной стенокардией II В класса (E. Braunwald, C. Hamm 2000) и умеренным риском развития неблагоприятного исхода по шкале TIMI, поступивших в блок интенсивной терапии отделения кардиологии РКБ — ЦСЭМП Минздрава Республики Дагестан (32 мужчин и 13 женщин), в возрасте от 47 до 76 лет.

В исследование включались пациенты при: 1) типичном ангинозном приступе, появившимся при нагрузке или в покое с прогрессированием и повышением длительности и интенсивности, по сравнению с предыдущими в течение не более 30 последних дней до момента госпитализации; 2) при наличии преходящей депрессии сегмента ST и/или инверсии зубца T без подъема сегмента ST и свежих зубцов Q на ЭКГ; 3) отсутствии повышения тропонина T, ЛДГ, АЛТ, АСТ, КФК, МВ фракции КФК.

Противопоказания к проведению исследования: 1) возраст ≤ 76 лет; 2) катетеризация сердца 2 недельной давности и более в связи с риском кровотечения из места пункции бедренной артерии; 3) патология клапанного аппарата (недостаточность аортального клапана 2 степени и более); 4) тяжелая артериальная гипертензия — более 180/110 мм рт. ст.; 5) ЧСС не выше 135 или не ниже 45 ударов в минуту; 6) желудочковая экстрасистолия и желудочковая тахикардия фибрилляция предсердий; 7) имплантированный электрокардиостимулятор, кардиовертер-дефибриллятор; 8) варикозная болезнь, тромбоз, трофические язвы и геморрагический диатез; 9) лечение непрямыми антикоагулянтами при протромбиновом времени > 15 секунд; 10) международное нормализованное отношение (МНО) больше 2; 11) высокая легочная гипертензия, аневризма грудного или брюшного отделов аорты; 12) отказ больного

от дальнейшего исследования; 13) несогласие пациента с участием в исследовании; 14) неконтролируемая дестабилизация состояния.

Всех больных обследовали по принятому протоколу одобренного этическим комитетом ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет». Оценивали: 1) клинико-функциональный статус; 2) частоту сердечных сокращений (ЧСС), 3) артериальное давление (АД); 4) лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ); 5) пульсовое артериальное давление (ПАД); 6) среднее артериальное давление (АДср); 7) двойное произведение (ДП); 8) показатели эхокардиографии сердца; 9) показатели качества жизни пациентов по «Сиэтловскому опроснику» (SAQ).

В анамнезе у исследованных пациентов верифицированный в прошлом инфаркт миокарда (ИМ) был выявлен у 20 (44,4%), артериальная гипертензия (АГ) — у 39 (86,6%), сахарный диабет 2 типа — у 3 (6,6%), хроническая цереброваскулярная болезнь — у 1 (2,2%) больных. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) была выявлена у 38 (84,4%) больных — из них по NYHA I ФК — у 5 (11,1%), II ФК — у 10 (22,2%), III ФК — у 23 (51,1%).

Пациенты получали аспирин и антикоагулянтную терапию (нефракционированным или низкомолекулярным гепарином), нитраты и антагонисты кальция и статины. При отсутствии противопоказаний назначались β -адреноблокаторы.

Пациенты были разделены на следующие группы: **I. Основная группа** (n=30) — проводили наряду с общепринятой медикаментозной терапией дополнительно курс ЛНК; **II. Контрольная группа** (n=15) — проводили только стандартную медикаментозную терапию.

Курс ЛНК состоял из 40 процедур. Процедура ЛНК следующая — пациента укладывали между вертикальными стойками на основании аппарата. Расслабляя и закрепляя винты обеих прижимных пят, их устанавливали на проекции в паховых областях. Далее производили измерение АД на нижних конечностях. При пережатии манжеты фиксировали показатели сфигмоманометра в момент прекращения пульсации в подколенной ямке. Этот показатель считался ориентиром для оценки степени давления. В последующем создавали цикл компрессии и декомпрессии, который составлял 2 минуты. Общее количество времени в одной процедуре: 15 минут — пережатие и 15 минут — отдых (длительность лечебного процесса 30 минут) [10].

