

ISSN 2223-2966



**СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ**

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 7-8 2017 (ИЮЛЬ-АВГУСТ)

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 28.08.2017 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Палаткин В.В.** — Использование стевии в продуктах функционального назначения
Palatkin V. — Use of stevia in products of functional purpose 3

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Мурая Е.Н.** — Расчет координат импульсных источников акустической эмиссии
Muraya E. — Calculation of the coordinate of pulsed sources acoustic emissions. ... 8

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Алисевиц Е.А., Жадан О.П., Губская О.А., Стахеев И.Г.** — Алгоритм оперативно-технического управления сети связи специального назначения на основе дискретно-событийной модели
Alisevich E., Gadan O., Gubskaya O., Stakheev I. — The algorithm of operational-technical management of communication networks of special purpose based on discrete event models 13
- Ле Ч., Симонина О.А.** — EMATMM: эффективный метод планирования трафика для механизма мульти-опроса в высокоплотных WLAN
Le T., Simonina O. — EMATMM: effective method to assign txop for multipolling mechanism in high-density WLAN 17

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Ахмед Н.** — Методики для повышения эффективности протоколов передачи данных в системах высокопроизводительных вычислений кластерной архитектуры
Ahmed N. — Methods to improve the efficiency of data transmission protocols in systems of high-performance computing cluster architecture 27
- Ахмед Н.** — Оценка возможной оптимизации сети высокопроизводительных кластерных вычислений (Gigabit Ethernet)
Ahmed N. — The evaluation of the possible optimization of the network of high-performance cluster computing (Gigabit Ethernet) 30
- Дмитриев А.И.** — Обработка информации с помощью наномангнитных логических устройств
Dmitriev A. — Information processing by nanomagnetic logic devices 36
- Забашта А.Ю., Хохлов С.А., Скоринова С.А.** — Анализ существующих алгоритмов распознавания лиц
Zabashta A., Khokhlov S., Skorikova S. — Analysis of existing algorithms for face recognition 42
- Кононов Ю.М.** — Системный подход к эффективному управлению проектной группой
Kononov Yu. — System approach to effective project team 46
- Кононов Ю.М.** — Совершенствование методов и алгоритмов управления бизнес-процессами и документооборотом предприятия
Kononov Yu. — Improvement of methods and algorithms for managing business processes and document reference of the company 51
- Лиу Ц.** — Автоматизация металлургического производства с позиции индустриального Интернета вещей
Liu Z. — Automation of metallurgy from the point of industrial Internet of things 57
- Петухова Н.А.** — Методика измерения параметров жидких диэлектриков с использованием измерительной ячейки
Petuhova N. — Methods of measurement of parameters of liquid dielectrics using a measuring cell 62
- Понизовкин Д.М.** — Повышение качества решения задачи topN коллаборативными рекомендательными системами
Ponizovkin D. — Accuracy improvement of topN task for collaborative filtering recommender systems 67
- Романов В.А., Прусс Б.Н.** — Разработка программного обеспечения статистического контроля качества технологического процесса
Romanov V., Pruss B. — The development of the software for statistic quality control of the technological process 71

- Столяров А.Ю., Гребенникова А.А.** — Оценка состояния здоровья пациента с хронической сердечной недостаточностью на основе данных о принимаемых лекарственных средствах
Stolyarov A., Grebennikova A. — Health evaluation of patient with chronic heart failure based on medication data 76
- Хуссейн О.М., Пупков К.А.** — Проектирование АСУ системой пожаротушения производственного здания на базе программируемых логических контроллеров
Hussain O., Pupkov K. — Designing of the automated control system by the fire-fighting system of a production building on the basis of programmable logic controllers 82

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Анипченко Н.Н., Овезов А.М., Аллаhverдян А.С.** — Патофизиологические изменения гемодинамики при лапароскопических операциях на пищеводно-желудочном переходе
Anipchenko N., Ovezov A., Allakhverdyan A. — Pathophysiological changes in hemodynamics during laparoscopic operations on the esophageal-gastric transition 89
- Анипченко Н.Н., Овезов А.М., Аллаhverдян А.С.** — Патофизиологические изменения биомеханики дыхания при лапароскопических операциях на пищеводно-желудочном переходе
Anipchenko N., Ovezov A., Allakhverdyan A. — Pathophysiological changes in the biomechanics of respiration during laparoscopic operations on the esophageal-gastric transition 95
- Гатина Г.А.** — Осложнения беременности у госпитализированных женщин городов и сельской местности Республики Дагестан
Gatina G. — Pregnancy's complications among of urban and rural hospitalized women of Dagestan Republic 101
- Голубенко Е.О., Силина Е.В., Орлова А.С.** — Персонализированный подход в лечении болевых синдромов
Golubenko E., Silina E., Orlova A. — Personalized medicine in pain management 107
- Иванов В.В., Чумак Б.А., Харитонов М.А.** — Современные аспекты этиологической диагностики, клиники и лечения тяжелой внебольничной пневмонии у военнослужащих
Ivanov V.V., Chumak B.A., Kharitonov M.A. — Modern Aspects of Etiological Diagnostics, Clinical Picture and Treatment of Severe Community-Acquired Pneumonia in Soldiers 113
- Короستهлев А.С., Потанов А.Ф.** — Острое повреждение почек у больных с острым коронарным синдромом
Korostelev A., Potanov A. — Acute kidney injury in patients with acute coronary syndrome 123
- Стаповская Е.Е.** — Ретроспективный анализ хронологии первичных обращений к стоматологу пациентов с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстных суставов и дисплазией соединительной ткани
Statovskaia E.E. — A retrospective analysis of the chronology of initial applications by the dentist patients with syndrome of TMJ dysfunction and connective tissue dysplasia 127
- Стрельников Е.В., Слюсарь Н.Н., Богатов В.В.** — Изменение содержания остеопротегерина sRank-L и кислотного изофермента щелочной фосфатазы в сыворотке крови у стоматологических пациентов в зависимости от тяжести пародонтита
Strelnikov E., Slusar N., Bogatov V. — A change in the content of osteoprotegerin sRank-L and an acid isoenzyme of alkaline phosphatase in the blood serum in dental patients depending on the severity of periodontitis 133
- Хасанова Л.А., Мартынов В.А.** — Трудности диагностики герпетического менингоэнцефалита на примере клинического случая
Khasanova L., Martynov V. — Difficulties of diagnostics of herpethetic meningoencephalite on the example of a clinical case 136
- Черевцов В.Н., Тадж А.А., Процко В.Г., Тамоев С.К.** — Лечение синдрома центральной метатарзалгии
Cherencov V., Tadz A., Procko V., Tamoev S. — Syndrome treatment central metatarsalgia 139

ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы
Our Authors 145
- Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 146

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕВИИ В ПРОДУКТАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

USE OF STEVIA IN PRODUCTS OF FUNCTIONAL PURPOSE

V. Palatkin

Summary. The biological properties, chemical composition, nutritional value of stevia for the creation of products of a functional purpose for dietary nutrition have been studied. The feasibility and effectiveness of the use of stevia leaves as a raw material in rational nutrition is theoretically substantiated.

Keywords: stevia, biological properties of stevia, the importance of stevia in medicine and cooking.

Палаткин Владимир Владимирович

Магистрант, Астраханский государственный университет
palatkin_vv@list.ru

Аннотация: Исследованы биологические свойства, химический состав, пищевая ценность стевии для создания из нее продуктов функционального назначения для диетического питания. Теоретически обоснована целесообразность и эффективность применения листьев стевии в качестве сырья в рациональном питании.

Ключевые слова: стевия, биологические свойства стевии, значение стевии в медицине и кулинарии.

Одним из основных принципов рационального питания при многих болезнях, таких как сахарный диабет, инфаркт миокарда, кариес и др. «является максимальное соответствие режима сахароснижающей терапии и адаптированного питания» [Error: Reference source not found, с. 22]. Он предполагает аргументированный выбор пищевых продуктов с низким содержанием легкоусвояемых углеводов [4, 5]. Но как утверждают И. Б. Красина, Е. П. Корнена, В. И. Мартавщук, Р. С. Фукс, М. Б. Фролов «объем их производства составляет менее 2% в общем объеме выпуска продуктов питания» [Error: Reference source not found, с. 22].

Поэтому разработка и производство функциональных продуктов лечебно-профилактического и диетического назначения на основе качественных натуральных сахарозаменителей стала одним из основных вопросов, которое обеспечивает здоровье и жизнедеятельность людей. Продукты функционального назначения обеспечивают нормальное развитие и жизнедеятельность организма, помогают защищаться от болезней, предотвращают негативное воздействие вредных факторов внешней среды.

Сегодня ведутся активные разработки натуральных сахарозаменителей. Одним из перспективных сахарозаменителей сегодня считается стевия. Так например, И. Б. Красина, Н. А. Агафонова, Н. В. Зубко утверждают, что по результатам их исследований «установлена возможность, а также социальная и экономическая целесообразность применения стевии взамен сахара для создания пищевых продуктов функционального назначения» [Error: Reference source not found].

Таблица 1. Содержание дитерпеновых гликозидов в листьях медовой травы

Дитерпеновый гликозид	Относительное % содержание в сумме
Стевиозид	60
Ребаудиозид А	30
Ребаудиозид В	4
Ребаудиозид С	0.5
Ребаудиозид D	0.5
Ребаудиозид E	4
Стевиолбиозид	0.5
Дуклозид А	0.5

Траву стевия, родиной которого является Южная Америка, первыми в промышленном производстве стали применять в Японии, а сегодня выращивают в промышленных масштабах в Крыму и Краснодарском крае. Из растения изготавливают чай, экстракт, жидкий сироп, порошок и шипучие таблетки.

Листья стевии (наибольшая сладость проявляется непосредственно перед началом цветения) имеют сладость в 10–15 раз большую, чем у сахарозы. Это объясняется содержанием ценных веществ, которые есть только в ней и нигде больше: это дитерпеновые гликозиды, основные из которых стевииозид и ребаудиозиды (см. таблицу № 1).

В чистом виде они имеют сладость в 150–300 раз сильнее, чем у сахарозы [1]. В отличие от последней ощущение сладкого вкуса наступает медленнее, но длится дольше. При всем этом сладкие вещества стевии харак-

теризуются невероятно малой, практически нулевой калорийностью, а также легким антибактериальным действием.

Основные химические вещества, входящие в состав стевии: апигенин, аустроинулин, авикулярин, бета-ситостерин, кофейная кислота, кампестерол, кариофиллен, centaureидин, хлорогеновая кислота, хлорофилл, космосин, цинарозид, даукостерол, дитерпеновые гликозиды, дулькозид АВ, фоеникулин, муравьиная кислота, гуминовые кислоты, гиббереллин, индол-3-ацетонитрил, исокуерцитрин, изостевиол, jhanol, кемпферол, каурин, лупеол, лютеолин, полистахозид, кверцетин, куерцитрин, ребаудиозид А-Е, скополетин, стеревин АГ, стевиол, стевиолбиозид, стевиомонозид, стевиозид, стевиозид-3, стигмастерол, умбеллиферон, и ксантофилл. Минеральные соли (калий (1759мг/100г), кальций, магний (1229мг/100г), фосфор (549 мг/100г), цинк, железо (54,5 мг/100г), кобальт, марганец).

Ребаудиозид А, С, В — некалорийный гликозид, сладкое вещество. Дулькозид — некалорийный гликозид, сладкое вещество. Рубузозид — некалорийный гликозид, сладкое вещество. Все перечисленные выше дитерпеновые гликозиды, считаясь родственными веществами, получили общее название — «стевиозид». Сегодня существует несколько методов экстрагирования (выделения) этих веществ из листьев растения, которые позволяют получать пригодный для использования сахарозаменитель — порошок «стевиозид». Стевиозид — гликозид, не имеющий аналогов растительный сахарзаминитель. Имеет маркировку Е960.

Два из восьми дитерпеновых гликозида содержат легкопенящиеся в воде вещества под названием сапонины, обладающие поверхностной активностью (от лат. sapo — означает мыло). За счет этого они обладают гомеопатическим действием и способствуют отхаркиванию мокроты; усилению секреции желудка, что вызывает собой усиление секреции всех желез; обладают легким мочегонным действием; улучшают состояние при кожных заболеваниях, а также ревматизме; помогают при отеках; обладают противовоспалительным действием и способствуют лучшему усваиванию других полезных веществ, поступающих в организм.

Помимо выше описанных веществ в стевии присутствует множество других не менее важных, о которых нужно сказать (см. таблиц № 2).

Флавоноиды, примеру, представляют собой витаминоподобные соединения (их еще называют витамином «Р») органического происхождения. Они в основном представлены здесь: рутином, кверцитином, кверцитрином, авикулярином, гваяверином, апигененом

Таблица 2. Состав медовой травы

Вещества	Содержание, %
дитерпеновые гликозиды	18
флавоноиды (более 12 видов)	30–45
хлорофиллы и ксантофиллы (водорастворимые)	10–15
Оксикоричневые кислоты	2,5–3,0
Олигосахариды (нейтральные, водорастворимые)	1,6–2,0
Свободные сахара	3,0–5,0
Аминокислоты, 17 шт, из них 8 — незаменимые	1,5–3,0
Минеральные соединения (цинк, хром, фосфор, железо, кальций, калий, магний, селен, натрий, йод)	0,18–1,0
Комплекс витаминов (А, С, D, Е, К, Р)	0,1
Эфирное масло	-

и другими представителями этой группы. Флавоноиды дают окраску цветам и ягодам. Принимают участие в фотосинтезе, защищают растительные клетки от избытка ультрафиолетового излучения, и необходимы для подготовки растений к зиме. Флавоноиды регулируют проницаемость стенок кровеносных сосудов и улучшают их эластичность, а также предотвращают склеротические поражения. Данные вещества являются сильнейшими антиоксидантами и укрепляют иммунитет. Кроме того, они известны своим особым укрепляющим действием на стенки сосудов и капилляров, уменьшают их ломкость и проницаемость, уменьшают уровень плохого холестерина в крови за счет способности рассасывать жировые бляшки и тромбы в кровеносных сосудах. По содержанию флавоноидов медовую траву можно сравнить лишь с клюквой и черникой.

Хлорофиллы обладают антибактериальным действием, а оксикоричневые кислоты, которыми чрезвычайно богата эхинацея, и, кстати говоря, экстракт которой является основой известного всем препарата «Иммунал», как вы можете теперь догадаться повышают защитные силы организма — иммунитет.

Свежие листья стевии богаты витаминами: А, В1, В2, С, Р, РР, F, бета-каротин.

Эфирные масла представлены здесь более, чем 53 различными веществами и элементами, что обуславливает следующие их ценные лечебные свойства: противовоспалительный и ранозаживляющий эффект, подавление жизнедеятельности вирусов и болезнетворных микроорганизмов, отхаркивающее действие, мочегонное действие, тонизирующее действие на желудок, печень, кишечник и желчный пузырь. Кроме того вещества, входящие в эфирное масло стевии, повышает биоэнер-

гетику организма человека в целом, делая его более устойчивым к стрессовым ситуациям.

Линолевая кислота или линоленовая — незаменимая жирная кислота, относится к омега-6. Арахидоновая кислота — натуральный гербицид, нейромодулятор и нейромедиатор.

Витаминов мало и традиционно листья медовой травы заваривают, что отчасти уничтожает некоторые витамины. А вот микро и макроэлементов в составе стевии достаточно: Калий, Кальций, Фосфор, Магний, Кремний, Цинк, Медь, Селен, Хром. Основные из них, которые выделяются в части нормализации уровня глюкозы в крови совместно со сладкими гликозидами, это цинк и хром. Хром, или как еще его называют, «фактор переносимости глюкозы» чрезвычайно важен для нормализации уровня глюкозы в крови, т.к. он совместно с инсулином тащит глюкозу в клетки тканей для непосредственного его использования. А цинк играет важную роль в выработке клетками поджелудочной железы инсулина. Его также назначают больным диабетом по 15–30 мг в день. Цинк и хром играют важную роль в обмене веществ, их действие в комплексе и очень широкое, здесь же я подчеркнул особое направленное действие в части нормализации сахара в крови [6].

Токсикологическими исследованиями, проводимыми на крысах, кроликах, морских свинках и птицах, была подтверждена нетоксичность стевииозидов. Кроме того, было показано, что стевииозид не провоцирует мутагенные изменения на клеточном уровне или как-то влияет на рождаемость. Установлено, что и натуральные природные листья стевии нетоксичны и не имеют мутагенной активности.

Большинство клинических исследований на фертильность показывают, что, листья стевии не влияют на фертильность мужчин и женщин. Однако, одно исследование зафиксировало, что водный экстракт листьев стевии снижает уровень тестостерона и спермы у самцов крыс.

Бразильские ученые отметили способность стевииозидов к понижению систолического артериального давления у крыс в 1991 году. Затем в 2000 году предпринято, двойное слепое, плацебо-контролируемое исследование, в котором приняло участие 106 китайских гипертоников (мужчин и женщин). Исследуемые получали капсулы, содержащие стевииозид (250 мг) или плацебо (иллюзию лекарственного препарата) три раза в день. После трех месяцев, систолическое и диастолическое артериальное давление группы, принимающей стевииозид, значительно снизилось, и эффект сохранялся в течение всего года. Исследователи пришли к выводу, что

стевииозид хорошо переносится и является эффективным средством, которое можно рассматривать как альтернативную или дополнительную терапию для пациентов с гипертонией.

Несколько более ранние исследования экстракта стевии, а также изолированных гликозидов, продемонстрировали гипотензивное и мочегонное действие. При гипертонической болезни крыс экстракт листьев стевии увеличивал почечный поток плазмы, поток мочи, экскреции натрия и скорость фильтрации.

Другая группа ученых из Дании в 200 году протестировала гипогликемические свойства гликозидов, отдельных химических веществ, содержащихся в стевии. Они пришли к выводу, что стевииозид и стевииол способны стимулировать секрецию инсулина через прямое действие на бета-клетки. «Результаты показывают, что стевииозид и стевииол имеют потенциал в качестве сахароснижающих средств при лечении сахарного диабета 2 типа.»

Бразильская группа исследователей отметила, что водные экстракты из листьев стевии вызывают гипогликемический эффект и повышение толерантности к глюкозе у людей, сообщив, что «значительно снизились уровни глюкозы в плазме крови во время испытания и после ночного голодания во всех добровольцев»

В другом исследовании бразильских ученых уровень сахара в крови человека был снижен на 35% через 6–8 часов после перорального приема экстракта листьев стевии.

Бразильские ученые доказали, что стевия продемонстрировала противомикробные, антибактериальные, противовирусные, и противодрожжевые свойства. В исследовании было показано, что водный экстракт стевии, помогает предотвратить кариес зубов путем ингибирования бактерий *Streptococcus mutans*, которые стимулируют образование бляшек. Кроме того, в 1993 была подана заявка на американский патент, в ней утверждается, что экстракт стевии имеет сосудорасширяющее свойство и эффективно при различных кожных заболеваниях (акне, сыпь, зуд) и заболеваниях, вызванных недостаточностью кровообращения.

Калорийность стевии: ккал: 18 на 100 г., белки, г: 0.0, жиры, г: 0.0, углеводы, г: 0.18. Она признана самым безвредным из растительных сахарозаменителей.

К **фармакологическим** свойствам стевии относятся: гипогликемическое, гипотензивное (снижает артериальное давление), кардиотоническое, антимикробное, антибактериальное, противодрожжевое, противогриб-

ковое, противовирусное, мочегонное, сосудорасширяющее, ранозаживляющее, тонизирующее, подсластитель.