Результаты исследований вносились в индивидуальные протоколы и в электронные протоколы базы данных. Статистическая обработка материала (описательная ста-

Таблица 1. Сравнительный анализ исходных клинических и морфофункциональных параметров сердечно-сосудистой системы больных исследуемых групп

Показатель	Основная группа, n=30	Контрольная группа, n=15	p1-2
Частота ангинозных болей	4,48±1,33	4,44±0,77	0,77
Частота приема нитратов	3,60±0,61	3,49±0,75	0,78
ЧСС, уд/мин	79,52±12,93	77,75±9,39	0,16
САД/ДАД, мм рт.ст.	145,77±26,07/89,52±7,55	145,01±18,79/89,52±9,16	0,88/0,91
ДП, мм рт. ст.	118,52±25,8	109,7±31,2	0,10
АДср, мм рт. ст.	106,89±16,92	107,6±11,21	0,83
ЛПИ	0,85±0,14	0,86±0,14	0,87
ПАД, мм рт. ст.	56,25±23,21	55,48±15,83	0,87
КДО, мл	139,5±29,	147,74±25,85	0,21
КСО, мл	66,71±17,73	70,29±18,31	0,38
ФВ,%	52,67±18,47	51,94±9,74	0,39
МО, л/мин	4,29±7,114	4,51±0,74	0,61
ОПСС (дин*с/см2)	1863,94±356,59	1820,13±415,71	0,69

Примечание: p1-2 — достоверность разницы между группами

Таблица 2. Сравнительный анализ результатов лечения больных НС основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа, n=30	Контрольная группа, n=15	p1-2
Частота ангинозных болей	0,44±0,27	0,99±0,43	0,03
Частота приема нитратов	0,09±0,04	1,05±0,21	0,01
ЧСС, уд/мин	67,77±4,97	70,03±4,95	0,04
САД/ДАД, мм рт. ст.	123,46±8,43/79,87±5,42	132,1±11,16/85,16±7,8	0,02/0,001
ДП, мм рт. ст.	85,49±11,17	93,33±17,8	0,01
АДср, мм рт. ст.	94,49±6,13	99,85±7,5	0,17
ЛПИ	1,0±0,11	0,93±0,13	0,01
ПАД, мм рт. ст.	43,59±5,51	46,94±7,03	0,34
КДО, мл	125,34±26,75	142,83±23,44	0,21
КСО, мл	54,56±11,21	66,38±15,44	0,38
ФВ,%	57,23±5,92	52,58±8,81	0,39
МО, л/мин	4,44±5,92	4,61±0,74	0,005
ОПСС (дин*с/см2)	60,17±1,23*	49,77±1,88*	0,06

Примечание: p1-2- достоверность разницы между группами

тестика, критерий Фишера при определениях различных непараметрических данных, t-критерий Стьюдента при определении различий количественных показателей, критерий Вилкоксона при определении скорости прироста или убыли показателей) проводилась с помощью компьютерного пакета Statistica 6,0.

Результаты исследования и их обсуждение

По окончании лечения в группе, где наряду со стандартным медикаментозным лечением дополнительно применялся курс ЛНК, была выявлена более выраженная положительная динамика всех исследуемых параметров, по сравнению с группой, где применяли только стандартную медикаментозную терапию.

В группе комплексного лечения отмечена заметная тенденция к снижению количества ангинозных приступов. Исходный показатель среднего количества приступов за сутки в основной группе за сутки составил 4,48±1,33, и к концу лечения он достоверно снизился до 0,44±0,27. В группе контроля исследуемый показатель достоверно снизился на 77% — с 4,44±0,77 до 0,99±0,43. Потребность в приеме нитратов сократилась в группе комплексного лечения с 3,60±0,61 до 0,09±0,04 и в группе больных получавших стандартное медикаментозное лечение с 3,49±0,75 до 1,05±0,21.