Стевиозид обладает следующими свойствами:

- ◆ сладость — в 150–300 раз слаще сахара;
- ◆ практически нулевая калорийность;
- ◆ - 100% натуральный продукт;
- ◆ обладают противогрибковой и антибактериальной активностью;
- ◆ противоопухолевое и противовоспалительное действие тормозит рост новообразований;
- ◆ не вызывает выброс инсулина, т.к. не изменяет уровень глюкозы в крови, а нормализует его;
- ◆ снижается уровень плохого холестерина и радионуклеидов в организме;
- ◆ снижения количества свободных радикалов за счет нормализации процессов перекисного окисления липидов;
- ◆ восстановления макроорганических соединений АТФ, НАДФ как следствие нормализации белкового обмена;
- ◆ восстановления клеточного и гуморального иммунитета;
- ◆ улучшается восстановление и регенерация тканей, клеток;
- ◆ укрепляются кровеносные сосуды, и нормализуется кровяное давление;
- ◆ положительное влияние на деятельность печени и поджелудочной железы;
- ◆ нормализует функции мочевыводящих органов;
- ◆ способствует заживлению ран в желудочно-кишечном тракте;
- ◆ употребление стевиозида снимает тягу к алкоголю и никотину;
- ◆ предотвращает развитие кариеса;
- ◆ полезна при бронхо-легочных заболеваниях за счет сапонинов, дающих отхаркивающий эффект;
- ◆ улучшает состояние кожи, волос, ногтей благодаря кремниевой кислоте;
- ◆ повышает защитные силы организма — поднимает иммунитет;
- ◆ нормализации работы эндокринной системы (уровня гормонов в крови);
- ◆ безвредность при длительном употреблении (что доказано тысячелетним опытом применения племенем Гуарани и также самыми серьезными исследованиями, проводимыми в Японии);
- ◆ хорошая растворимость в воде;
- ◆ устойчивость к высоким температурам и воздействию кислот и щелочей, что дает возможность применения в кулинарии.

Листы стевии (при дозах выше, чем необходимо для целей подслащивания) обладают гипогликемическим

действием. Больные диабетом должны использовать большое количество стевии с осторожностью и контролировать уровень сахара в крови, принимаемые лекарства могут нуждаться в корректировке.

Также листья стевии (при дозах выше, чем необходимо для целей подслащивания) имеют гипотензивное действие (снижает артериальное давление). Людям с низким артериальным давлением и тем, кто принимает антигипертензивные препараты, следует избегать использования большого количества стевии и контролировать уровень артериального давления.

Стевия издавна применялась индейцами для придания мягкого сладковатого вкуса чаю. Она служила обеззараживающим средством при первичной обработке порезов и ран, профилактики воспалений, очищения язв.

На протяжении почти 20 лет, миллионы потребителей в Японии и Бразилии, где стевия утверждена в качестве пищевой добавки, используют экстракты стевии как безопасный, естественный, и лишенный калорий подсластитель. Япония является крупнейшим потребителем листьев и экстрактов стевии в мире. В Японии стевия используется для подслащивания соевого соуса, соленьев, кондитерских изделий и безалкогольных напитков. Даже многонациональные гиганты, как Coca-Cola (напитки), Wrigley's (жевательная резинка) и Beatrice Foods (йогурты) в Японии, Бразилии и других странах, где стевия одобрена в качестве пищевой добавки, используют экстракты стевии, чтобы подсластить продукты (в качестве замены искусственных подсластителей и сахара).

Стевия рекомендуется и утверждена в качестве диетической добавки Управлением по контролю качества продуктов и лекарств США (US FDA). В этой стране стевия в основном используется в качестве заменителя сахара. Около 1/4 чайной ложки листьев (или целый лист) является эквивалентной примерно 1 чайной ложке сахара.

Экстракт стевии — комплексный фитопрепарат на основе травы стевии (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) представляет собой зеленовато-коричневую, сладкую жидкость, изготовлен по уникальной технологии, запатентованной в Украине, которая позволяет сохранить все свойства биологически активных веществ свежего растения. Механизм действия заключается в восстановлении ферментных систем, улучшении работы мембраны клетки, в частности, улучшается трансмембранный перенос глюкозы, усиливается глюконеогенез, оптимизируется адаптивный синтез РНК и некоторых энзимов. Доказано, что применение экстракта стевии ведет к стойкому восстановлению всех ферментов, участвующих в энергетике

ческом обмене. Изучены также процессы перекисного окисления липидов, которые играют существенную роль в развитии патологических состояний за счет образования большого количества свободных радикалов. Применение экстракта стевии позволило нормализовать процессы перекисного окисления липидов и достоверно повысить уровень коэнзима Q10.

Всемирная организация здравоохранения в 2006 году признала стевиозид безопасным для здоровья человека, разрешив его использование под кодом E 960. Определена норма ежедневного употребления до 4 мг концентрата на килограмм веса.

Высчитывать ничего не надо. Препарат так концентрирован, что при передозировке начинает горчить. Поэтому подсластители 0 калорий продаются разбавленными. Это могут быть сиропы, порошки, гранулы, таблетки, на упаковках которых указывается количество и калорийность заменителя сахара на чашку чая или кофе.

В кулинарии диетический сахарозаменитель из стевии, калорийность которой стремится к нулю, придает выпечке особый привкус и уверенность, что никаких осложнений, нарушений углеводного и липидного обмена не последует. Добавляя её в пищу детей, можно вылечить аллергический диатез.

Стевия является антиоксидантом, натуральным консервантом, обладает противомикробным и противогрибковым действием.

Использовать стевию можно в чистом виде, и комбинируя его со **эритритом**, что сделает сладкий вкус ещё более выраженным. Стоит подчеркнуть более сильное влияние сахара на детский организм, т.к. избыток простых углеводов здесь ещё быстрее вызывает дисбаланс нервной системы: вначале появляется состояние лёгкой эйфории, быстро сменяющейся угнетённым настроением, апатией и, как следствие, агрессивным поведением.

И всё это без учёта таких дополнительных негативных факторов, как лишние калории, кожные проблемы, кариозные зубы и т.д. В данной связи можно посоветовать готовить различные десерты с использованием сахарозаменителей. Такие десерты будут отличаться меньшим гликемическим индексом и отсутствием химической поддержки в компонентах состава. У людей с лишним весом при употреблении сладкого ещё больше поднимается уже и без того высокий уровень инсулина в крови, из-за чего осуществляется дополнительная прибавка в весе. Нужно помнить, что сладкое — это вред для здоровья и сильная зависимость. Борются с ней помогут сахарозаменители, наиболее эффективным из которых на сегодняшний день является полиол эритрит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов К.Л., Шулбаева М.Т., Лосева А.И. Растительные пищевые композиты полифункционального назначения // Пищевая промышленность. — 2010. — № 7. — С. 8–11.
2. Красина И.Б., Агафонова Н.А., Зубко Н.В. Стевия в продуктах функционального назначения // Фундаментальные исследования. — 2007. № 7. — С. 87–88
3. Красина И.Б., Корнена Е.П., Мартавщук В.И., Фукс Р.С., Фролов М.Б. Особенности химического состава и пищевой ценности бад «стевия» // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2009. — № 2–3. — С. 23–24.
4. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.; Под ред. А.П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2003. — 640 с.
5. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов. — 5-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Сиб. университет. изд-во, 2007. — 455 с.
6. Романчук А. Стевия — сладкий путь к здоровью и долголетию! [электронный ресурс] Режим доступа: <http://trawolta.ru/rasteniya/steviya#ixzz4iUMevh5Q>

© Палаткин Владимир Владимирович (palatkin_vv@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Астраханский государственный университет

РАСЧЕТ КООРДИНАТ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Мурая Елена Николаевна

*К.т.н., доцент, Дальневосточный государственный
университет путей сообщения
elena_muray22@mail.ru*

CALCULATION OF THE COORDINATE OF PULSED SOURCES ACOUSTIC EMISSIONS

E. Muraya

Summary. The fragile destruction of technical and natural objects is not uncommon at present. The consequences of the accidents that occur can be accompanied by significant financial, material and environmental losses. Therefore, the problem of preventing sudden destruction of technical objects and structures is very relevant. The purpose of the work: to obtain analytical solutions to the problem of calculating the coordinates of acoustic emission sources and their analysis and development of algorithms for computer programs for identifying foci of microfractures of solids; Their visualization and evaluation of parameters. The article also considers the theory of acoustic emission defects. The above problems were solved with the help of theoretical and experimental methods of solid-state acoustics, mathematical and computer modeling. It is shown that the linearization of the system of measurement equations makes it possible in many cases to find an analytical solution of the location problem. The presence of an analytical solution allows us to calculate the location errors associated with inaccuracies in the measurement of time delays and the positioning of the PP.

Keywords: acoustic properties, acoustic emission, impulse, non-destructive testing, mathematical modeling, computer modeling, piezoelectric converters.

Аннотация. Хрупкие разрушения технических и природных объектов в настоящее время не являются редкостью. Последствия от произошедших при этом аварий могут сопровождаться значительными финансовыми, материальными и экологическими потерями. Поэтому проблема предотвращения внезапных разрушений технических объектов и сооружений весьма актуальна. Цель работы: получение аналитических решений задачи расчета координат источников акустической эмиссии и их анализ и разработка алгоритмов компьютерных программ для выделения очагов микро-разрушений твердых тел; их визуализация и оценка параметров. В статье так же рассмотрена теория дефектов акустической эмиссии. Приведенные задачи решались с помощью теоретических и экспериментальных методов акустики твердого тела, математического и компьютерного моделирования. Показано, что линеаризация системы уравнений измерений позволяет во многих случаях найти аналитическое решение задачи локации. Наличие аналитического решения позволяет рассчитать погрешности локации, связанные с неточностями измерения задержек времени и позиционирования пьезопреобразователей.

Ключевые слова: акустические свойства, акустическая эмиссия, импульс, неразрушающий контроль, математическое моделирование, компьютерное моделирование, пьезопреобразователи.

Для автоматизации (ускорения) расчётов и устранения чисто арифметических ошибок необходимо использовать вычислительную технику. Здесь имеются в виду персональные компьютеры (ПК), которые стали общедоступными, ими оснащаются многие современные приборы.

Довольно распространённый в недавнем времени подход к использованию ПК заключался в разработке и применении программ реализации необходимых преобразований и алгоритмов на языках программирования высокого уровня (Фортран, Паскаль, Си и т.п.). Такой подход возможен, но он крайне не эффективен в силу трудоёмкости написания и отладки программ. На сегодняшний день современные системы компьютерной математики (СКМ), в которые изначально уже встроена реализация основных шагов алгоритмов, пригодных для акустической локации. В этих системах реализованы языки программирования сверхвысокого

уровня, когда всего несколькими командами решается необходимая задача. В этих условиях громоздкость аналитических решений уходит на второй план. Реализация алгоритма сводится к подстановке конкретных данных в полученное системой решение. Основными критериями приемлемости решений являются: быстродействие алгоритма (для оперативной локации источников), однозначность решений и чувствительность к ошибкам исходных данных.

Так как скорость обработки алгоритма зависит от ресурсов вычислительной системы, то далее, при оценках этой скорости приводятся тип и тактовая частота центрального процессора (CPU), а также объём оперативной памяти (RAM).

С целью упрощения математических выкладок принимаются предположения и следующие допущения:

1. Контролируемый объект отнесен к определенной глобальной декартовой системе координат. Во избежание оперирования большими числами и в целях упрощения математической модели задачи локации будем решить в некоторой декартовой системе координат, специально выбирая ее начало и ориентацию осей. Начало координат будем размещать в точке установки первого пьезопреобразователя (ПП), таким образом, чтобы его координаты были нулевыми. Остальные оси будем, по возможности, ориентировать главным образом вдоль расположения других ПП. Это позволит обнулить некоторые параметры математической модели и упростить уравнения измерений. В то же время пересчет найденных локальных координат АЭ-источников в глобальные — достаточно тривиален.

2. Поскольку очередность прихода сигналов на ПП может быть различной (в зависимости от положения источника), для решения задачи локации необходим предварительный анализ этой очередности и соответствующие коррективы алгоритма (программы) решения. Чтобы исключить эти операции и сделать алгоритм единообразным, будем вводить корректировку задержек времени таким образом, что бы нулевую задержку всегда имел первый ПП.

3. Установка ПП часто лимитируется отсутствием доступа к желаемым местам их размещения. Типичный случай — доступность только одних наружных (боковые) поверхностей объекта для размещения ПП. В этих условиях можно организовать лишь некоторый частный вид антенны с определенными элементами симметрии. Источники АЭ находятся при этом вне конфигурации антенны («боковая» локация). Возможны также случаи «двухслойных» антенн, когда их части находятся на двух разных поверхностях (плоскости). Все это также вносит определенные упрощения в математическую модель задачи. Поскольку (как будет показано далее), аналитическое решение пространственной задачи в общей постановке (произвольном расположении ПП) проблематично, то эти частные случаи представляют практический интерес. Кроме того, указанные ограничения определенным образом сужают регионы возможных расположенной АЭ-источников, что позволяет иногда разрешить проблему двойственности решений задач локации. Расположение ПП на поверхности объекта означает, что источники АЭ могут находиться только внутри объекта, а источники, симметричные относительно этой поверхности, физически не существуют.

4. Если выполнена предварительная акустическая аттестация (калибровка) контролируемого объекта, то скорость звука становится известной, а это уменьшает на единицу число подлежащих определению величин.

Алгоритмы решения задач локации АЭ-источников основаны, как правило, на формулах (уравнениях измерений), связывающих измеряемые величины и параметры позиционирования источника АЭ. Эти формулы в общем случае имеют *неявный* вид и достаточно громоздки. Процесс преобразования исходных соотношений к явным зависимостям также достаточно сложен (1).

Попытки прямого решения пространственной задачи локации в общей постановке к положительному результату не приводят, т.к. вследствие нелинейности исходных уравнений проявляется неоднозначность радикалов. Исходная система уравнений задачи для пяти ПП примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} x^2 + y^2 + z^2 = r^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 - (r + vt_2)^2 = 0 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 - (r + vt_3)^2 = 0 \\ (x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2 - (r + vt_4)^2 = 0 \\ (x - x_5)^2 + (y - y_5)^2 + (z - z_5)^2 - (r + vt_5)^2 = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

Антенна состоит из пяти ПП с произвольным расположением. Начало локальной системы декартовых координат совмещено с первым преобразователем, ось z направлена вертикально вверх. Источник сигнала имеет координаты x, y, z . Измеряются временные задержки t_2, t_3, t_4, t_5 .

В результате попытки аналитического решения системы (1) был выдан пустой результат. Для обхода этой трудности рассмотрим такие способы как:

- 1) линеаризация системы уравнений измерений;
- 2) использование результатов акустической аттестации объекта.

Реализуем выше предложенный алгоритм на основе модельных данных (табл. 1). Рассмотрим плоскую антенну, имеющую пять произвольно расположенных ПП.

В таблице принято: x_i, y_i — декартовы координаты i -го ПП; r_i — расстояние от источника АЭ до i -го ПП,

Таблица 1. Исходные данные для модельной задачи

	Источник (имитатор)	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	П5
$x_i, \text{ м}$	4	0	5	2	8	10
$y_i, \text{ м}$	3	0	0	5	8	4
$r_i, \text{ м}$		5	3.16228	2.828427	6.40312	
$T_i, \text{ мкс}$		1000	632.4555	585.6854	1280.62	1216.55
$t_i, \text{ мкс}$		0	-367.644	-434.314	280.6248	216.553

T_i — момент времени прихода сигнала к i -му ПП; t_i — задержка времени прихода сигнала к i -му ПП.

Значения T_i соответствуют скорости распространения сигнала -5000 м/с.

Подставляя данные таблицы в формулу (1) и реализуя технологию решения с применением функции прикладных программ, получаем следующие результаты:

$$\begin{aligned} x &= 3.999664234; & v &= 5015.113618; \\ y &= 2.998925819; & r &= -4.988711972; \\ r &= 4.988711972; & v &= -5015.113618. \end{aligned}$$

Отрицательные значения для v и r , получаемые при этом отбрасываем, как не имеющие физического смысла. Расчетные значения для координат источника (x, y) , его расстояния r до первого ПП и скорости v отличаются от действительных (табл. 1) менее чем на процент. В реальной ситуации (при обработке фактических данных) погрешности могут быть существенно выше вследствие наличия различных составляющих погрешностей, возникающих при измерении параметров T_i или t_i .

Для определения координат источника АЭ, в общем случае, необходимо минимум три пьезопреобразователя (ПП). Однако и при этом возникает неопределенность. Действительно, используя три ПП, можно построить две гиперболы, в фокусах которых расположены приемники. Пересечение гипербол дает положения источника (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что точек пересечения две: одна внутри «треугольников» приемников, другая — вне. Таким образом, при работе с тремя ПП возможно однозначное определение координат источника, если он находится внутри области расположения ПП.

Для устранения этой неоднозначности рассмотрим некоторые антенны специальной конфигурации (рис. 2), применяемые для решения плоских задач локации, характерных для тонкостенных объектов (трубопроводы, сосуды давления и др.).

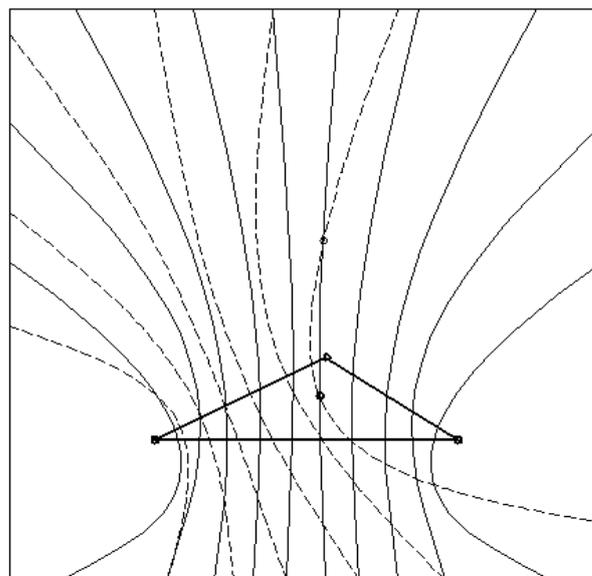


Рис. 1. Иллюстрация неоднозначности определения координат источника АЭ из трех приемников

Задача 1. Плоская задача: L — образная антенна из четырёх ПП (рис. 2, а).

Задача 2 — это задача 1, но 5 ПП (рис. 2, б).

Данные задачи можно использовать для акустической аттестации объекта по скорости распространения сигнала. На практике также достаточно часто применяются антенны ПП, имеющие определенную симметрию. Рассмотрим несколько таких антенн (2).

Задача 3. Плоская задача, антенна из трех ПП в виде равностороннего треугольника со стороной a (рис. 2, в).

Замечание: Составляющие уравнений измерений, в зависимости от расположения ПП могут меняться.

Задача 4. Плоская задача с антенной из четырех ПП в виде централизованного равностороннего треугольного со стороной a (рис 2, г).

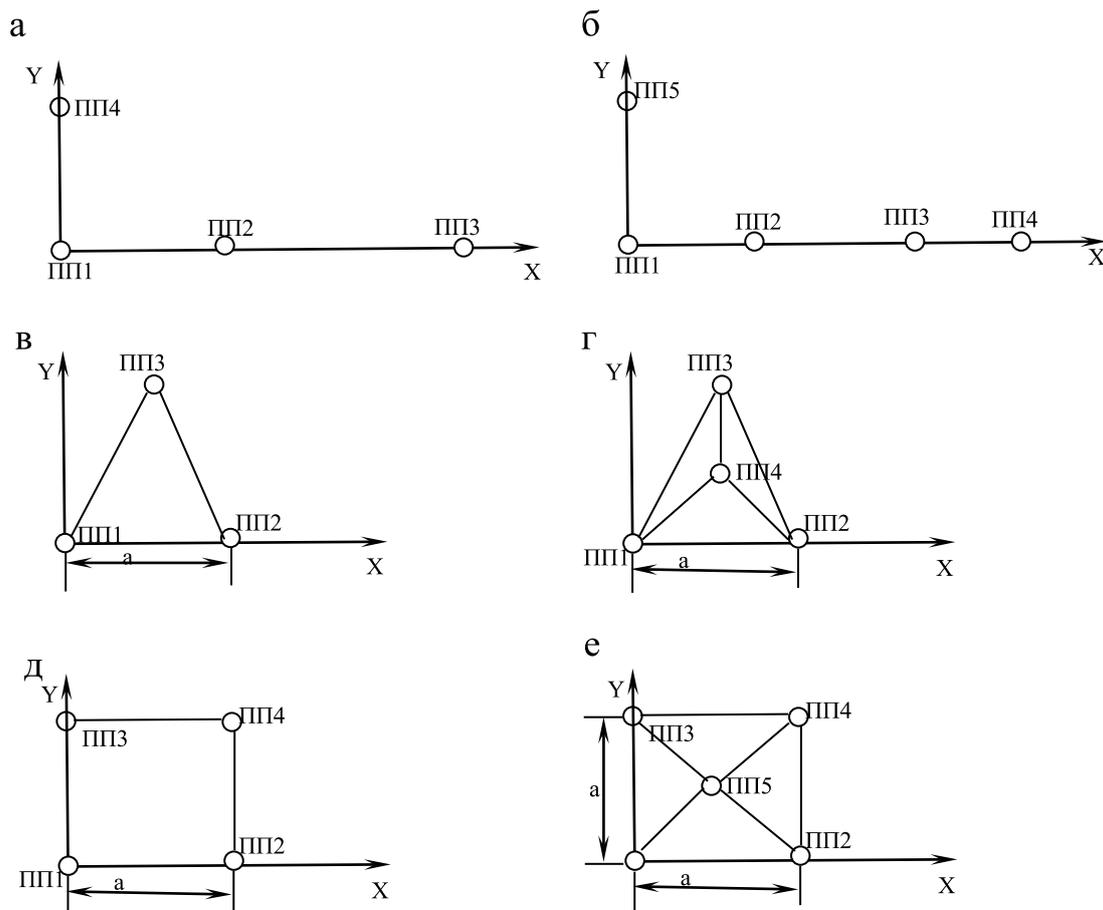


Рис 2. Схемы упорядоченных антенн

Задача 5. Плоская задача с антенной из четырех ПП в виде квадрата со стороной a (рис. 2 д).

Задача 6. Плоская задача с антенной из пяти ПП в виде центрированного квадрата со стороной a (рис. 2 е).

При решении выше предложенных задач в использовалась разработанная процедура **loc** — расчёт координат источников АЭ.

Синтаксис:

`loc2(M, k);`

Параметры:

M — матрица; k — рациональное число.

Описание:

Процедура «рассчитывает» координаты источников АЭ в плоской задаче для антенны из пяти произвольно расположенных преобразователей и так же определяет некоторые дополнительные параметры источников (см. ниже).

Матрица M должна иметь 11 столбцов, в которых располагаются:

- ◆ порядковые номера записей;
- ◆ задержки времени (5 столбцов);
- ◆ амплитуды сигналов (5 столбцов).

Параметр k задаёт коэффициент затухания сигналов (формат float).

Процедура «возвращает» матрицу с шестью столбцами:

- ◆ порядковый номер записи;
- ◆ координата x источника;
- ◆ координата y источника;
- ◆ дистанция r источника от первого ПП;
- ◆ скорость v распространения сигналов;
- ◆ энергия E источника сигнала.

Процедура применима только для плоских задач.

Рассматривая упорядоченные антенны, можно сделать вывод, что четырехточечная схема локации по сравнению с трехточечной дает повышенную помехо-

устойчивость, и при этом обеспечивает гибкое размещение ПП при контроле больших поверхностей сложных конфигураций.

На основании результатов рассмотренных примеров и задач, можно сделать следующие выводы. В ряде задач, в исходную (нелинейную) систему уравнений измерений ордината y источника АЭ в силу особенностей принятой локальной системы координат входит только в виде слагаемого y^2 . При этом неоднозначность вследствие изменения знака y исчезает. Для плоских задач с линейной антенной эта неоднозначность физически связана с возможностью существования двух источников АЭ, расположенных симметрично относительно оси X , т.е. с одинаковыми абсциссами x , но ординатами y противоположного знака. Выбор единственного решения в некоторых случаях возможен на основе физических соображений. Ликвидировать указанную двузначность также можно путем увеличения числа ПП в антенне с нарушением их симметричного расположения (задачи 4–6).

Линеаризация уравнений измерений приводит к устранению из них слагаемого y^2 и ликвидации указан-

ной двузначности. Однако при этом число уравнений уменьшается на единицу, поэтому для нахождения всех искомого неизвестных в исходной нелинейной системе (1) необходимо иметь одно избыточное уравнение сверх минимально необходимого их числа или знать значение скорости распространения сигнала v , предварительно определив ее путем акустической аттестации объекта контроля.

В линеаризованных системах уравнений измерений имеются члены, содержащие в виде сомножителей выражения r^1 , v и v^2 , для которых двузначность отсутствует (т.к. нет смысла в отрицательной скорости звука или отрицательном расстоянии).

Таким образом, линеаризация системы уравнений измерений позволяет во многих случаях найти аналитическое решение задачи локации (3). При отсутствии ошибок исходных данных погрешности локации не превышают 0,01%. Наличие аналитического решения позволяет рассчитать погрешности локации, связанные с неточностями измерения задержек времени и позиционирования ПП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дробот Ю. Б., Романова Е. Н. Сравнение двух методов локации источников акустической эмиссии // Контроль. Диагностика. 2005. — № 9. — С. 23–25.
2. Мурая Е. Н. Моделирование процессов распространения упругих волн в различных волноводах // Научный журнал. — 2016. — № 4(5) — С. 5–9.
3. Система акустической аттестации объектов контроля для проведения акустико-эмиссионной диагностики // Бюллетень научных сообщений № 21: сб. науч. тр. / ДВГУПС. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2016. — С. 77–81

© Мурая Елена Николаевна (elena_muray22@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ

THE ALGORITHM OF OPERATIONAL-TECHNICAL MANAGEMENT OF COMMUNICATION NETWORKS OF SPECIAL PURPOSE BASED ON DISCRETE EVENT MODELS

**E. Alisevich
O. Gadan
O. Gubskyay
I. Stakheev**

Summary. When considering modern systems of technical means of communication, there is a lot of coordination, as the technical basis, issues associated with managing the network as a whole. First, it is connected with questions of the uncertainty of the choice of technical equipment (technical equipment) functioning (operation), both stationary and field (mobile) communication nodes for special purposes. Modern telecommunications equipment is composed of the integrated monitoring system (control and management) functions under the rules of the conventional multilevel model TMN management that should be used in the formation of the algorithm of operational-technical management of communication networks of special purpose based on discrete event models.

Keywords: control system, monitoring system, telecommunication equipment, the algorithm of operational-technical management.

Алисевиц Евгения Александровна

*К.т.н., доцент, Военная академия связи
им. С. М. Буденного*

Жадан Олег Павлович

*Преподаватель, Военная академия связи
им. С. М. Буденного
gadan_op@mail.ru*

Губская Оксана Александровна

*Курсовой офицер-преподаватель, ФГКВ ОУ ВО
«Военный институт физической культуры», г. Санкт-
Петербург oksanochka23932393@mail.ru*

Стахеев Иван Геннадьевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»
kisasig@yandex.ru*

Аннотация. При рассмотрении современных комплексов технических средств связи, возникает множество не согласований, как в технической основе, так и в вопросах связанных с управлением сетью связи в целом. Прежде всего, это связано с вопросами неопределенности выбора технических средств (технического оборудования) функционирования (эксплуатации), как на стационарных, так и на полевых (подвижных) узлах связи специального назначения. Современное телекоммуникационное оборудование имеет в своем составе встроенную систему мониторинга (процедуры контроля и управления) функционирующую по правилам общепринятой многоуровневой модели управления TMN, которую целесообразно использовать при формировании алгоритма оперативно-технического управления сети связи специального назначения на основе дискретно-событийной модели.

Ключевые слова: система управления, система мониторинга, телекоммуникационное оборудование, алгоритм оперативно-технического управления.

Бурное развитие новых информационных и телекоммуникационных технологий и активное применение этих достижений в системах связи специального назначения позволило, путем внедрения новых высокоуровневых услуг, резко повысить эффективность функционирования системы управления сетью специального назначения [1].

Применение поступающих на вооружение современных комплексов технических средств связи и автоматизированных систем управления войсками специального назначения показало, что их массовое внедрение позволяет значительно сократить время, необходимое на принятие решения, подготовку и проведение операций связанных с выполнением задач по предназначению.

Сегодня любое современное техническое оборудование имеет в своем составе устройства контроля и управления (мониторинга) имеющую возможность функционирования в общепринятой многоуровневой модели управления *TMN*, которые функционируют по определенным правилам и требованиям [2].

Как известно многоуровневая модель управления *TMN*, в соответствии с рекомендациями международной организацией по стандартизации (ISO) состоит из 5 концептуальных областей:

1. Управление эффективностью;
2. Управление конфигурацией;
3. Управление учетом использования ресурсов;
4. Управление неисправностями;
5. Управление защитой данных.

Так как уровень управление неисправностями в сети является основным элементом предложенной модели, рассмотрим его подробнее.

Цель управления неисправностями — выявить, зафиксировать, уведомить пользователей и (в пределах возможного) автоматически устранить проблемы в сети с тем, чтобы эффективно поддерживать работу сети. Неисправности могут привести к простоям или недопустимой деградации сети, управление неисправностями, по всей вероятности, является наиболее широко используемым элементом модели управления сети *ISO*.

Управление неисправностями включает в себя следующие аспекты:

- ◆ определение симптомов проблемы;
- ◆ изолирование проблемы;
- ◆ устранение проблемы;
- ◆ проверка устранения неисправности на всех важных подсистемах;
- ◆ регистрация обнаружения проблемы и ее решения.

При рассмотрении состава телекоммуникационного оборудования любого типового узла связи, можно выделить наличие аппаратуры поддерживающих технологии транспортных сетей связи: *WDM, SDH, IP/TCP*, каждая из которых выполняет свои задачи, связанные с оперативно-техническим управлением на определенном уровне. Например, *WDM* — физический, *SDH* — канальный, *IP/TCP* — сетевой.

Исходя из требований предъявляемым к сетям связи специального назначения, данные сети должны быть готовы к любым воздействиям или к дестабилизирующим факторам. Соответственно, при воздействии на волоконно-оптическую систему передачи специального назначения (ВОСП СН), каждая система на своем уровне начнет восстанавливаться по своему определенному алгоритму и за отведенное ей, в зависимости от технических характеристик установленного на ВОСП СН оборудования, время.

Например, *WDM* — 10 с., *SDH* — 20 с., *IP/TCP* — 30 с., если уровень *WDM* восстановился первым за отведенное время, то остальные уровни не нужны и системы будут работать в штатном режиме, а если нет длительности восстановления будут одинаковы, допустим за одинаковое время, то уровни начнут восстанавливаться в противофазе друг против друга, что приведет к сбою в системе управления т.е. физически оборудования будут исправны, а система управления находясь в этих режимах не позволит нам функционировать в штатном режиме. Одним словом, мы будем иметь физическую составляющую к восстановлению системы, а цикл управле-

ния в системе не будет работать. Путь решения этой проблемы будет заключаться в сравнении длительностей восстановления элементов цикла управления, которые покажут нам эффективность управления в целом.

При рассмотрении особенностей каждого уровня целесообразно начинать с построения обобщенной модели, которую в дальнейшем можно будет конкретизировать по особенностям (параметрам) этих сетей. Для получения более ясной картины функционирования выполнения задач оперативно-технического управления целесообразно построить полный цикл управления системы. Это можно реализовать с помощью дискретно-событийной модели (ДСМ), которая позволит нам отобразить в полном объеме и с необходимыми параметрами весь цикл управления системы в целом.

Рассмотренные ранее основные вопросы, связанные с основными проблемами оперативно-технического управления сети связи специального назначения при использовании оборудования уровней *WDM, SDH, IP/TCP* показали, что необходимостью является углубленное рассмотрение цикла управления каждого из предложенного уровня [1].

Цикл управления (управленческий цикл) — это завершенная последовательность повторяющихся действий, направленных на достижение поставленных целей.

Управленческий цикл начинается с уяснения задачи или проблемы и заканчивается достижением определенного результата. После этого цикл управления повторяется. Частота его повторения определяется конкретным типом и природой управляемой системы. В социальных системах этот цикл повторяется непрерывно. Конечная цель управления системой может достигаться одним или несколькими циклами управления.

В характеристиках управленческого процесса используются также более узкие понятия:

- ◆ период, имеющий хронологическое значение;
- ◆ действия и операции — целостные и четко обособленные части процесса;
- ◆ процедура — определенная регламентированная последовательность осуществления процесса.

Алгоритм управления на основе дискретно-событийной модели можно представить в следующем виде:

1. Включение в режим функционирования;
2. Проверка функционирования встроенными средствами диагностики;
3. Наличие отсутствие отказов;
4. Проверка качества обслуживания QoS;
5. Соответствия требуемым QoS;

Таблица 1. Основные параметры уровней

Уровень WDM	Уровень SDH	Уровень IP/TCP
<p><u>Длина волны:</u> Стабильность λ; Диапазон EDFA 1530...1563 $\Delta\lambda$ и ширина полосы пропускания</p> <p><u>Мощность:</u> 4 волновое смещение Перекрытые помехи Рассеяние Рамана Усиление EDFA EDFA ASE Мощность лазера Затухание в волокне Потери в компонентах Эффект бриллюэна Модуляция лазера Нелинейность волокна RIN BER PDL</p> <p><u>Время:</u> PMD волокна Чирпирование волокна Нестабильность Скорость передачи Чирпирование лазера Хроматическая дисперсия Стабильность оптической частоты Фазовый шум λ-Зависимость PMD.</p>	<p><u>CV</u>-нарушения кода (количество нарушений контроля четности BIP-N в предыдущем кадре) EBER-эквивалентная двоичная частота ошибок (эквивалентная скорость, на которой клиент столкнется с ошибками как с соотношением. Например, 1 в 10^{EE-3}. ES-секунды с ошибками(по крайней мере, интервал одной секунды, во время которого произошла по крайней мере одна ошибка) SES-секунда с критическим числом ошибок (односекундный интервал, во время которого EBER превысил 1 в 10^{EE-3}). UAS-недоступные секунды (кол-во секунд, во время которого сигнал встревожен или испытание EBER, превышающего 1 в 10^{EE-3} в течение 10 секунд подряд).</p>	<p><u>IP-адрес IP-телефона</u> (идентифицирует IP-телефоны в сети. каждый IP-телефон должен иметь уникальный IP-адрес.) <u>Маска подсети</u> (определяет, какие цифры IP-адреса используются для определения адреса сетевого узла и адреса хоста в каждом местоположении сети. IP-адреса IP-телефонов и УАТС должны принадлежать той же подсети, что и адрес шлюза по умолчанию (например, маршрутизатора локальной сети). <u>Адрес шлюза по умолчанию</u> (определяет IP-адрес первичного шлюза (обычно таковым является маршрутизатор или другое аналогичное устройство), которое обменивается IP-пакетами с другими шлюзами в сети передачи речи через протокол IP) <u>IP-адрес УАТС</u> (идентифицирует УАТС в сети в течение сеансов VoIP-связи.) <u>Идентификатор VLAN</u> (определяет идентификатор логического сегмента в рамках корпоративной локальной сети, через который передаются речевые пакеты от IP-телефонов. <u>Время</u> передачи пакетов при обмене сетевых устройств</p>

Таблица 2. Основные параметры уровней системы управления

Уровень WDM	Уровень SDH	Уровень IP/TCP
<p>Длина волны (Стабильность λ; $\Delta\lambda$ — ширина полосы пропускания). Мощность ($P_{ш}$ - уровень шума, мощность лазера, затухание в волокне, потери в компонентах). Время (хроматическая дисперсия, фазовый шум).</p>	<p>ES-секунды с ошибками (по крайней мере, интервал одной секунды, во время которого произошла по крайней мере одна ошибка).</p>	<p>Время передачи пакетов при обмене сетевых устройств.</p>

6. Режим локализации отказа/QoS;
7. Обмен тестовыми сообщениями (сигналами) для выявления работоспособности элементов (сигнал AIS/AIS);
8. Реконфигурация структуры сети на исправных элементах;
9. Восстановление отказавших элементов;
10. Выход на заданный режим функционирования.

При формировании данного цикла управления на каждом уровне, целесообразно произвести выборку основных параметров для каждой системы. Основные параметры выбранных систем приведены в таблице 1.

Соответственно из предложенных параметров каждого уровня необходимо произвести выборку наиболее важных параметров, которые будут определять правильное функционирование системы. В таблице 2 показаны основные параметры уровней системы.

Из приведенного материала можно определить общий принцип функционирования обоснованного алгоритма управления для выбранной нами системы или уровня. В таблице 3 раскрыты основные задачи и действия каждого блока алгоритма управления.

Таким образом, реализация предложенного алгоритма оперативно-технического управления сети связи специаль-

Таблица 3. Описание функционирования алгоритма управления на основе дискретно-событийной модели

№ п/п	Состав основных элементов блок-схемы цикла управления	Описание действий
1	Включение в режим функционирования	Загружается специальное ПО, идентификация сетевых интерфейсов и т.д.
2	Проверка функционирования встроенными средствами диагностики	В каждом узле в каждом мультиплексоре, в каждом оборудовании есть свои встроенные средства диагностики, которые проверяют соответствие параметров, характеристик, требования оборудования на работоспособность.
3	Наличие отсутствие отказов.	Сравнение наличие отсутствие отказов. Если нет то дальше работаем по функции эксплуатации, если да то переходим в режим поиска неисправности (локализация отказов).
4	Проверка качества обслуживания QoS	Проверка качества QoS оценивания по времени задержки, ее вариации времени задержки и ее ошибки.
5	Соответствия требуемым QoS	Сравнения требуемых параметров если да то выходим на заданный режим и работаем если нет то на локализацию ошибок.
	Режим локализации отказа/QoS	Устранение или локализация отказов выполняется с помощью обмена тестовыми сообщениями либо сигналами для выявления работоспособных элементов.
6	сигнал AIS/AIS Обмен тестовыми сообщениями (сигналами) для выявления работоспособности элементов	Обмен сообщениями в виде тестовых сообщений: на уровне WDM видит или не видит прием или передачу из устройств передачу тестовых сообщений если не видит то появляется сигнал AIS (потеря сигнала); на канальном уровне Carri Ethernet сиси; на уровне IP устройств это значение интервала передачи пакетов. После обмена тестовыми сообщениями от тех, от которых мы получили, считаем работоспособными от тех, от которых не получили считаем не работоспособными.
7	Реконфигурация структуры сети на исправных элементах	Выполнение задачи и функций сети на оставшихся элементах сети. Поиск новой топологической, потоковой структуры, на которую траться много времени.
8	Восстановление отказавших элементов.	Возвращается на проверку функционирования на работоспособности.
9	Выход на заданный режим функционирования	Загружается специальное ПО, идентификация сетевых интерфейсов.

ного назначения на основе дискретно-событийной модели позволит: уменьшить время реакции системы оперативно-технического управления на представленных уровнях

модели открытых систем (физическом, канальном и сетевом), а также обеспечить выполнение основных аспектов управления неисправностями сети связи специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

- Кривцов С. П. Перспективы развития системы управления стационарным узлом связи, оснащённой новыми инфотелекоммуникационными средствами [Электронный ресурс]// Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. статей под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2016. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/5apino/apino2016.pdf>. С. 286–289.
- Жадан О. П., Стахеев И. Г., Штеренберг И. Г. Алгоритм формирования архитектуры системы технологического управления полевой транспортной сети связи специального назначения [Электронный ресурс]// Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. научн. ст. под. ред. С. М. Доценко, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2014. <https://www.sut.ru/doci/nauka/iiipino2014.pdf>. С. 808–811.