Курс ЛНК наряду с медикаментозной терапией к статистическому снижению систолического артериального давления (САД) на 16,5% (с 145,77±26,79 до 123,46±8,16 мм рт.ст.) и диастолического артериального давления

Таблица 3. Исходные значения качества жизни в исследуемых группах

Параметры	Основная группа (n=52)	Контрольная группа (n=31)	p1-2
ФА	34,18±2,08	33,09±1,98	0,21
ССт	24,05±2,01	25,32±3,25	0,24
ТСт	37,71±1,84	36,53±3,12	0,33
УЛ	34,29±2,67	34,61±2,34	0,44
ВБ	23,57±1,65	25,07±2,67	0,22

Примечание: p1-2- достоверность различий между группами

Таблица 4. Значения качества жизни после лечения в исследуемых группах

Параметры	Основная группа (n=52)	Контрольная группа (n=31)	p1-2
ФА	60,52±2,16	45,11±5,38	0,001
ССт	57,17±2,23	56,58±2,57	0,27
ТСт	59,78±3,43	57,18±2,65	0,01
УЛ	62,19±4,46	44,64±1,85	0,001
ВБ	61,45±4,62	45,21±4,63	0,001

Примечание: p1-2- достоверность различий между группами

(ДАД) на 11,5% (с 89,54±9,16 до 78,87±5,42 мм рт. ст.). Тогда, как САД в группе контроля изменилось на 8% (с 145,06±18,79 до 132,1±11,16 мм рт. ст.), а ДАД на 4,5% (с 89,42±9,161 мм рт. ст. до 85,16±6,78.). ЧСС в основной группе снизилась на 15,5% (с 79,52±12,93 в покое до 67,77±4,97 удар/мин), а в контрольной группе больных на 8% (с 77,75±9,39 в покое до 72,03±4,95 удар/мин). ЛПИ возрос на 14% в основной группе (с 0,86±0,066 до 1,0±0,113), а в группе контроля на 6% (с 0,87±0,071 до 0,93±0,092).

По данным эходоплерографии в основной группе отмечалось статистически выраженное снижение конечно-систолического объема (КСО) на 19%, конечно-диастолического объема (КДО) на 13,2%, и общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) на 8% по сравнению с исходными показателями. Наблюдалось незначительное повышение минутного объема (МО) — на 5,1% в группе комплексного лечения. Также наблюдалось достоверное увеличение и фракции выброса (ФВ) на 8,5% в группе с применением курса ЛНК, тогда как в группе стандартного медикаментозного лечения, гемодинамические сдвиги на фоне стандартной терапии, оказались не такими существенными: по группе в целом КДО снизилось на 3%, КСО на 5,5%, МО на 2,2%, ФВ на 1,8% (табл. 1, 2).

Согласно результатам опросника качества жизни больных НС наблюдались следующие изменения: исходно показатели «физической активности» (ФА) в обеих группах не различались, но по окончании лечения в основной группе динамика ФА более выражена, тогда как в группе контроля показатель ФА изменилась незначительно (на 44% и 26,7% соответственно). К концу лечения

в обеих группах схожи были показатели «Стабильность стенокардии» (ССт) ($p > 0,05$). Показатель «Тяжесть стенокардии» (ТСт) уменьшился за счет роста данного показателя в группах, (на 37% и 36,2% соответственно). Показатель «Удовлетворенность лечением» в группах после лечения имел тенденцию к улучшению, но характер специфической значимости был характерен группе комплексного лечения (на 44,9% и 22,5% соответственно). Такие же изменения были характерны и для показателя «Восприятие болезни» (табл. 3, 4).

Тенденция к улучшению общего показателя качества жизни пациентов была также выявлена в группе, где применялся курс ЛНК, по сравнению с группой контроля. Достоверное значительное улучшение итогового показателя качества жизни отмечалось у пациентов основной группы на 50%, тогда как, у пациентов контрольной группы этот показатель улучшился незначительно по сравнению с исходным — на 38% (достоверность различия между группами после лечения $p = 0,001$) (рис. 1)

Отсюда следует, что изучаемые показатели в основной группе имели более существенную динамику, тогда как в группе контроля показатели имели лишь незначительную тенденцию к снижению или достоверных изменений выявлено не было.