© Алисевич Евгения Александровна, Жадан Олег Павлович (gadan_op@mail.ru),

Губская Оксана Александровна (oksanochka23932393@mail.ru), Стахеев Иван Геннадьевич (kisasig@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

EMATMM: ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАФИКА ДЛЯ МЕХАНИЗМА МУЛЬТИ-ОПРОСА В ВЫСОКОПЛОТНЫХ WLAN

EMATMM: EFFECTIVE METHOD TO ASSIGN TXOP FOR MULTIPOLLING MECHANISM IN HIGH-DENSITY WLAN

T. Le
O. Simonina

Summary. An effective method to assign TXOP for the multipolling mechanism (EMATMM) in high-density WLAN is proposed by changing the TXOP and SI values in IEEE802.11e. In the method, the TXOP values are assigned based on Queue Size (QS) values in the QoS frames to send to the access point the actual resource requirement. At the same time, it was possible to overcome the limitations that were proposed in other methods based on estimating the number of incoming packets. If EMATMM is used, the multipolling mechanism can provide QoS support for both the CBR and VBR traffics.

Keywords: WLAN, QoS, 802.11e, scheduling method, multipolling.

Ле Чан Дык

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф.

М. А. Бонч-Бруевича

letranduc.telecom@gmail.com

Симонина Ольга Александровна

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

simonina@bk.ru

Аннотация. Предлагается эффективный метод планирования трафика для механизма мультиопроса в высокоплотных WLAN путем изменения TXOP и SI значений в IEEE802.11e (EMATMM). В методе значения TXOP назначаются исходя из значений поля размера очереди (Queue Size — QS) в QoS-кадрах для передачи точке доступа данных о фактической потребности в ресурсах. При этом удалось преодолеть ограничения, которые были предложены в методах, основанных на оценке количества поступающих пакетов. В случае использования EMATMM механизм мультиопроса может обеспечить поддержку QoS как для трафика CBR, так и VBR.

Ключевые слова: WLAN, QoS, 802.11e, метод планирования, мульти-опрос

1. Введение

На сегодняшний день стандарт *IEEE802.11* [1] считается доминирующей технологией для беспроводных локальных сетей (*WLANs*). Однако одним из основных недостатков оригинального 802.11 для эффективной поддержки мультимедийного трафика является отсутствие повышения обеспечения качества обслуживания (*QoS*) на уровне управления доступом к среде (*MAC*). Для устранения этих недостатков и соответствии бизнес-требованиям для мультимедиа услуг в *WLAN*, *IEEE* предложила ряд поправок *QoS*-ориентированных спецификаций, упоминаемых как *IEEE802.11e* [2], которые улучшают существующий протокол *MAC* и облегчают предоставление *QoS* мультимедиа.

В *IEEE802.11e* используются режим на основе конкуренции *EDCA* (*Enhanced Distributed Coordination Access*) и режим на основе опроса *HCCA* (*HCF Controlled Channel Access*) для обеспечения расширенного *QoS*-доступа к беспроводной среде. Основной концепцией в *802.11e* предусмотрено *TXOP* (*Transmission Opportunity*) — значение, которое определяется как интервал времени, когда станция (*STA*) получает разрешение для передачи по общему беспроводному каналу. *TXOP* характеризуется временем запуска и максимальной продолжительностью. Значения

TXOP определяются посредством конкуренции в режиме *EDCA* или предоставляются точкой доступа в режиме *HCCA*. Эти значения *TXOP* должны удовлетворять согласованным характеристикам трафика и *QoS* всех потоков трафика (*TS* — *Traffic Stream*). Эти характеристики выражаются параметрами *TSPEC* (*Traffic Specification*) [1]:

- ◆ максимально допустимая задержка (*Delay Bound* — $D, \mu s$);
- ◆ номинальный размер *MSDU* (*Nominal MSDU size* — $L_{payload} (L), octet$);
- ◆ максимальный размер *MSDU* (*Maximum MSDU size* — $M, octet$);
- ◆ минимальная физическая скорость (*Minimum Physical Rate* — $R, bits\ per\ second$);
- ◆ средняя скорость передачи данных (*Mean data rate* — $\rho, bits\ per\ second$);
- ◆ максимальный размер пачки (*Maximum Burst Size* — $MBS, octet$);
- ◆ минимальный интервал обслуживания (*Minimum Service Interval* — $mSI, \mu s$): минимальное время между началом последовательных *TXOP*, выделенных станции. Учитывая интервал обслуживания для каждого *TSPEC* (рассчитываемого как $TSPEC = L/\rho$), *MSI* равен наименьшему интервалу обслуживания для любого *TSPEC*, принадлежащего этой станции;

Таблица 1. HCCA методы планирования: переменные TXOP и SI

Метод	TXOP	SI	Метод	TXOP	SI
FHCF [8]	x		Ju2013 [15]	x	
FBDS [9]	x		Hayajneh2014 [16]	x	x
ETA-EQN [10]	x	x	Saheb2012 [17]	x	x
SETT-EDD [5]	x		WCBS [18]	x	x
Overboost [11]	x		Larcheri2006 [19]	x	
Al-Maqri2013 [12]	x		LoCigno2007 [20]	x	
RTH [13]		x	UTSS [21]	x	
ARROW [4]	x	x	DTH [22]	x	
Inanc2006 [14]	x	x	Fan2005 [23]		x

- ♦ максимальный интервал обслуживания (*Maximum Service Interval — MSI, μs*): максимальное время между началом последовательных TXOP, назначенных станции. Хотя никаких конкретных рекомендаций для вычисления MSI не предусмотрено, существует верхний предел [5], позволяющий MSDU, генерируемым сразу после назначения TXOP, быть передан в следующей TXOP:

$$MSI_i \leq D_i - MTD_i, \quad (1)$$

где D_i определяется как минимальное значение границы задержки для всех TSs станции STA_i . Этот верхний предел гарантирует, что последовательные значения TXOP будут назначены достаточно близко, чтобы сохранить ограничения задержки [5];

- ♦ минимальная продолжительность TXOP (*Minimum TXOP duration — mTD*): минимальная длительность TXOP, которая может быть назначена STA_i и равна максимальному времени, необходимому для передачи пакета максимального размера для любого TS станции STA_i . Таким образом, mTD_i станции STA_i рассчитывается как:

$$mTD_i = \max\left(\frac{M_{ij}}{R_{ij}}\right), j \in [1, n_j], \quad (2)$$

где n_i — количество активных TS для каждой STA_i , M_{ij} и R_{ij} — максимальный размер MSDU и минимальная физическая скорость для TS_{ij} соответственно;

- ♦ максимальная продолжительность TXOP (*Maximum TXOP duration — MTD*): максимальная длительность TXOP, которая может быть назначена STA_i . Она должна быть меньше или равна времени передачи для совокупного максимального размера пачки (*AMBS — Aggregate Maximum Burst Size*) станции STA_i . AMBS является суммой максимальных размеров пачки

(MBS) всех TS STA_i . Таким образом, для STA_i выполняется:

$$AMBS_i = \sum_{j=1}^{n_i} MBS_{ij}, \quad (3)$$

$$MTD_i \leq \frac{AMBS_i}{R_i}, \quad R_i = \min(R_{ij}), j \in [1, n_i]. \quad (4)$$

Очевидно, что HCCA требует метод планирования для управления порядком передачи кадров, TXOP и SI, поэтому в стандарте IEEE802.11e предлагается простой планировщик.

Простой планировщик удовлетворяет минимальным требованиям к сервисам и хорошо работает для трафика с постоянной скоростью передачи (*CBR — Constant Bit Rate*). Однако для трафика с переменной скоростью передачи (*VBR — Variable Bit Rate*) задержка может увеличиться, и справедливость распределения ресурсов не может быть достигнута, поскольку метод использует простой механизм циклического опроса и только фиксированные значения TXOP, SI [4]. Кроме того, при расчете TXOP не принимаются во внимание пакеты, которые поступают между двумя последовательными TXOP одного потока трафика [6]. Таким образом, для обеспечения VBR-трафика необходима разработка новых решений расчета TXOP.

2. Связанные работы

В недавних исследованиях для решения проблемы обслуживания трафика VBR авторы предложили три подхода: изменить TXOP, изменить SI и изменить оба SI, TXOP в соответствии с характеристиками VBR трафика. В работе [7] A. L. Ruscilli и др. сделали обзор этих исследований (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что большинство решений сосредоточены на изменении продолжительности TXOP, но некоторые имеют возможность использовать переменный SI. Приведем анализ базовых методов, определивших дальнейшие исследования.

В работе [5] авторы предложили метод планирования, позволяющий *HC* опросить каждую *STA* с переменными интервалами, назначая переменную длину значению *TXOP*. Метод называется *SETT-EDD* (*Estimated Transmission Times — Earliest Due Date*), указывающий, что присвоение *TXOP* основано на политике «*Earliest-Deadline-First*» для уменьшения задержки передачи и потери пакетов из-за истечения срока действия. *SETT-EDD* является гибким и динамическим планировщиком, но ему не хватает эффективного механизма для вычисления точной требуемой длительности *TXOP* для каждой передачи станции *STA*. Длительность *TXOP* рассчитывается на основе оценок, полученных из средней скорости передачи данных каждого потока трафика и временного интервала между двумя последовательными передачами. Этот метод может быть очень неэффективным для пульсирующего трафика.

Основная идея метода *FHCF* (*Fair Hybrid Coordination Function*) в [8], состоит в том, чтобы планировать *TXOP* так же, как и в случае с простым планировщиком, но посредством оценки длины очереди для настройки распределения времени. Цель *FHCF* — минимизировать задержки очередей, вычисляя точную длительность *TXOP*, необходимую для освобождения очереди передачи потока трафика. *FHCF* расширяет функциональность и возможность простого планировщика, но он основан на оценках и требует значительного количества информации о состоянии.

Для решения проблемы сметных требований в [4] предложен планировщик, называемый *ARROW* (*Adaptive Resource Reservation Over WLANs*). *ARROW* использует поле размера очереди (*Queue Size — QS*) в *QoS*-кадрах данных [2] для сбора требований от станций в реальном времени. *QoS*-кадры данных предлагаются в *802.11e* и включают специальные поля, такие как размер очереди или поле *QoS*-управления (*QoS Control*), которые обеспечивают средства для обеспечения *QoS* для каждого потока трафика. Поле размера очереди может использоваться станцией для указания количества буферизованного трафика для своих потоков трафика, то есть требований к передаче. Назначение *TXOP* выполняется на основе политики «*Earliest-Deadline-First*», чтобы сохранить ограничения задержки.

3. Механизм мультиопроса для WLAN сети с многими APs

В работе [3] предложено решение проблемы мультиопроса для *WLAN* сети с многими точками доступа с целью уменьшения расхода опроса и задержку, вызванную интерференцией в сети. Хотя при использовании этого механизма расход опроса, задержка, количество

отброшенных пакетов значительно снижаются, но пропускная способность сети используется неоптимально. Причина заключается в том, что не было предложено подходящего решения назначения *TXOP*, что приводит к снижению использования пропускной способности. Метод *EMATMM* (*Effective Method to Assign TXOP for Multipolling Mechanism*) является дополнением механизма мультиопроса [3], поэтому необходимо кратко изложить его суть.

В этом механизме реализованы два последовательных и взаимных процесса: *DCF_out* и *PCF_in*. Процесс *DCF_out* — это процесс, в котором точки доступа с тем же каналом, и влияют друг на друга, будут конкурировать друг с другом на основе списка опроса. Этот список опроса создается *PLU*-кадром (*Polling List Update*) и *PLUR*-кадрами (*Polling List Update Response*) в *PLU*-процессе предыдущего *PCF_in* периода. В этом списке есть четыре группы приоритета m ($m = 1, 2, 3, 4$). Весь трафик разделен на эти группы, и каждому типу сопоставлены значения задержки. В предлагаемом механизме конкуренция происходит между точками доступа, а не между станциями. После конкуренции одна точка доступа получит право управления средой и начнет процесс *downlink*-передачи. После окончания *downlink*-передачи, воспользовавшись тем, что данная точка доступа контролирует окружающую среду в текущий момент, она будет продолжать осуществлять процесс *PCF_in*.

PCF_in — это процесс, в котором точка доступа в случае необходимости будет выполнять процесс *PLU* для обновления списка опроса для *DCF_out* нового периода и использовать *MPP*-кадр в *MPP*-периоде (*Multipolling Period*), чтобы опросить все *STA* (k станций), принадлежащие текущей приоритетной группе m . После *PCF_in* снова выполняется *DCF_out*, и так далее. Для использования в *EMATMM*, предлагается несколько изменений в формате *PLUR*-кадра (рис. 1), который используется для обновления информации, необходимой для правильного назначения *TXOP* и *SI* точкой доступа. Кроме того, мы будем использовать кадр *ACK-G*, который определяется в [3] как *BlockACK* [1], чтобы уменьшить расходы подтверждения.

4. EMATMM

Новизна метода *EMATMM* заключается в распределении доступной пропускной способности на основе фактического количества данных, ожидающих передачу в каждой *STA* в списке опроса. Этот метод был разработан на основе подхода *ARROW* [4], но он не только может преодолеть ограничения предыдущих предложений, выполняющих распределение доступной пропускной способности на основе оценки буферизованных данных в каждой *STA*, но и снизить нежелательные задержки

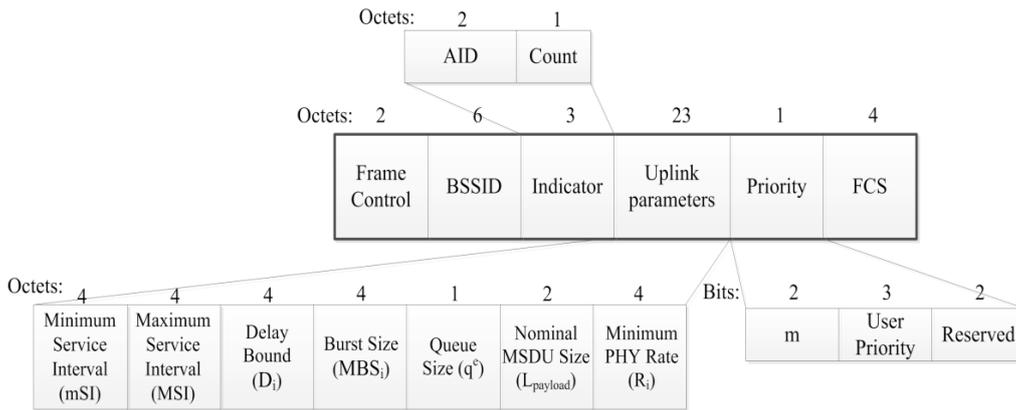


Рис. 1. Формат *PLUR* для *EMATMM*

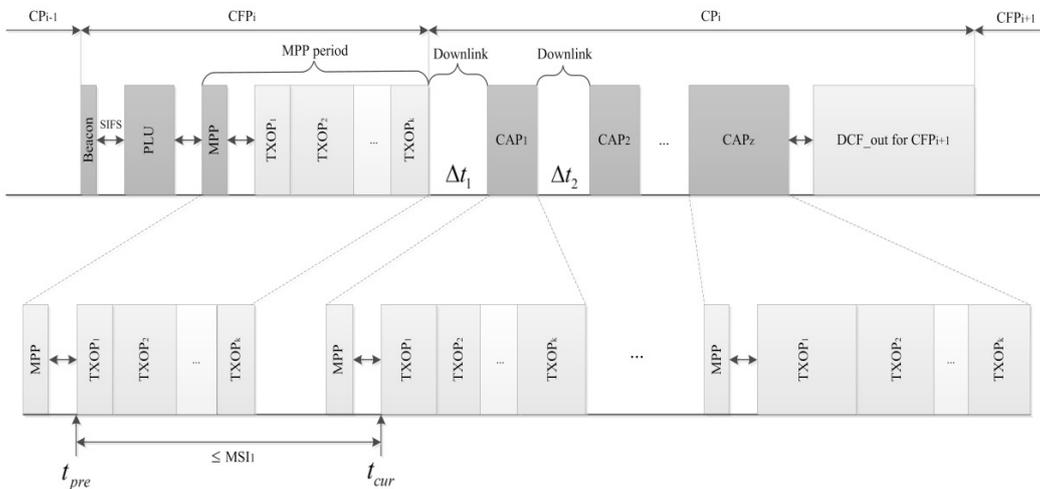


Рис. 2. Обобщенная временная диаграмма работы *EMATMM*

из-за размера очереди. Также предлагается контроль допуска (*admission control*) для обеспечения точности, надежности и стабильности *WLAN* сети.

Предположим, что у каждой *STA* в каждом периоде только один *TS* — поток трафика. После окончания процесса *DCF_outi-1* начнется процесс *PCF_ini*. В зависимости от каждого конкретного случая, может понадобиться обновить список опроса *PLU*-периодом. Затем для опроса *AP* будет отправлять *MPP*-кадр всем *STAs* в списке опроса текущей группы *m*. Количество опрошенных станций зависит от оставшегося времени *CFP*-длительности и рассчитывается в разделе *d*.

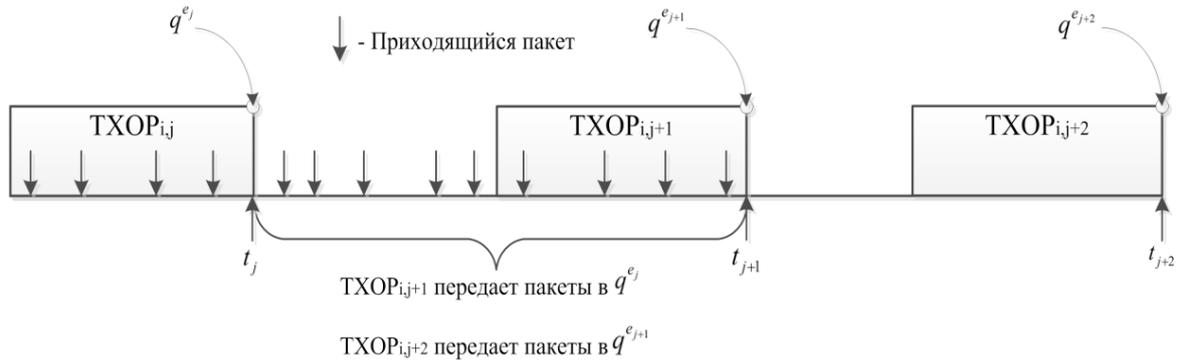
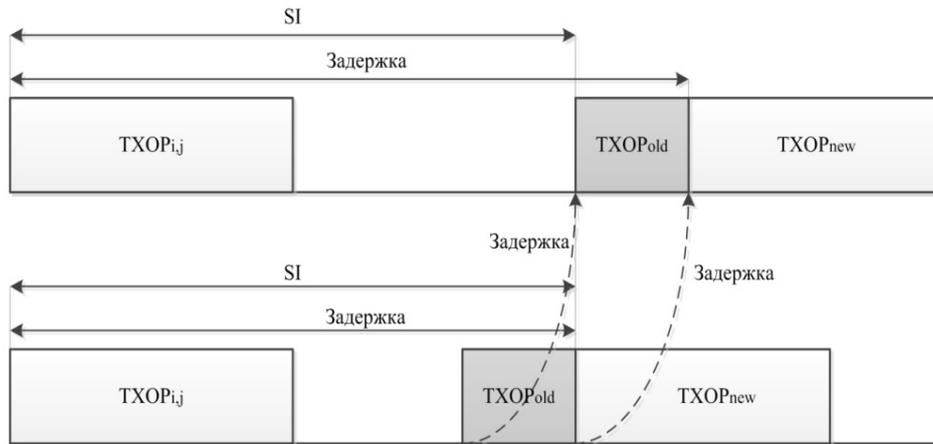
Пусть все станции *k* текущей группы *m* будут выполнять передачу данных (рис. 2). После передачи от последней станции *AP* закончит текущий *CFP* и перейдет на *CP*-период. В *CP*-периоде *CAP* (*Controlled Access Phase*) [1] будут использоваться для передачи новых приходящих пакетов. В каждой *CAP* может быть один

MPP-кадр. Следует отметить, что *MPP*-кадр может измениться в зависимости от количества опрашиваемых *STA* [3].