НКП эффективна при лечении больных как стабильной, так и рефрактерной стенокардии. Все исследования посвященные изучению НКП показали смягчение ангинозных приступов и сокращение частоты приема нитратов, улучшение функции левого и правого желудочков, повышение физической активности, улучшение качества жизни и положительным действием на перифери-

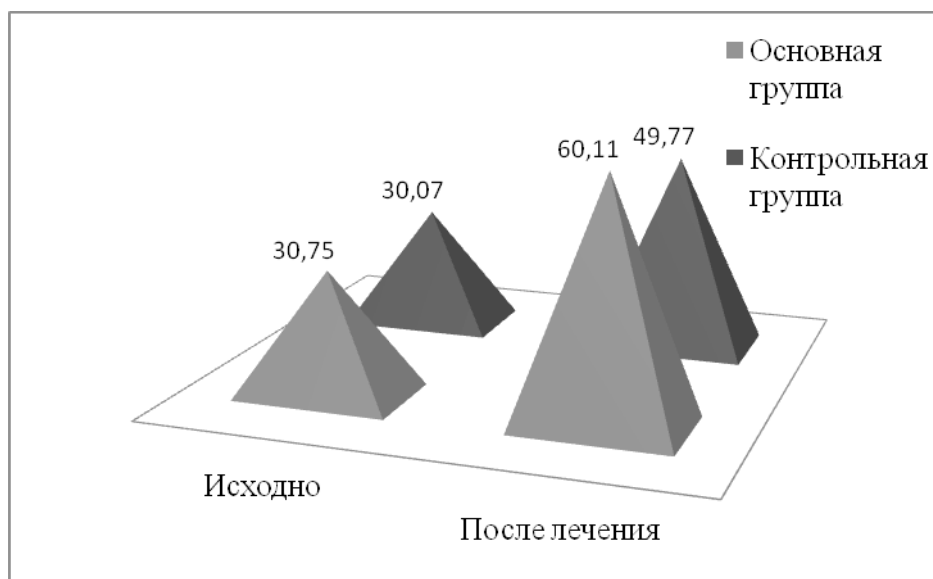


Рис. 1. Динамика качества жизни пациентов в исследуемых группах

ческие сосуды, объясняющиеся тренирующим эффектом физических упражнений [15, 16, 17, 18].

Наше исследование также продемонстрировало благоприятное влияние тренировки коллатерального кровообращения. В отличие от группы сравнения, комплексное лечение показало достоверное снижение частоты ангинозных приступов ($p < 0,001$) и частоты приема нитратов ($p < 0,001$). Достоверно улучшились и показатели САД и ДАД ($p < 0,001$). Схожие изменения продемонстрировали в своих исследованиях А. Campbell и соавт. (2008 г.) и S. Bondesson и соавт. (2010 г.) [13,14]. Полученные нами данные о гипотензивном действии, уменьшении частоты сердечных сокращений, увеличении ЛПИ сопоставимы с данными других исследователей по применению наружной контрпульсации и объясняются: повышением диастолического давления в аорте, приводящего к увеличению перфузионного давления в коронарных артериях и улучшению кровоснабжения миокарда; увеличением венозного возврата к правым отделам сердца, что способствует увеличению сердечного выброса, уменьшению общего сосудистого сопротивления [11,12].

За время проведения курса локальной наружной контрпульсации не было отмечено никаких побочных

влияний и осложнений. Данное исследование иллюстрирует возможности локальной наружной контрпульсации как эффективного и безопасного вспомогательного метода лечения больных НС II В класса (С. Hamm, E. Braunwald, 2000).

Заключение

Результаты проведенного исследования продемонстрировали эффективность и безопасность ЛНК в комплексном лечении больных НС. Использование авторского метода в комбинации с медикаментозной терапией больных НС улучшает клиническое течение заболевания, параметры центральной и периферической гемодинамики, повышает физическую активность, улучшает качество жизни и прогноз пациентов НС. Следует отметить и то, что процедуры хорошо переносились больными, во время и после проведения лечения не было отмечено серьезных побочных и нежелательных эффектов.