Поскольку опрос *STA* должен соответствовать требованиям *mSI* и *MSI*, чтобы не вызвать конфликт между станциями и обеспечить задержку передачи не больше предельной, между *CAP* задаются «окна» Δt (рис. 2). Использование Δt для *downlink*-передачи позволяет сократить задержку из-за ожидания после *downlink*-передачи предыдущего *CP*-периода. Значения Δt и доступное количество *CAP* рассчитываются ниже.

а. Метод назначения *TXOP* в *EMATMM*

Целью метода является назначение необходимых значений *TXOP* в соответствии с фактическими требованиями несмотря на временные зависимости трафика. Сначала *TXOP_{i,j}* будет использоваться для передачи пакетов, информация которых была сообщена точке досту-

Рис. 3. Назначение $TXOP$ Рис. 4. Изменение mSI для $EMATMM$

па в PLU (рис. 3). Затем, в момент времени t_j информация о размере очереди q^{e_j} будет уведомлена точке доступа с помощью QS поля. Эта информация указывает количество новых пакетов в течение $TXOP_{i,j}$ и количество пакетов, которые не были переданы успешно в $TXOP_{i,j}$. Затем, AP будет рассчитывать и назначать $TXOP_{i,j+1}$ станции STA_i для передачи пакетов в q^{e_j} . В момент t_{j+1} информация в $q^{e_{j+1}}$ указывает количество новых пакетов, приходящих в течение интервала $[t_j, t_{j+1}]$ и количество пакетов, которые не были переданы успешно в $TXOP_{i,j+1}$. AP тогда будет рассчитывать и назначать $TXOP_{i,j+2}$ станции STA_i для передачи пакеты в $q^{e_{j+1}}$ и так далее. $TXOPs$ значения рассчитываются по следующей формуле:

$$TXOP = \frac{L_{payload} \times q^e}{R_i} + O \quad (5)$$

Таким образом, предлагаемый метод позволяет получить точную информацию об изменяющихся во времени свойствах каждого TS и способен соответствующим образом адаптировать длительность $TXOP$. Это является существенным моментом, особенно в случае пульсирующего и VBR -трафика, когда требования к передаче имеют большие временные вариации.

в. Метод назначения SI

В соответствии с вышеуказанным методом, пакеты, которые не были успешно переданы в предыдущем $TXOP$ (обозначим как $TXOP_{i,j}$), будут переданы в текущей $TXOP$ (обозначим как $TXOP_{i,j+1}$). Однако это приведет к увеличению задержки данных, приходящих в предыдущем SI -интервале (рис. 4). Это связано с тем, что mSI , в котором STA имеет право передавать, является фиксированным. Однако, как видно на рисунке 4, если mSI уменьшается настолько, насколько и значение $TXOP_{old}$, необходимое для передачи ранее поставленных в очередь пакетов, то можно избежать задержки путем изменения времени начала mSI . С применением результата исследования [24] рассчитаем новый mSI :

$$mSI_i^{new} = mSI_i - TXOP_{old} \quad (6)$$

где $TXOP_{i,j+1} = TXOP_{old} + TXOP_{new}$; $TXOP_{old} - TXOP$ для пакетов, которые не были переданы успешно в $TXOP_{i,j}$; $TXOP_{new} - TXOP$ для новых пакетов.

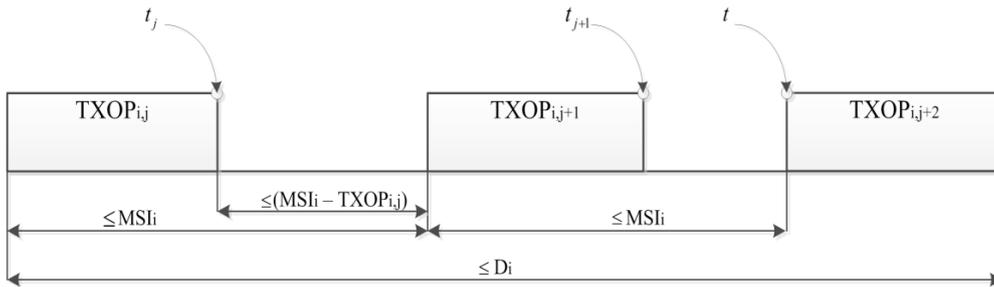


Рис. 5. Обеспечение *Delay Bound* в EMATMM

с. Обеспечение максимально допустимой задержки

Как видно из рисунка 5, для каждой STA_i данные, поступающие в интервале $[t_j, t_{j+1}]$, могут передаваться не ранее $TXOP_{i,j+2}$ начиная с t . Поэтому, чтобы не превышать верхнюю границу задержки $MSDU_s$ пакетов (*Delay Bound*), рассмотрим наихудший случай, когда интервалы обслуживания равны MSI_i и $TXOP_{i,j+2}$ равна MTD_i .

Тогда:

$$(MSI_i - TXOP_{i,j}) + MSI_i \leq D_i - MTD_i, \quad (7)$$

следовательно,

$$MSI_i \leq \frac{D_i + TXOP_{i,j} - MTD_i}{2}. \quad (8)$$

Следует отметить, что $TXOP_{i,j}$ здесь является первой $TXOP$ в MPP периоде.

Если планировщик должен учитывать возможную повторную передачу (скажем, r раз, $r = 0, 1, 2, 3 \dots$), то соотношение (8) можно выразить как:

$$MSI_i \leq \frac{D_i + TXOP_{i,j} - MTD_i}{2+r}. \quad (9)$$

Вышеприведенные уравнения показывают, что MSI_s , используемые в предлагаемом методе, должны быть менее MSI_i простого планировщика (1). Следствие из этого: предлагаемый метод должен планировать $TXOPs$ ближе друг к другу по сравнению с такими планировщиками, как простой и *SETT-EDD*. Это приводит к увеличению количества $TXOPs$, которые должны быть назначены для размещения одинакового объема трафика, что приводит к увеличению расхода. Однако за счет использования механизма мультипроса и *BlockACK* негативный эффект будет значительно уменьшаться.

Кроме того, в соответствии с *SETT-EDD* механизмом STA_i должна быть опрошена без нарушения mSI , что означает:

$$t_i + mSI_i^{new} \leq t \quad (10)$$

где t_i — время последнего раза опроса станции STA_i ; t — время текущего опроса станции STA_i .

Таким образом, следующее отношение должно быть сохранено для обеспечения максимально допустимой задержки:

$$t_i + mSI_i^{new} \leq t \leq t_i + MSI_i \leq t_i + \frac{D_i + TXOP_{i,j} - MTD_i}{2+r}. \quad (11)$$

d. Контроль допуска

Для MPP -периода в CFP . Количество опрошенных $STAs$ в MPP -периоде в CFP зависит от количества оставшегося времени после завершения необходимых процессов. Пусть v — количество опрошенных $STAs$ в CFP , тогда следующие связи должны быть сохранены:

Условие 1 — при существовании PLU процесса:

$$T_{MPP} + SIFS + \sum_i TXOP_i \leq T_{CFP} - (T_{beacon_frame} + T_{PLU} + 2SIFS) \quad (12)$$

Условие 2 — при отсутствии PLU процесса:

$$T_{MPP} + SIFS + \sum_i TXOP_i \leq T_{CFP} - (T_{beacon_frame} + SIFS), \quad (13)$$

где T_{MPP} — время для передачи MPP кадра; T_{PLU} — время для выполнения PLU процесса; T_{CFP} — длительность CFP ; T_{beacon_frame} — время для передачи кадр маяка.

Для MPP -периода в CP . Из-за ограниченной длительности CP , которая определяется соотношением с длительностью *Beacon* и длительностью CFP :

$$T_{beacon} = T_{CFP} + T_{CP}$$

где T_{beacon} — длительность *Beacon*; T_{CP} — длительность *CP*, необходим контроль допуска для *CP* для обеспечения правильной работы планировщика.

Поскольку основной задачей *CP*-периода в механизме мультиопроса в [3] является выполнение *DCF_out* для обеспечения конкуренции с другими точками доступа в сети, время выполнения *DCF_out* должно быть гарантировано. При этом *downlink*-передача сразу после *DCF_out* будет рассчитываться в зависимости от остаточной продолжительности.

Время, необходимое для обеспечения конкуренции точки доступа (при следующей *m*-группе) рассчитывается следующим образом:

$$\min_{DCF_out} = m_{next} + \max_{backoff} \quad (14)$$

где m_{next} — время ожидания, соответствующее значению следующей *m*-группы приоритета в списке опроса, рассчитанное как значение *ODIFS(m)* в [3, 25]:

$$ODIFS(m) = m_{min} \times slot_time; \quad (15)$$

$\max_{backoff}$ — максимальное время обратного отсчета (*backoff_time*), которое рассчитывается в соответствии с m_{next} :

$$\begin{aligned} Backoff_Time(k) &= \\ &= Random() \times slot_time \end{aligned} \quad (16)$$

Следует отметить, что формулы (15) и (16) получены в [25] и представленные ниже результаты непосредственно связаны с ними.

Пусть заранее известно значение q — количество значений *Random()* в $[x, y]$ и P_n — вероятность того, что n точек доступа *APs* (имеют одно и то же m) выбирают одно и то же значение *Random()* в $[x, y]$. Эти значения определяются в зависимости от конкретной сети, чтобы поддержать *QoS*. В этой статье примем $q = 32$ и $P_n = 10^{-3}$. Допустим, *AP* знает номер следующей *m*-группы и количество станций в ней, т.е. значение k [25].

Исходя из двух приведенных выше фактов, *AP* легко рассчитает наибольшее возможное значение *Backoff_Time(k)* или $\max_{backoff}$, следовательно, \min_{DCF_out} по формуле (14).

Таким образом, в *CP*-периоде оставшееся время, которое планировщик может использовать для выполнения таких действий как *downlink*-передачи в «окнах», *CAPs* для значений *TXOP*, расходов (*SIFS*, *ACK*)

и *downlink*-передачи после *DCF_out* процесса, вычисляется по следующей формуле:

$$T_{rem} = T_{CP} - \min_{DCF_out}. \quad (17)$$

Для *CAP*. Другой контроль допуска заключается в том, что *CAP* также имеет ограниченную продолжительность, которая определяется как *dot11CAPmax* [1]. Таким образом, количество *TXOPs*, присвоенных станциям *STAs* в каждом *CAP*, должно быть связано следующим соотношением:

$$\begin{aligned} T_{MPP} + SIFS + \sum_{i=1}^p TXOP_i &\leq \\ &\leq dot11CAPmax, \end{aligned} \quad (18)$$

где p — максимальное количество станций в *CAP*, которым будут назначены *TXOP*. *TXOPs*, которые не были переданы в данном *CAP*, будут переданы в следующем периоде с более высоким приоритетом.

Таким образом, если:

$$T_{used} = \sum \Delta t_i + \sum CAP + SIFS, \quad (19)$$

то, чтобы *CP* произошел правильно, *AP* следует поддерживать:

$$T_{used} \leq T_{rem}, \quad (20)$$

и $\Delta T = T_{rem} - T_{used}$ — это продолжительность для *downlink*-передачи после *DCF_out* процесса.

5. Оценка предложенного метода

Мы оцениваем эффективность предложенного механизма мультиопроса и метода *EMATMM* с точки зрения задержки, количества попыток повторной передачи и пропускной способности. Параметр задержка выбран, потому что показывает преимущество приоритизации в предложенном механизме мультиопроса. Количество попыток повторной передачи выбрано, чтобы доказать, что предложенный механизм мультиопроса может уменьшить проблемы коллизии и решить проблемы скрытого узла. Пропускная способность используется для оценки преимуществ метода *EMATMM* по сравнению с вариантом метода назначения *TXOP*.

Моделирование было выполнено с помощью пакета моделирования *OPNET 14.5* [26]. Было создано 4 сценария с 2, 3, 5, 8 точками доступа соответственно. К каждой точке доступа подключено 4 *STAs*. Пять разных приложений были сконфигурированы с помощью *Application config* и *Profile config* моделей: *Voice (IP telephone, PCM Quality Speech)*, *Video (Video Conferencing with high*

Таблица 2. Общие параметры для моделирования

Параметр	Значение
Интервал маяка	500 мс
Единица времени (<i>TU</i>)	1024 мкс
CFP	90 <i>TU</i>
dot11CAPmax	8000 мкс
R_i	54 Мб/с
SIFS	10 мкс
MSDU _{max}	2304 байта
Канал	1
Версия 802.11	g
Seed	Случайно (128, 150, 256, 500...)

Таблица 3. Пример конфигурации сети (2 *APs*, 8 *STAs*)

STA1	STA2	STA3	STA4	STA5	STA6	STA7	STA8
vo1	vo2	h1	e1	vo3	vi1	h2	f1
132	115	442	223	137	100	328	489
e2	vi2	vo4	vi3	vi4	vo5	vo6	vo7
236	118	129	121	107	126	105	101
vo8	e3	f2	f3	f4	f5	e4	h3
133	207	468	495	482	491	212	392

resolution, *VCR quality video*), *HTTP (Heavy browsing, Image browsing)*, *FTP (Heavy and medium load)*, *Email (Heavy and medium load)* с разными параметрами, которые были заданы случайным образом. Каналы устройств перекрываются.

Мы установили, что каждая *STA* всегда имеет трафик для передачи, а количество процессов обновления списка опроса равно 3 — это означает, что список опроса будет обновляться 3 раза. Следует отметить, что, поскольку интерес исследования лежит в области сравнения предложенного механизма со сценариями, в которых предложенный механизм не используется, то для отображения результатов моделирования представлены нормализованные графики.

В таблице 2 представлено несколько общих параметров моделирования. В таблице 3 приведен пример конфигурации сети для случая 2 *APs* и 8 *STAs* (в том числе типа приложения, время начала (сек) в профиле приложения. Эти значения были выбраны случайно) и приняты следующие обозначения: число — случайная длительность приложения; тип приложения: *vo* — *voice*, *vi* — *video*, *h* — *HTTP*, *f* — *FTP*, *e* — *Email*. Цифра после символа дифференцирует профиль данного приложения в каждом сценарии и указывает порядок соответствующей *STA* по сравнению с другой *STA*, использующей такое же приложение.

На рисунках 6, 7 и 8 представлены результаты моделирования. Механизм мультиопроса хорошо обеспечивает качество обслуживания в сети с многими точками доступа с точки зрения задержки, количества попыток повторной передачи. Однако, если мы не используем метод *EMATMM* для назначения *SI* и *TXOP*, пропускная способность уменьшается. Это объясняется тем, что постоянные значения *TXOP* не соответствуют параметрам пользовательского трафика, что приводит к бесполезной трате пропускной способности. При использовании метода *EMATMM* значения *TXOP* рассчитываются точно, поэтому пропускная способность сети увеличивается.

ВЫВОД

В статье предложен метод *EMATMM*, который планирует трафик для механизма мультиопроса с изменением значений *TXOP* и *SI*. Этот метод использует поле размера очереди (*Queue Size* — *QS*) в *QoS* кадрах данных, чтобы сообщить фактическую потребность точке доступа. При этом можно преодолеть ограничения, которые были предложены в методах, основанных на оценке количества поступающих пакетов, таких как *ARROW*. Введено изменение значение *mSI* для уменьшения задержки пакетов, которые не были переданы успешно в предыдущем периоде, также переопределяется *MSI*. Это позволяет обеспечить эффективную передачу не только трафика *CBR*, но и *VBR*. При этом средняя пропускная способность улучшена на 15% и 30%

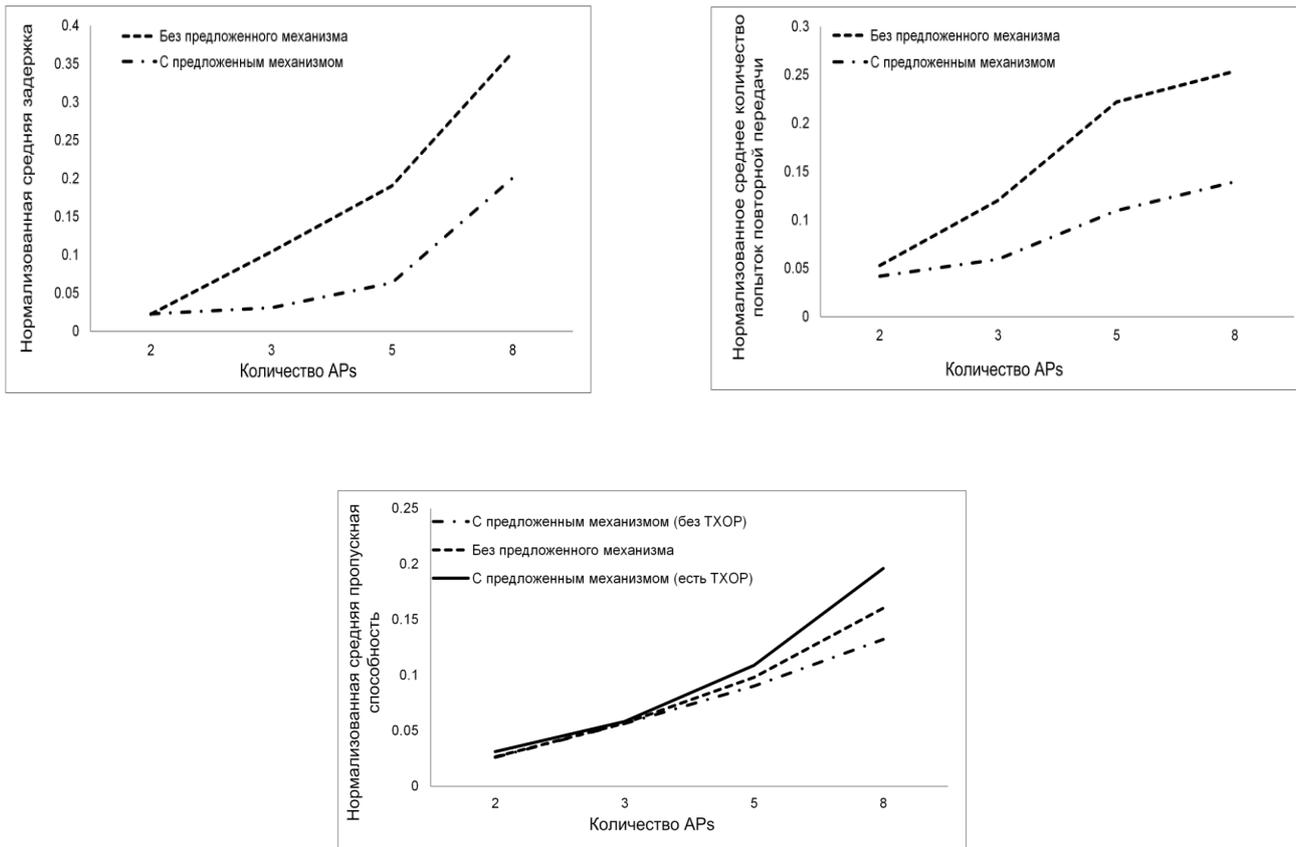


Рис. 8. Нормализованная средняя пропускная способность

по сравнению со случаем без предложенного механизма мульти-опроса и со случаем с предложенным механизмом мульти-опроса (без *TXOP*) соответственно. Таким

образом, поддержка *QoS* для *WLAN* сети с многими точками доступа реализована эффективней, чем в ранее предложенных механизмах.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Std 802.11™-2012. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications., 2012.
2. IEEE Std 802.11e/D13.0, «Draft supplement to standard for telecommunications and information exchange between systems-LAN/MAN specific requirements. Part 11: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium access control (MAC) enhancements for quality of service (QoS),» Apr. 2005.
3. Ле Ч. Д. Механизм мультиопроса в высокоплотных сетях IEEE802.11 / Ле Ч. Д., Симонина О. А. // Технологии и средства связи. 2017. — № 1. — с. 39–41.
4. Skyrianoglou D. ARROW: an efficient traffic scheduling algorithm for IEEE802.11 e HCCA / Skyrianoglou D., Nikos P., Apostolis K. S. // IEEE Transactions on Wireless Communications 5. 2006. — № 12.
5. Grilo A. A scheduling algorithm for QoS support in IEEE802.11 / Grilo A., Mario M., Mario N. // IEEE wireless communications 10. 2003. — № 3. — с. 36–43.
6. Piro G. QoS in wireless LAN: a comparison between feedback-based and earliest due-date Approaches / Piro G., Luigi A. G., Gennaro B., Pietro C. // Computer Communications 35. 2012. — № 3. — с. 298–308.
7. Ruscilli A. L. Improving the QoS of IEEE802.11 e networks through imprecise computation / Ruscilli A. L., Gabriele C. // International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing 23. 2016. — № 3–4. — с. 152–167.
8. Ansel P. FHCF: a simple and efficient scheduling scheme for IEEE802.11e wireless LAN / Ansel P., Qiang N., Thierry T. // Mobile Networks and Applications 11. 2006. — № 3. — с. 391–403.
9. Boggia G. Feedback-based control for providing real-time services with the 802.11 e MAC / Boggia G., Pietro C., Luigi A. G., Saverio M. // IEEE ACM transactions on networking 15. 2007. — № 2. — с. 323–333.
10. Lee K. Y. Efficient QoS scheduling algorithm for multimedia services in IEEE802.11 e WLAN / Lee K. Y., Kee S. C., Won R. // In Vehicular Technology Conference (VTC Fall) IEEE. 2011. — с. 1–6.