Следовательно, ЛНК оказывает стойкий кардиопротективный эффект и является перспективным вспомогательным методом в комплексном лечении пациентов с нестабильной стенокардией

ЛИТЕРАТУРА

1. Шальнова С.А., Деев А. Д. Тенденции смертности в России в начале XXI века // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. № 10.С. 5–10
2. Демографический ежегодник России. Москва, Росстат 2010.
3. Хубутин А.Ш., Сударев А. М., Толпекин В. Е. Отечественная система усиленной наружной контрпульсации: разработка и первый опыт клинического применения // Кардиология. 2012. № 3.С. 91–94.
4. Шумаков В.И., Толпекин В. Е. Наружная контрпульсация: опыт НИИ трансплантологии и искусственных органов // Кардиология. 2005. № 2.С. 4–6.

5. Бокерия Л.А., Ермоленко М. П., Байрамукова М. Х. Метод наружной контрпульсации в лечении больных с хронической ишемической болезнью сердца. // Здравоохранение и медицинская техника. 2005. № 3. С. 30–32.
6. Кудяев М.Т., Османова А. В., Махмудова Э. Р. // Гемодинамические эффекты ЛНКП Вестник ДГМА. 2012. № 4. С. 12–16
7. Кудяев М.Т., Османова А. В., Махмудова Э. Р. Применение лечебного метода локальной наружной контрпульсации у больных стенокардией напряжения // Терапевт. 2012. № 1. С. 42–45
8. Петрищев Н.Н., Шляхто Е. В., Галагудза М. М. Новые способы защиты миокарда от ишемического и реперфузионного повреждения: молекулярные механизмы и перспективы клинического применения // Кардиология. 2007. № 5. С. 179–184.
9. Шурыгин М.Г., Шурыгина И. А. и др. Препрекondiционирование как защита от ишемического повреждения миокарда // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. № 4. С. 206–209.
10. Рамазанов М. Р. Лечение облитерирующих заболеваний артерий тренировкой коллатериального кровообращения. Махачкала, 1994 г.
11. Шарков В., Белокопытова Н. В. Опыт применения метода наружной контрпульсации у пациента с острым коронарным синдромом в период подготовки к операции коронарного шунтирования. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. Т. 10, № 5. С. 48–51.
12. Cohen J., Grossman W., Michaels A. D. Portable enhanced external counterpulsation for acute coronary syndrome and cardiogenic shock: a pilot study // Clin. Cardiol. 2007. V. 30. P. 223–228.
13. Bondesson S., Pettersson T., Oblsson O. et al. Effects on blood pressure in patients with refractory angina pectoris after enhanced external counterpulsation // Blood Press. 2010. Epub ahead of print.
14. Campbell A., Satran D., Zenovich A. et al. Enhanced external counterpulsation improves systolic blood pressure in patients with refractory angina // Am Heart J. 2008. V. 156 (6). P. 1217–1222.
15. Lawson WE, Hui JC, Kennard ED, Kelsey SF, Michaels AD, Soran O. International Enhanced External Counterpulsation Patient Registry Investigators. Two-year outcomes in patients with mild refractory angina treated with enhanced external counter-pulsation. // Clin Cardiol, 2006; 29: 69–73.
16. Leon M. DIRECT trial: Late breaking trials. Presented at: Transcatheter Therapeutics, October 20, 2000, Washington, DC, 2000.
17. Manchanda A, Soran O. Enhanced external counterpulsation and future directions: Step beyond medical management for patients with angina and heart failure. J Am Coll Cardiol, 2007; 50: 1523–1531.
18. Manchanda A., Aggarwal A., Aggarwal N., Soran O. Management of refractory angina pectoris // Cardiology Journal, 2011; 18: 343–.

© Шамилова Сабина Гаджимагомедовна (Sabina.Shamilova.84@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НАШИ АВТОРЫ