11. Ruscelli A. L. Enhancement of QoS support of HCCA schedulers using EDCA function in IEEE802.11 e networks / Ruscelli A. L., Gabriele C., Angelo A., Giuseppe L. // *Ad Hoc Networks* 10. 2012. — № 2. — с. 147–161.
12. Al-Maqri M. A. Adaptive TXOP assignment for QoS support of video traffic in IEEE802.11 e networks / Al-Maqri M. A., Mohamed O., Borhanuddin M. A., Zurina M. H. // *In RF and Microwave Conference (RFM), IEEE International*. 2013. — с. 144–149.
13. Cicconetti C. Design and performance analysis of the Real-Time HCCA scheduler for IEEE802.11 e WLANs / Cicconetti C., Luciano L., Enzo M., Giovanni S. // *Computer Networks* 51. 2007. — № 9. — с. 2311–2325.
14. Inan I. An adaptive multimedia QoS scheduler for 802.11 e wireless LANs / Inan I., Feyza K., Ender A. // *In Communications ICC'06. IEEE International Conference on*. 2006. — vol. 11. — с. 5263–5270.
15. Ju K. Dynamic TXOP allocation for multimedia QoS providing over wireless networks / Ju K., Kwangsue C. // *In Information Networking (ICOIN), International Conference on*. 2013. — с. 397–401.
16. Hayajneh T. Multimedia traffic over WLANs: QoS support and performance evaluation / Hayajneh T., Ghada A. M. // *In Information and Communication Systems (ICICS), 5th International Conference on*. 2014. — с. 1–6.
17. Saheb S. M. Enhanced hybrid coordination function controlled channel access-based adaptive scheduler for delay sensitive traffic in IEEE802.11 e networks / Saheb S. M., Bhattacharjee A. K., Dharmasa P., Rajib K. // *IET networks* 1. 2012. — № 4. — с. 281–288.
18. Cecchetti G. Performance evaluation of real-time schedulers for HCCA function in IEEE802.11 e wireless networks / Cecchetti G., Ruscelli A. L. // *In Proceedings of the 4th ACM symposium on QoS and security for wireless and mobile networks*. 2008. — с. 1–8.
19. Larcheri P. Scheduling in 802.11 e: Open-loop or closed-loop / Larcheri P., Renato L. C. // *Proc. of IFIP WONS*. 2006. — с. 18–20.
20. Cigno R. L. Analysis of different scheduling strategies in 802.11 e networks with multi-class traffic / Cigno R. L., Luigi P., Alessio C. // *In Local Computer Networks, 32nd IEEE Conference on*. 2007. — с. 455–462.
21. Ruscelli A. L. A IEEE802.11 e HCCA scheduler with a reclaiming mechanism for multimedia Applications / Ruscelli A. L., Cecchetti G. // *Advances in multimedia*. 2014.
22. Cecchetti G. Providing variable TXOP for IEEE802.11 e HCCA real-time networks / Cecchetti G., Ruscelli A. L., Mastropaolo A., Giuseppe L. // *In Wireless communications and networking conference (WCNC)*. 2012. — с. 1508–1513.
23. Fan Y. Real-Time traffic scheduling algorithm in WLAN / Fan Y., Huang C. // *Proc. 4GMF*. 2005.
24. Lee D. Y. An enhanced EDD QoS scheduler for IEEE802.11 e WLAN / Lee D. Y., Kim S. R., Lee C. W. // *In Advances in computational science and engineering, Springer Berlin Heidelberg*. 2009. — с. 45–59.
25. Ле Ч. Д. Механизм приоритезации для обеспечения минимизации задержки в условиях конкурентной среды в сетях Wi-Fi с плотным распределением устройств / Ле Ч. Д., Симонина О. А. // *Информационные системы и технологии*. 2016. — № 3. — с. 99–106.
26. Opnet Simulator. — [Электронный ресурс]. — <http://www.opnet.com>.

© Ле Чан Дык (lchanduc.telecom@gmail.com), Симонина Ольга Александровна (simonina@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МЕТОДИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ КЛАСТЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DATA TRANSMISSION PROTOCOLS IN SYSTEMS OF HIGH-PERFORMANCE COMPUTING CLUSTER ARCHITECTURE

N. Ahmed

Summary. The paper presents the analysis of techniques in systems of cluster architecture. The model to estimate the acceleration when working with OpenMP uses Amdahl's law. Evaluation of acceleration and characteristics of the computing system, which includes performance and data transfer speed.

Keywords: multiprocessor systems, high performance computing, transactions, database system, decision support system is of high reliability system for high-performance computing, multithreaded systems

Ахмед Набиль Мухаммед Мудхи

*Аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Aboroan1987@yahoo.com*

Аннотация. В работе представлен анализ методик в системах кластерной архитектуры. Модель для оценки ускорения при работе с OpenMP использует закон Амдала. Оценка ускорения и характеристика вычислительной системы, в которые входит быстродействие и скорость передачи данных.

Ключевые слова: многопроцессорные вычислительные системы, высокопроизводительная вычислительная техника, транзакции, базы данных, системы поддержки принятия решений, системы высокой надежности, системы для высокопроизводительных вычислений, многопоточные системы.

Кластерная архитектура заключается в применении нескольких методик эффективного использования протоколов передачи данных, что в большей части позволяет увеличить производительность процессоров. Отрицательным фактором в увеличении производительности двух узлов является наличие расстояния между персональными компьютерами.

При разработке эффективной производительности в кластерной системе, необходимо решение некоторых аспектов по нахождению оптимального баланса загрузки системы на выполнение вычислительных операций. Нужный баланс нагрузки позволит двум вычислительным узлам работать на равномерной нагрузке, стабильно взаимодействуя подзадачами системы, тем самым это способствует быстрому выполнению задач. В процессе работы учитывается статистика производительности двух узлов. Главным фундаментом в управлении системы кластеров — является подсистема рейтингового баланса, которая приводит к эффективному выполнению задач.

Система разделения нагрузки в оптимальном режиме, заключается в выполнении следующих задач:

Первый период в статике:

1. Осуществляется ряд декомпозиций крупного количества задач, они разбиваются на множество мелких подзадач.
2. Идёт тщательное изучение множеств, определяется наличие взаимосвязей в текущем наборе данных.
3. Завершающие операции над параллельными алгоритмами с целевой направленностью повысить их результативность, методом удаления излишних взаимозависимостей.
4. В результате выполнения второй задачи и завершения третьей задачи в реорганизации подзадач, создаются подмножества подзадач, в каждой из которых идет последовательное исполнение.

Второй период в статике:

1. Идет выстраивание найденных подзадач методом определения трудоёмкости их реализации. Итогом становятся числовые данные, которые обозначаются условными единицами.
2. Идет оценочная деятельность текущего производительного процесса в вычислительных узлах, определяется эффективность рейтингов. Полученный результат, выделяет ресурс с эффективной трудоёмкостью задач.

3. Устанавливается оптимальный и стратегический вариант балансировки процессоров, к примеру, это может величина round-robin.

Третий период в динамике

1. Поступление новой подзадачи в систему дальнейшей обработки. С учетом условий третьей задачи второго этапа диспетчер осуществляет выбор эффективного узла и передает в его систему ряд подзадач. Рейтинг узла уменьшается при обработке операций в каждой подзадаче.
2. Со стороны диспетчера идет корректировочная работа над стратегией выбора с учетом изменяющегося разделения ресурсов. Итоговые результаты после выполнения подзадачи отправляются по запросу.
3. Монитор производительности отмечает поступление и результаты обработки каждой подзадачи, далее определяется время на обработку одной подзадачи, вносятся корректировки в трудоемкий процесс выполнения задачи в каждом узле, учитывается его загруженность.

По данному методу, на первоначальных стадиях кластер готовится к работе, на следующем периоде — работает и выполняет ряд задач. По истечению определенного периода времени данный метод определит эффективное значение трудоемкости в процессе выполнения любой подзадачи на определенном узле. Когда стратегия балансировки видоизменяется в узлах с уменьшающимися ресурсами, требуется перезагрузка кластерной системы. В процессе загрузки узла с подзадачами, идет перерасчет полученных значений производительности узла на мониторе производительности, осуществляется сверка полученных результатов, при необходимости вносят соответствующие корректировки.

Расчеты ускорения процессоров до и после по закону Амдала.

В процессе адаптации алгоритмов записанных в виде вычислений, применяется программная среда OpenMP, работа над параллельными вычислениями операций ведется на компьютере с общим ОЗУ. Это объясняется как системный подход эффективной расстановки большинства директив компилятора для эффективного распараллеливания циклов. В промежуточной стадии распараллеливания программы из-за свойств алгоритма, не все циклы подаются данной процедуре. К примеру, вычисления могут быть однотипными по структуре выполненных процедур, возможен подсчет всех операций, определяется сумма параллельных и последовательных процедур.

Доля не распараллеленных операций — $f \in [0;1]$.

T — линейное время выполнения арифметической операции относительно всего количества операций, позволяет определить оптимальное ускорение, достигаемое в текущем выполнении алгоритма.

Каждая многопоточная программа имеет в своем составе последовательную часть, которая заключается системе ввода и вывода данных, синхронизированного отбора информации.

Разработчик Джин Амдал на основе линейного ускорения параллельной части данных, провел ряд исследовательских работ. В 1967 году провел работу в ускорительном процессе выполнения программы на «n» процессорах, используя два значения:

1 — f доля параллельной части;

f доля последовательной части.

В результате работы было получено уравнение — $n / (1 + (n - 1) \times f)$ Ускорение на неограниченное число процессоров составило $1/f$.

Определим ускорение как отношение времени последовательного решения к времени параллельного решения:

$$S = \frac{T_1(n)}{\left(\beta + \frac{1-\beta}{p}\right)T_1(n) + t_{доп}}$$

где $t_{доп}$ — время на накладные расходы (обмены, простой и т.д.);

β — доля операций, выполнение которых невозможно одновременно с другими операциями.

Анализируя полученное соотношение можно вывести следствие, одно из которых называется законом Амдала:

Если $\beta = 0, t_{доп} = 0$, тогда $S = p$ (т.е. алгоритм полностью параллелен, отсутствует последовательная часть и ускорение максимально $S = p$)

Если $\beta <> 0, t_{доп} = 0$, тогда

$$S = \frac{1}{\left(\beta + \frac{1-\beta}{p}\right)} \text{ — закон Амдала.}$$

Если $\beta = \text{любое}$, тогда

$$S = \frac{T_1(n)}{t_{доп}} < 1,$$

$$Speedup_{symmetric}(f, n, r) = \frac{1}{\frac{1-f}{perf(r)} + \frac{f \cdot r}{perf(r) \cdot n}}$$

$$Speedup_{asymmetric}(f, n, r) = \frac{1}{\frac{1-f}{perf(r)} + \frac{f \cdot r}{perf(r) + n - r}}$$

$$Speedup_{dynamic}(f, n, r) = \frac{1}{\frac{1-f}{perf(r)} + \frac{f}{n}}$$

$Speedup_{symmetric}$ — относительное ускорение в симметричном режиме;

$Speedup_{dynamic}$ — относительное ускорение в динамическом режиме;

$Speedup_{asymmetric}$ — относительное ускорение в асимметричном режиме;

f — часть кода, которая может быть распараллелена; n — общее число ВСЕ; r — число ВСЕ на ядро; $perf(r)$ — производительность из r штук.

Имея большие затраты на обмен данных, простои и синхронизацию $t_{дон} \gg 0$, то все это рано или поздно приведет к неэффективности параллельного алгоритма ($S < I$).

Если 9/10 программы исполняется параллельно, а 1/10 по-прежнему последовательно, то повысить ускорение в 10 раз невозможно, несмотря на качество реализации параллельной части кода и числа используемых процессоров.

Для получения заданного ускорения для процессоров, целесообразно ускорить одну часть кода програм-

мы. Исходя из закона Амдала — чтобы ускорить выполнение программы в q раз необходимо ускорить не менее, чем в $(1 - 1/q)$ -ю часть программы. При необходимости ускорения работы процессоров в 100 раз по сравнению с его последовательным вариантом, то нужно ускорить выполнение на 99,99%.

На суперкомпьютере или на параллельном компьютере — в ряде выполнения работ можно проанализировать заложенный в программе алгоритм, при увеличении доли последовательной операция, то возможно сменить отдельные компоненты в структуре алгоритма.

В процессе работы, обмен данными между узлами осуществляется в комплексной структуре алгоритма с учетом смежных подобластей, которые принадлежат двум узлам. В общем режиме времени доля последовательных частей взаимосвязана от двух условий: конкретный тип расчетной области и вариант разбиения на подобласти. Увеличение участка смежных подобластей нуждается в большем времени на урегулирование всех деталей между вычислительными узлами, и соответственно заинтересовано в ускорительном режиме выполнения операций. Увеличение эффективности вычислений на кластере необходимо на стадии подготовки исходных данных в решении различных задач по минимизации размеров границ сшивки подобластей и зон контакта в кластерной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, А. В. Эффективная организация параллельных распределенных вычислений на основе кластерной технологии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 2005. — 172 с.
2. Богачев К.Ю., Основы параллельного программирования, М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2003.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл. В., Параллельные вычисления, СПб.: БХВ-Петербург, 2002, С. 608.
4. Гергель В.П., Стронгин Р.Г., Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем, Нижний Новгород: Изд-во НГУ.
5. Гергель, В. П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Учебное пособие / В. П. Гергель, Р. Г. Стронгин — Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2003. — 184с.
6. Князьков В.С., Потапов А. А. Методика оценки трудоемкости реализации матричных мультипроцессорных систем. — Пенза, Изд-во ПГУ, Сб. тез. АПНО-2003. Т. 2. 2003. — С. 400–402.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ (GIGABIT ETHERNET)

THE EVALUATION OF THE POSSIBLE OPTIMIZATION OF THE NETWORK OF HIGH-PERFORMANCE CLUSTER COMPUTING (GIGABIT ETHERNET)

N. Ahmed

Summary. In work it is presented the general information about computing cluster, Factors that influence on productivity of computing cluster. Application program for cluster. An assessment of the top border for a possibility optimization works of a network stack on the used equipment.

Keywords: optimization, high performance computing, Gigabit Ethernet, network stack, cluster.

Ахмед Набиль Мухаммед Мудхи

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
Aboroan1987@yahoo.com

Аннотация. В работе представлены общие сведения о вычислительных кластерах, а так же факторы влияющие на производительность вычислительных кластеров. Программные приложения для кластера. Оценка верхней границы для возможности оптимизации работы сетевого стека на используемом оборудовании.

Ключевые слова: оптимизация, высокопроизводительные вычисления, Gigabit Ethernet, сетевой стек, кластер.

Оборудование кластера

В рамках данной статьи предполагается оптимизация используемого программного стека при неизменном оборудовании. Так, целевой вычислительный кластер, для которого предлагаются решения, дан и не изменяется в рамках предлагаемых оптимизаций. Это типичная ситуация для вычислительного центра: оборудование закупленного кластера редко обновляется, так как кластер рассчитан на определенную нагрузку. При появлении существенно новых задач, при существенном изменении требований (например, резкое увеличение числа пользователей), как правило, выполняется покупка нового современного кластера. Это оправдано быстрым устареванием оборудования в рассматриваемой области. Покупка нового кластера требует значительных денежных средств. Однако существует вариант оптимизации работы существующего кластера без обновления оборудования. Этот вариант подходит как решение для случая, когда требуется ускорение расчетов, однако, существенного изменения требований к кластеру нет. Такая ситуация может возникнуть в процессе эксплуатации кластера. Тем более что обновление существующего кластера не всегда простое решение: с учетом скорости устаревания оборудования и появления новых технологий и стандартов поиск оборудования для старого кластера может быть связан с трудностями. Подобное обновление может также потребовать существенных денежных средств. Таким образом, выбор подходящих алгоритмов и протоколов, оптимизация работы

программного обеспечения (в том числе операционной системы), оптимизация использования оборудования, его подходящая конфигурирование могут повысить эффективность расчетов без необходимости в затратах на оборудование. Такой оптимизации и посвящена данная работа.

С учетом вышесказанного необходимо детально рассмотреть оборудование вычислительного кластера — типичный узел кластера. Это необходимо для оценки перспектив указанных оптимизаций. Будут рассмотрены серверный узел (кластер ПМ-ПУ) и десктопный узел, а также предлагаемый узел с 10 Гбит Ethernet сетевой картой (об этом будет сказано дальше).

Основное внимание будет уделено скорости обмена данными между различными элементами узла кластера и между отдельными узлами.

На рисунке 1 представлена схема серверного узла.

Узел предусматривает установку двух процессоров архитектуры x86_64 Intel Xeon E5410 (4 ядра, тактовая частота ядра — 2.3 ГГц). Взаимодействие процессора с периферийными устройствами осуществляется благодаря «северному» (Intel 5000 Memory Controller Hub) и «южному» (Intel I/O Controller Hub ESB2-E) мостам. «Северный» мост обеспечивает взаимодействие процессора с оперативной памятью и рядом других высокоскоростных устройств. Скорость соединения процессора с «север-

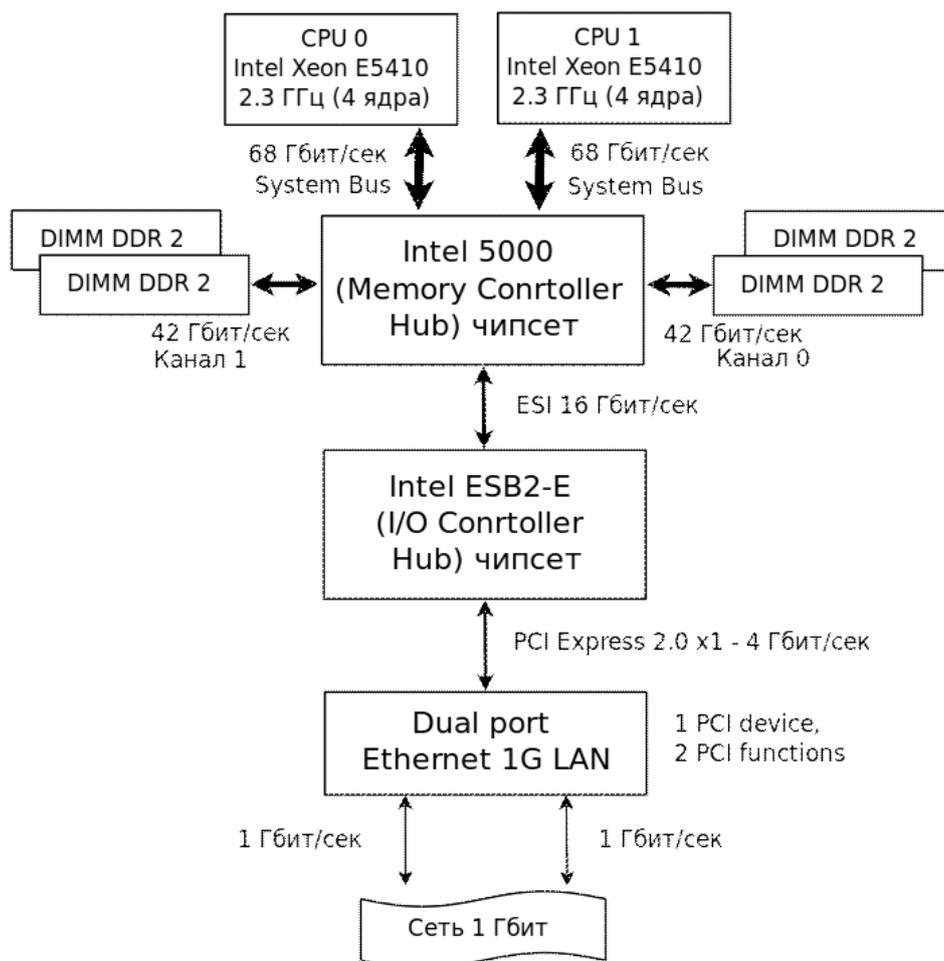


Рис. 1. Схема серверного узла (кластер ПМ-ПУ)

ным» мостом — 68 Гбит/сек. Скорость обмена данными между «северным» мостом и оперативной памятью — 42 Гбит/сек (контроллер памяти поддерживает 2 канала).