OUR AUTHORS

Agaveva E. — Dagestan state medical University, Makhachkala, Russia
Andreeva N. — Candidate of medical Sciences, associate Professor, VPO «the Moscow state University. N. P. Ogareva» andreeva-77@list.ru
Aselderova A. — Dagestan state medical University, Makhachkala, Russia
Ataev M. — Dagestan state medical University, Makhachkala, Russia amrg56@mail.ru
Dalkhaeva M. — The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala) madina.dok@yandex.ru
Degtyarev S. — Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences (Novosibirsk, Russia) ssd1085@gmail.com
Dmitriev A. — Moscow State University of Railway Engineering (Moscow), Institute of Problems of Chemical Physics, RAS (Chernogolovka) alex-dmitriev2005@yandex.ru
Gadzhieva E. — The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala) Aek_@mail.ru
Gadzhieva S. — Dagestan state medical University, Makhachkala, Russia
Gadzhieva T. — The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala) tami2006@yandex.ru
Gayvoronskaya T. — Doctor of medical sciences, professor, Kuban state medical university (Krasnodar)
Guseynov G. — Associate Professor, Department of General and biological chemistry of the «Dagestan state medical Academy» of Ministry of health of the Russian Federation germ.67@mail.ru
Gymenyuk L. — Professor, Medical Academy named after S. I. Georgievsky; Crimean Federal University. V. I. Vernadsky lesya_gymenyuk@mail.ru
Ivanov V. — Candidate of medical sciences, V.V. Angapov Republic Clinical Hospital of First Aid
Kabatova I. — Postgraduate student of the Medical Academy named after S. I. Georgievsky; Crimean Federal University. V. I. Vernadsky
Karpiuk V. — Candidate of medical sciences, Stavropol state medical university vkarpyuk@mail.ru
Khanakhmedova K. — Dagestan state medical University, Makhachkala, Russia
Kozlova O. — FGBOU VPO «the Moscow state University. N. P. Ogareva» olga.k83@mail.ru
Kuligin G. — Graduate student, Moscow Technological University (MIREA) G.g.kuligin@gmail.com
Lavreschin P. — Doctor of medical sciences, professor, Stavropol state medical university
Leonov D. — Graduate student, Moscow Technological University (MIREA) diki00@yandex.ru
Mahmudova E. — The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala) Machmydova05@mail.ru

Martynov A. — Lead engineer, Company «TBN energoservice» martal12345.67@mail.ru
Minkailov E. — The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala) eldarm@yandex.ru
Musayev M. — Leder teaher of technical science, professor, Almalyk minig-metallurgical faculty, Navoi state minig institute, Uzbekistan, Tashkent region, Almalyk city elyor.musayev1978@mail.ru
Nikulin S. — Assistant professor, «MAYAKTRANSENERGO» ltd.
Nosov V. — Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences (Novosibirsk, Russia)
Purtskhvanidze V. — Candidate of biological Sciences, Chief physician of medical center of high technologies «Laservita», Moscow
Romashkova O. — Moscow Municipal Pedagogical University
Saganov V. — Doctor of medical sciences, professor, Buryat State University uromed-lkc@mail.ru
Semenov A. — Doctor of engineering sciences, professor, Penza State University
Shamilova S. — Assistant of the Dagestan state medical University (Makhachkala) Sabina.Shamilova.84@mail.ru
Shishkov P. — PhD of physic and mathematical sciences, associate Professor, Moscow Technological University (MIREA) kafepr1@yandex.ru
Sigal Z. — Doctor of medical Sciences, Professor, head at Department of operative surgery and topographic anatomy of the Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Honored worker of science of the Republic of Udmurtia and Russia.
Simakov Yu. — Doctor of biological Sciences, Professor, Moscow state University of technologies and management, Moscow usimakov@yandex.ru
Simankov V. — Kuban State Technological University vs@simankov.ru
Sokolova O. — Assistant professor, Penza State University rasuma@mail.ru
Sulaymanova S. — Researcher of the Kyrgyz Scientific Center of human reproduction sonunbu.sulaymanova@mail.ru
Surnina O. — Doctor of ultrasonic diagnostics of the highest qualification category, candidate of medical Sciences hchi UR «The Republican clinical diagnostic center MZ UR» (Izhevsk, Russia), associate Professor of Department of operative surgery and topographic anatomy of the Izhevsk State Medical Academy (Igyy), Izhevsk
Tolkachev D. — Kuban State Technological University Gendalf373@rambler.ru
Tymchuk A. — Kuban State University timchuck.andrey2011@yandex.ru uzd-ur@mail.ru
Volkov Yu. — Graduate student, Moscow Technological University (MIREA) volkovuanot11@gmail.com
Zabolotnikova V. — Moscow Municipal Pedagogical University zabolotnikovavs@ya.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).