Сетевая карта PCI Express подключена к «южному» мосту. «Южный» мост соединен с «северным» мостом по шине ESI, обеспечивающей скорость 16 Гбит/сек. Наконец, сама карта является устройством PCI Express версии стандарта 2.0, она подключена по соединению x1. По сути, это два симплексных канала (lane). Базовая производительность для каждого из направлений — 5 ГТ/сек (гигатранзакций в секунду). В рамках одной транзакции передается один бит, поэтому скорость передачи соответствует скорости 5 Гбит/сек. Однако для борьбы с ошибками используется кодирование 8b/10b, таким образом, скорость передачи полезных данных равна 4 Гбит/сек.

Как видно, скорости «внутренних» соединений достаточно для обеспечения соединения 1 Гбит/сек стандарта Ethernet 1 Gbit. Однако скорость самого сетевого соединения (между узлами кластера) значительно меньше остальных приведенных скоростей. Так, скорость обра-

щения к памяти составляет 42 Гбит/сек, в то время как скорость сетевого соединения всего 1 Гбит/сек.

Усугубляет ситуацию и тот факт, что в системе имеется два моста — «северный» и «южный». Современные процессоры x86 (x86_64) уже не имеют «северного» моста. Он увеличивал задержки при обращении процессора к памяти. Сейчас вся его логика перенесена в процессор.

Для сравнения архитектура десктопных узлов значительно отличается от архитектуры серверных узлов. В рамках десктопных узлов используются мобильные процессоры — Intel N3700 (4 ядра, тактовая частота ядра 1.6 ГГц). Это довольно новые процессоры. Архитектуру десктопных узлов отличает тот факт, что в рамках нее уже не используется «северный» мост. Большая часть упомянутой функциональности интегрирована в сам процессор (SoC). Схема десктопного узла приведена на рисунке 2.

Контроллер памяти поддерживает 2 канала и обеспечивает передачу данных со скоростью 102 Гбит/сек.

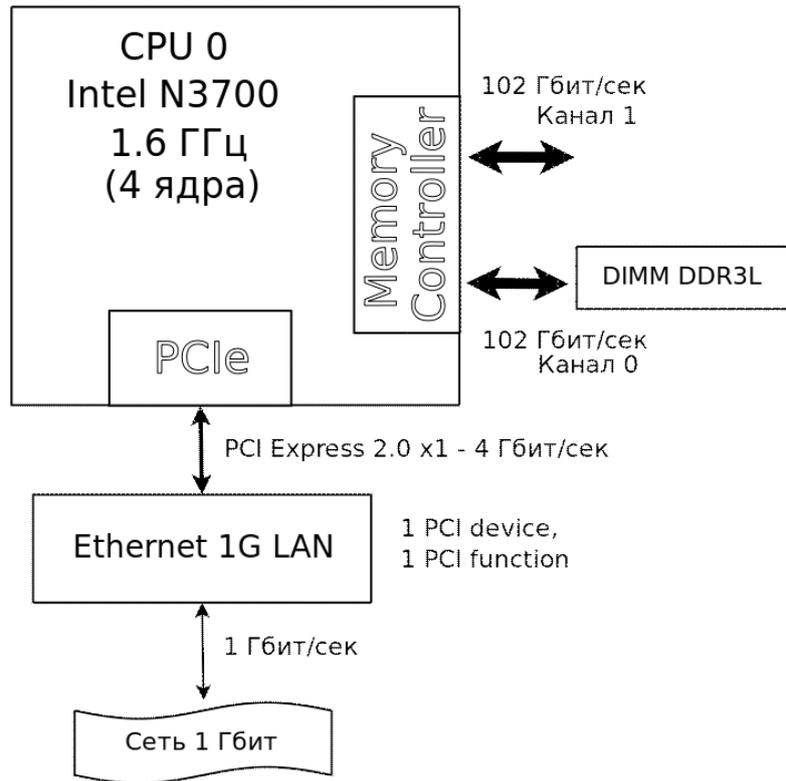


Рис. 2. Схема десктопного узла

Используемая память — форм-фактора DIMM стандарта DDR3L. Сетевая карта — устройство PCI Express версии стандарта 2.0, она подключена по соединению x1. Таким образом, здесь также обеспечивается скорость передачи полезных данных 4 Гбит/сек. Сетевая карта — карта Realtek RTL8111. В рамках Linux за работу с картой отвечает драйве «r8169» (drivers/net/ethernet/realtek/r8169.c).

И здесь снова подобная ситуация: скорости «внутренних» соединений намного больше 1 Гбит/сек стандарта Ethernet 1 Gbit. Так, скорость обращения к памяти на 2 порядка выше скорости соединения по сети. Таким образом и здесь передача данных по сети может стать существенным препятствием для достижения высокой производительности. Именно поэтому оптимизация доступных компонентов (например, программного обеспечения) так важна.

В качестве примера узла с сетью 10 Гбит/сек можно привести узел, схематично изображенный на рисунке 3.

Это NUMA-система, в рамках которой возможна установка 2 процессоров. На схеме, изображенной на рисунке 3 установлен лишь один процессор (семейства Intel Xeon E5 V3). В рамках указанной архитектуры вместо «южного» моста используется Platform Controller Hub (отчасти «похожий» на традиционный «южный» мост).

Функциональность «северного» моста интегрирована в сам процессор. Два возможных процессора в системе соединены при помощи шины QPI (скорость до 76 Гбит/сек в рамках данной системы).

Контроллер памяти процессора поддерживает до 4 каналов, скорость — 102 Гбит/сек. Используемый тип памяти — DIMM DDR4. Сетевая карта — устройство PCI Express версии стандарта 2.0, она подключена по соединению x8. Таким образом, при базовой скорости 5 ГТ/сек и кодировании 8b/10b здесь обеспечивается скорость передачи полезных данных 32 Гбит/сек. Сетевая карта — двухпортовый адаптер Intel X540-T2. В рамках Linux за работу с картой отвечает драйвер «ixgbe» (drivers/net/ethernet/intel/ixgbe). Можно обратить внимание на то, что высокоскоростная сетевая карта (10 Гбит) подключена напрямую (мост PCI Express расположен в процессоре), в то время как низкоскоростная карта (1 Гбит) подключена через PCH.

Теперь можно рассмотреть типичные вопросы, возникающие в процессе работы вычислительного центра. Разумеется, перед покупкой нового кластера проводятся оценки для определения нужного числа узлов, оборудования узлов и т.д. То же самое относится и к сети — рассчитывается требуемая пропускная способность сети, учитывая задачи кластера.

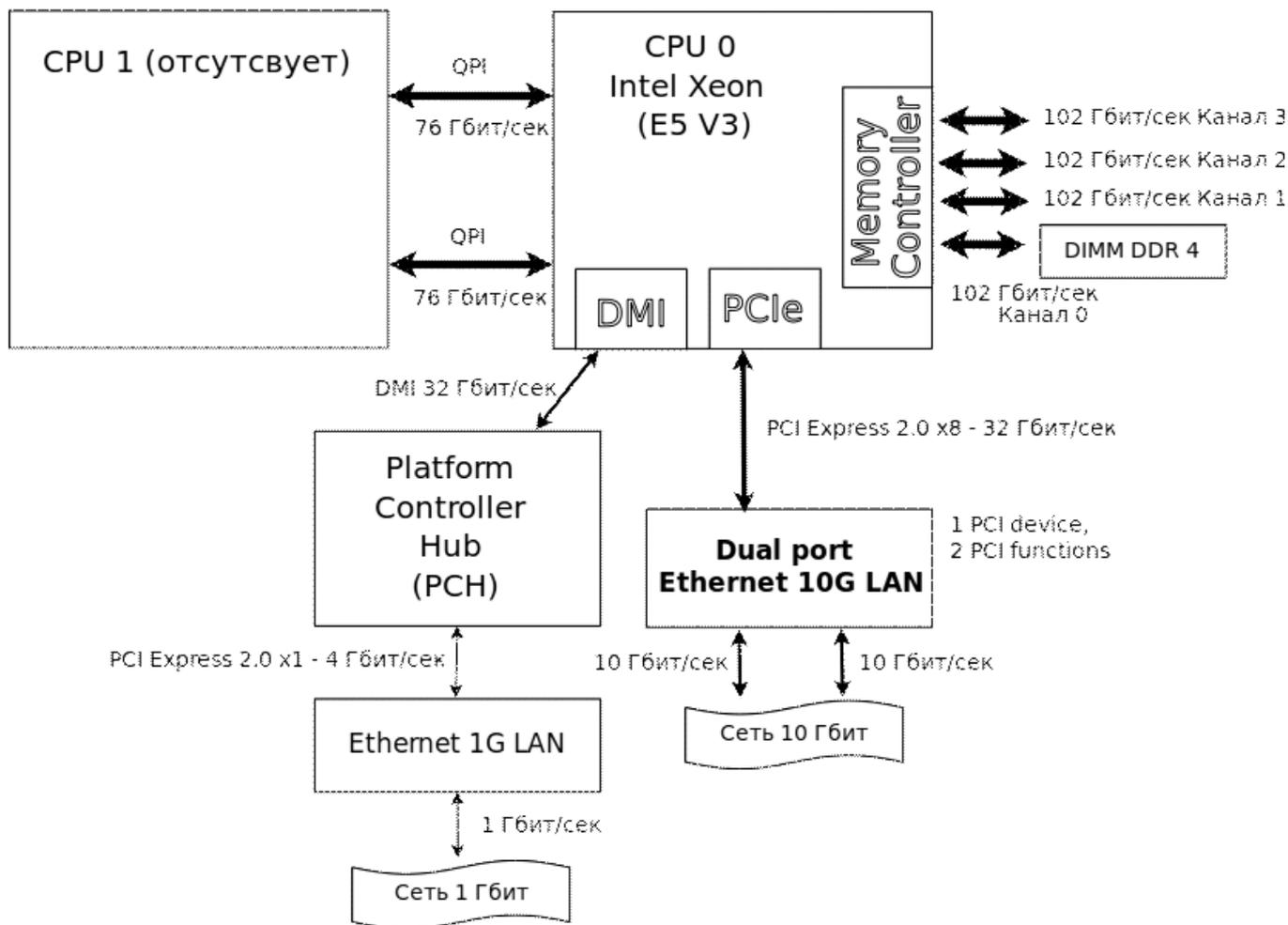


Рисунок 3. Схема узла с 10 Гбит Ethernet

Однако в рамках вычислительного центра подобные расчеты оправдываются далеко не всегда. Требования пользователей меняются довольно быстро, как и потоки информации в рамках вычислительного кластера. Так, для кластера, обеспечивающего работу, к примеру, веб-портала нагрузка и тип задач все время остаются примерно одинаковыми до тех пор, пока портал не приобретет большую популярность или существенно изменит предоставляемые сервисы.

С учетом этих особенностей можно заранее рассчитать и требуемое оборудование, и требуемую производительность сети (исключительные ситуации — отдельная тема для рассмотрения). Также и требования к оборудованию, как правило, ограничиваются рассмотренными вопросами (к слову, оно может быть относительно дешевым — к примеру, векторные расширения процессора для работы с числами с плавающей запятой могут оказаться совершенно невостребованными). Для вычислительного кластера ситуация иная. Множество пользователей запускают расчеты с использованием

различных приложений, имеющих различные требования и к оборудованию узлов, и к сети. Конечно, некоторые вычислительные кластеры полностью выделены под одно конкретное приложение. В таких случаях исследователи стараются создать некоторые ad hoc решения лишь для конкретных задач. Но даже в рамках одного приложения может быть реализовано множество алгоритмов, от входных данных которых могут меняться требования к сети (пример — OpenFOAM со множеством солверов).

Как было показано выше (оборудование кластера), производительность работы сети 1 Гбит практически на два порядка отличается от производительности оперативной памяти и производительности самого процессора. Таким образом, очевидна большая разница в работе вычислителя и сетевой подсистемы. Расчет программного стека выполняется на вычислителе (процессоре) и таким образом обработка пакетов выполняется с гораздо большей скоростью, чем их пересылка по сети.

В общем случае для оценки времени обработки пакета и его отправки можно привести следующую формулу:

$$T = C / VC + L1 / VL1 + L2 / VL2 + M1 / VM1 + M2 / VM2 + N / VN + R$$

Здесь

C — число операций, выполняемых процессором (в рамках обработки пакета);

VC — скорость работы процессора;

$L1$ — число обращений процессора к памяти, которые были удовлетворены за счет кэш-памяти 1 уровня;

$VL1$ — скорость работы кэш-памяти 1 уровня;

$L2$ — число обращений процессора к памяти, которые были удовлетворены за счет кэш-памяти 2 уровня;

$VL2$ — скорость работы кэш-памяти 2 уровня;

$M1$ — число обращений к оперативной памяти со стороны процессора;

$VM1$ — скорость такого доступа (могут вноситься задержки «северным» мостом в случае его использования (в рамках старых x86 узлов));

$M2$ — число обращений к оперативной памяти со стороны сетевой карты (по DMA);

$VM2$ — скорость такого доступа (могут вноситься задержки «северным» и «южным» мостами в случае их использования (в рамках старых x86 узлов));

N — число операций по пересылке данных сетевой картой;

VN — скорость работы сетевой карты;

R — время на выполнение прочих операций (например, обработка прерывания не от сетевой карты, ожидание доступа к шине, отсутствие записи в TLB для требуемой страницы и т.п.).

В случае серверных узлов «разрыв» между скоростью работы сетевой карты и скоростью работы остальных подсистем, вовлеченных в обработку пакета довольно велик, к примеру, соотношение между скоростями доступа к памяти со стороны процессора и отправки данных по сети равно:

$$\frac{V_{M1}}{V_N} = 42$$

Скорость доступа к памяти со стороны сетевой карты (по DMA) ограничена участком с самой низкой скоростью и аналогичное соотношение составляет (однако для карты 1 Гбит обеспечиваемых 4 Гбит более чем достаточно):

$$\frac{V_{M2}}{V_N} = 4$$

Для десктопного узла первое соотношение будет равно:

$$\frac{V_{M1}}{V_N} = 102$$

И второе соотношение будет также равно:

$$\frac{V_{M2}}{V_N} = 4$$

Но в данном случае второе соотношение, по сути не важно — требуется лишь выполнение условия:

$$VM2 > VN$$

Ведь в противном случае использование более скоростного сетевого адаптера не имеет смысла, так как скорость пересылки данных между узлами будет ограничена скоростью пересылки данных в рамках одного узла.

Разумеется, разница в скоростях может быть не заметна в случае, к примеру, большого числа операций, выполняемых процессором — в таком пересылка данных по низкоскоростной сети будет составлять лишь небольшую долю в общем времени обработки и отправки пакета (основную часть времени будет составлять обработка пакета на процессоре).

Обработка пакета в рамках теста «ping-pong», к примеру, в рамках десктопного узла в случае использования стандартных средств, составляет всего 7% от общего времени выполнения теста. Остальные 93% — пересылка данных по низкоскоростной сети, получение данных сетевой картой из памяти и работа самой сетевой карты. Таким образом, оптимизация работы сетевого стека приведет лишь к ускорению работы в рамках 7% от общего времени вычислений. Даже если бы удалось свести время работы программного стека к 0, это бы лишь убрало 7%, оставив 93% времени работы. Обозначив время работы существующего используемого программного стека за T_S , а время пересылки данных за T_H , придем к соотношению, дающему верхнюю границу для оптимизации работы используемого программного стека:

$$L = \frac{T_S}{T_S + T_H}$$

По сути L — это процент увеличения производительности, который можно достигнуть за счет оптимизации работы программного стека. Поскольку в рамках данной работы рассматривается уже имеющееся оборудование (T_H неизменен для определенной задачи пересылки данных), максимальное увеличение производительности ограничено этим значением. И для имеющегося оборудования это всего лишь 7%.

В случае использования более нового оборудования с сетевой картой 10 Гбит, L может быть равен 42%. Верхняя граница для случая 1 Гбит (рассматриваемого в данной работе) и для случая 10 Гбит (предлагаемого оборудования) изображены на рисунке 4.

Как видно, в случае использования сети 10 Гбит вместо 1 Гбит можно добиться в 6 раз большего ускорения (в процентах) при использовании тех же самых методов оптимизации работы сети.

Поэтому несмотря на ограничение в 7% для сети 1 Гбит разработка методов оптимизации работы сети может дать заметный прирост производительности отдельно взятого потока данных в случае использования сети 10 Гбит при том же самом остальном оборудовании, то есть в случае выравнивания скорости работы сети и процессора.

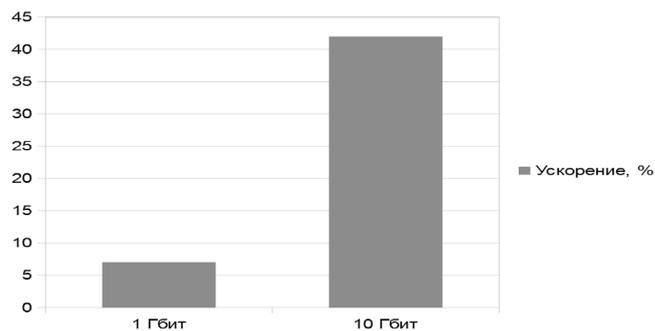


Рис. 4. Верхняя граница для оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Top 500 supercomputers sites (электронных ресурс). — URL: <http://www.top500.org/>.
2. Воеводин В.В., Жуматий С. А. Вычислительное дело и кластерные системы. — М.: Изд-во МГУ, 2007.
3. Бройдо В.Л., Ильина О. П. Архитектура ЭВМ и систем: Учебник для вузов. — 2-е изд. — СПб.: Изд-во Питер, 2009.
4. MPI Performance Measurements, http://www.llnl.gov/computing/mpi/mpi_benchmarks.html.

© Ахмед Набиль Мухаммед Мудхш (Аboroan1987@yahoo.com). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ НАНОМАГНИТНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

INFORMATION PROCESSING BY NANOMAGNETIC LOGIC DEVICES

A. Dmitriev

Summary. The article discusses the principles of information processing by nanomagnetic logic devices consisting in manipulating the magnetization of individual magnetic nanoparticles in a single-domain state and combined into a logical network. In a single-domain state, nanoparticles have uniaxial magnetic anisotropy, which makes them a bistable system suitable for binary coding of information: the magnetization down corresponds to a logical «0», the magnetization upwards is «1». These two states are separated by an energy barrier, the height equal to the energy of the magnetic anisotropy. The considered logical network, consisting of magnetic nanoparticles, implies an absolutely new way of carrying out logical operations. We are talking about a network of nanomagnets connected by a dipole interaction and admitting the existence of intermediate frustrated states, analogous to quantum entanglement.

Keywords: information processing, nanomagnetic logic device, spintronics.

Дмитриев Алексей Иванович

К.ф.-м.н., доцент, Российский университет транспорта (Москва); с.н.с., Институт проблем химической физики РАН (Черноголовка)
alex-dmitriev2005@yandex.ru

Аннотация. Обсуждаются принципы обработки информации наномagnитными логическими устройствами, состоящие в манипулировании намагниченностью отдельных магнитных наночастиц, находящихся в однодоменном состоянии, и объединенных в логическую сеть. В однодоменном состоянии наночастицы имеют одноосную магнитную анизотропию, что делает их бистабильной системой, пригодной для двоичного кодирования информации: намагниченности вниз соответствует логический «0», намагниченности вверх — «1». Эти два состояния отделены энергетическим барьером, высотой равной энергии магнитной анизотропии. Рассматриваемая логическая сеть, состоящая из магнитных наночастиц, подразумевает абсолютно новый способ проведения логических операций. Речь идет о сети наномagnитов, связанных дипольным взаимодействием и допускающих существование промежуточных фрустрированных состояний, аналогичных квантовой запутанности.

Ключевые слова: обработка информации, наномagnитное логическое устройство, спинтроника.

Введение

У современного пользователя стремительно развивающихся электронных гаджетов могла сложиться иллюзия об их беспредельном усовершенствовании. Однако это вовсе не так. Сегодня обозначилось отклонение от закона Г. Мура [1], выполнявшегося на протяжении всей электронной эпохи, которое означает замедление темпов роста производительности электронных устройств. Связано это с тем, что как заметил Р. Ландауэр еще на заре электронной эры, при преобразовании 1 бита информации всегда выделяется теплота [2]. Пути преодоления этого термодинамического предела дальнейшего усовершенствования микроэлектроники были обозначены в 2007 году благодаря работам нобелевских лауреатов А. Ферта и П. Грюнберга [3, 4].

Сегодня в электронике и вычислительной техники для обработки информации используются электрические токи — упорядоченные потоки электрически заряженных частиц — электронов. У электронов помимо электрического заряда есть еще одно свойство — собственный магнитный момент, называемый спином. Сегодня эта степень свободы остается почти никак не за-

действованной. Научиться использовать магнитные спины для кодирования и обработки информации — магистральное направление физики твердого тела, материаловедения, нанотехнологии и информатики. Логическим завершением этой работы стало бы становление нового направления в технике, которое уже сегодня получило название — спинтроника со своими новой уникальной электронной базой и физическими принципами, которые станут основой компьютеров пятого поколения [5–9].

Технологической реализацией вычисленных процессов в компьютерах пятого поколения может стать кодирование информации магнитными спинами. Обработка информации при этом будет состоять в манипулировании намагниченностью магнитных наночастиц, находящихся в однодоменном состоянии, и объединенных в логическую сеть. Такая сеть представляет собой наномagnитное логическое устройство [10, 11]. Наномagnитная логика бездиссипативна — она не требует для совершения логических операций протекания токов, а потому приближает устройства к энтропийному пределу, предсказанному Р. Ландауэром, в то время как главная трудность современных компьютеров связана именно с диссипацией энергии.

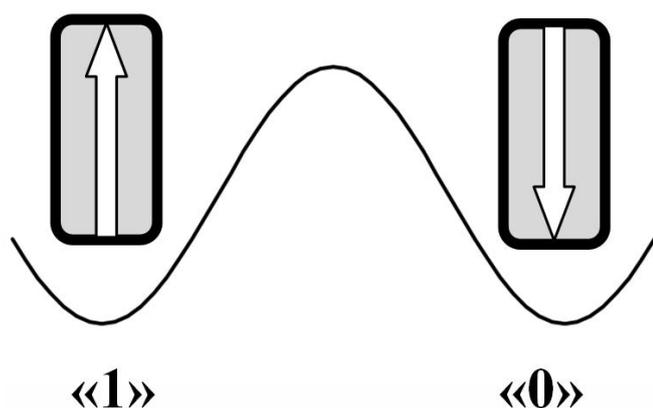


Рис. 1. Схема кодирования информации в однодоменных наночастицах: намагниченности вниз соответствует логический «0», намагниченности «вверх» — «1». Синусоида соответствует зависимости энергии магнитной анизотропии от ориентации вектора намагниченности относительно оси легкого намагничивания

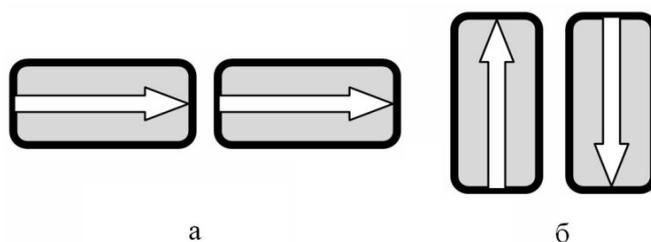


Рис. 2. Схема взаимной ориентации намагниченностей двух соседних наночастиц в зависимости от их взаимной ориентации

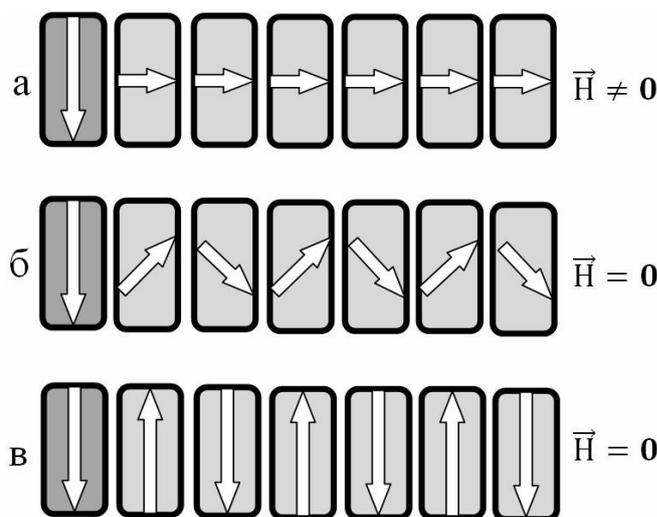


Рис. 3. Схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц

Обсуждению принципов обработки информации (выполнения логических операций) с помощью наноманнитных логических устройств посвящена настоящая статья.

Физические основы наноманнитной логики

Наноманнитные логические устройства создаются на основе ферромагнитных наночастиц, имеющих значительную одноосную магнитную анизотропию и находящихся в однодоменном состоянии, что делает их бистабильной системой, пригодной для двоичного кодирования информации. Намагниченности вниз соответствует логический «0», намагниченности «вверх» — «1» (рис. 1). Эти два состояния отделены энергетическим барьером, высотой равной энергии магнитной анизотропии.

Взаимная ориентация намагниченностей двух соседних наночастиц определяется магнитным ди-

поль-дипольным взаимодействием, а значит, зависит от взаимной ориентации наночастиц. Энергия диполь-дипольного взаимодействия W_{ij} зависит от взаимного расположения диполей: $W_{ij} = -p_i p_j (\cos\theta_{ij} - 3\cos\theta_i \cos\theta_j) / r_{ij}^3$, где p — дипольный момент; r_i и r_j — радиус-векторы диполей с моментами p_i и p_j , соответственно; $r_{ij} = r_i - r_j$, θ_{ij} — угол между векторами p_i и p_j ; θ_i и θ_j — углы между векторами p_i и p_j и вектором r_{ij} . Из формулы видно, что для пары диполей с одинаковыми дипольными моментами p при «горизонтальной» ориентации дипольных моментов (рис. 2а) эта энергия минимальна ($W = -2p^2/r^3$), когда дипольные моменты параллельны; при «вертикальной» ориентации дипольных моментов (рис. 2, б) энергия диполь-дипольного взаимодействия минимальна ($W = -p^2/r^3$), когда дипольные моменты антипараллельны [12].

На рис. 3 приведена схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц.

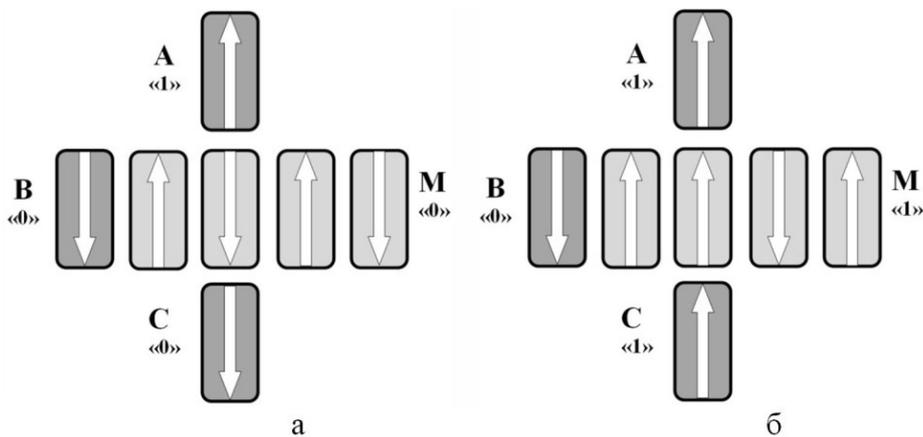


Рис. 4. Схема наномангнитного мажоритарного логического элемента. Буквами А, В, С обозначены входы схема, буквой М — выход

На «входе» магнитной цепи имеется наночастица с фиксированным направлением намагниченности (с высокой энергией магнитной анизотропии). Магнитная анизотропия наночастиц, следующих за ней, ниже. Приложение внешнего магнитного поля ориентирует магнитные моменты слабо анизотропных наночастиц вдоль осей трудного намагничивания, оставляя направление магнитного момента наночастицы на «входе» неизменным (рис. 3а). После отключения магнитного поля термические флуктуации возвращают магнитные моменты слабо анизотропных частиц в цепочке к прежнему направлению — вдоль осей легкого намагничивания (рис. 3б). Конкретное направление намагниченности — «вверх» («1») или вниз («0»), которое будут принимать магнитные моменты, регулируется диполь-дипольным взаимодействием. В рассматриваемой схеме они будут располагаться антипараллельно, начиная от частицы на «входе» (рис. 3в). Таким образом, направление намагниченности наночастицы на «выходе» (а значит и логическое состояние) является функцией состояния входного наномангнетика.

Принципы функционирования устройств наномангнитной логики

Рассмотрим принципы функционирования устройств наномангнитной логики на примере мажоритарного логического элемента. Такой элемент работает по «принципу большинства», т.е. если на большинстве его входов будет логическая «1», то и на выходе схемы установится «1»; и наоборот, если на большинстве входов будет логический «0», то и на выходе установится «0». Пусть логическая схема состоит из шести наночастиц, расположенных друг относительно друга как показано на рис. 4. Каждая из наночастиц может быть намагничена либо вниз (такая ориентация намагниченности соответствует логическому «0»), либо вверх (такая ориентация намагниченности

соответствует логической «1»). Наночастицы, обозначенные на рис. 4 буквами **A**, **B**, **C**, являются входами логической схемы. Наночастица, обозначенная на рис. 4 буквой **M**, является выходом логической схемы. Ориентация вектора намагниченности наночастиц **A**, **B**, **C** управляется с помощью внешнего воздействия, например наложением внешнего магнитного поля. Ориентация вектора намагниченности всех остальных наночастиц, включая наночастицу **M**, определяется диполь-дипольным взаимодействием.

На рис. 4а входные наночастицы внешними силами переведены в конкретные состояния намагниченности: **A** = 1, **B** = 0, **C** = 0. На центральную наночастицу, окруженную наночастицами **A**, **B**, **C**, со стороны **B** и **C** действуют силы, стремящиеся развернуть ее намагниченность вниз, а со стороны **A** действует сила, стремящаяся развернуть его намагниченность вверх. Суммарное действие двух первых сил преобладает, и намагниченность центрального элемента разворачивается вниз. За счет диполь-дипольного взаимодействия намагниченность наночастицы, расположенной справа от центральной, устанавливается антипараллельно, что в свою очередь приводит к намагниченности наночастицы **M** вниз. Это означает, что на выходе устанавливается логический «0» (рис. 4а). На рис. 4б показана другая конфигурация входных сигналов: **A** = 1, **B** = 0, **C** = 1. Рассуждая аналогичным образом, приходим к тому, что на выходе устанавливается логическая «1» (рис. 4б). Легко видеть, что рассматриваемая комбинация наночастиц, управляемая внешним магнитным полем в сочетании с диполь-дипольным взаимодействием между отдельными наночастицами выполняет мажоритарную логическую операцию. Ниже приведена ее таблица истинности.

Описанная мажоритарная логическая схема может выполнять различные бинарные логические операции

Таблица истинности мажоритарной логической операции

A	B	C	M	Бинарная логическая операция
0	0	1	0	$M(A, B, 1) = A \cup B$
0	1	1	1	
1	0	1	1	
1	1	1	1	
0	0	0	0	$M(A, B, 0) = A \cap B$
0	1	0	0	
1	0	0	0	
1	1	0	1	

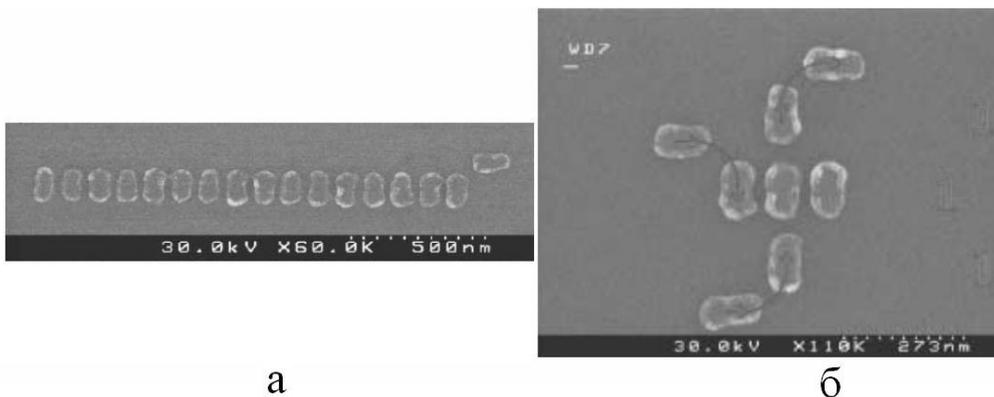


Рис. 5. Микрофотографии, полученные на сканирующем электронном микроскопе, наномангнитных логических структур: цепочка из 16 наночастиц пермаллоя размером $70 \times 135 \times 30$ нм (а); усложненная наномангнитная логическая схема, предназначенная для тестирования логических комбинаций с обозначением красными цифрами битных состояний (б)

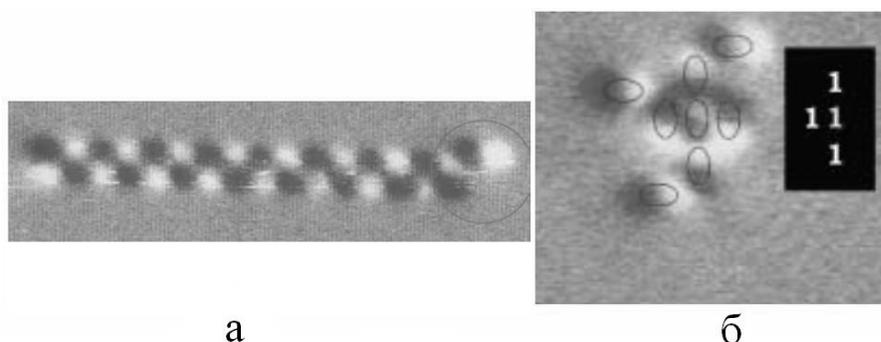


Рис. 6. Микрофотографии, полученные на магнитно-силовом микроскопе, наномангнитных логических структур пермаллоя, изображенных на рис. 5: цепочка из наночастиц (а); усложненная наномангнитная логическая схема (б)

(ИЛИ, И, а также некоторые другие), например, $M(A, B, 1) = A \cup B$, $M(A, B, 0) = A \cap B$ (см. таблицу). Более того с помощью рассмотренной логической сети можно реализовать любые, даже довольно сложные логические операции. Такая сеть, как и в квантовых устройствах, может работать со смешанной информацией, которая не извлекается и не записывается в виде отдельных битов, логических «0» и «1». В этом случае логическая сеть, состоящая из магнитных наночастиц, подразумевает абсолютно новый способ проведения логических операций,

поддерживаемый совсем иной математикой, отличной от Булевой алгебры.

Материалы для устройств наномангнитной логики

В настоящее время в экспериментах используют не только линейные магнитные цепочки наночастиц (рис. 5а), но и структуры с более сложной геометрией, изготовленные из пермаллоя (рис. 5б) [13].

Центральным вопросом наномагнитной логики остается вопрос регистрации результата логической операции — считывания битного состояния в рассматриваемых устройствах. На сегодня самым распространенным способом является получение контрастного магнитного изображения на магнитно-силовом микроскопе (рис. б).

Второй способ — с помощью фотоэмиссионной электронной микроскопии [14]. Понятно, что оба метода мало подходят для использования в персональных компьютерах, использующих наномагнитную логику. Поэтому одни из горячих направлений наномагнитной логики является интеграция туннельных магниторезистивных элементов (например, на основе CoFeB) с наномагнитными логическими устройствами.

Сегодня магниторезистивные слои зарекомендовали себя как надежные элементы современных компьютеров: эффект гигантского магнитного сопротивления (ГМС) используется в считывающих головках жестких дисков, а также в технологии магниторезистивной оперативной памяти. Первые попытки создания программируемых ГМС-устройств для наномагнитной логики предприняты в работах [15].

Для наномагнитных логических устройств нужны материалы с достаточно большей энергией магнитной анизотропии для того, чтобы термические флуктуации не приводили к потере ориентации магнитного момента и к потере информации. Недавно удалось создать новые наномагниты на основе ϵ -фазы оксида железа $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с гигантской магнитной анизотропией. В условиях сильной анизотропии магнитные поля, требуемые для переключения направления намагниченности (а значит

изменения битового состояния), становятся неприемлемо большими. Это ставит задачу поиска немагнитного механизма управления битовым состоянием в наномагнитных логических операциях. Таким может быть температурная манипуляция вектором намагниченности в окрестности спин-переориентационного перехода в наночастицах $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ [16–17]. Кроме того, в наночастицах $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ обнаружено магнитоэлектрическое взаимодействие, открывающее новые пути решения вопроса считывания битного состояния в рассматриваемых устройствах.

ВЫВОДЫ

Сформулированы методы обработки информации (выполнения логических операций) с помощью наномагнитных логических устройств. Предложены принципы устройства мажоритарного логического элемента. В его основе лежит набор суперпарамагнитных наночастиц, объединенных в логическую сеть. Рассматриваемая логическая сеть подразумевает абсолютно новый способ проведения логических операций, который заключается в манипулировании намагниченностью отдельных наночастиц с помощью внешнего магнитного поля в сочетании с диполь-дипольным взаимодействием. Обсуждаемые в статье принципы способны обеспечить бездиссипативную обработку информации в энергетическом пределе, близком к оценкам Ландауэра, где на первый план выходят термодинамические аспекты.

Автор признателен сотруднику МГУПС (МИИТ) В. П. Соловьеву за полезные обсуждения. Работа поддержана грантом РФФИ № 16–07–00863а.

ЛИТЕРАТУРА

- Moore G. E. Cramming more components onto integrated circuits // *Electronics*. 1965. Vol. 38, N8. P. 114–117.
- Landauer R. Irreversibility and heat generation in the computing process // *IBM Journal of Research and Development*. 1961. Vol. 5, N3. P. 183–191.
- Fert A. Nobel Lecture: Origin, development, and future of spintronics // *Reviews of Modern Physics*. 2008. V. 80, N4. P. 1517–1530.
- Grünberg P. A. Nobel Lecture: From spin waves to giant magnetoresistance and beyond // *Reviews of Modern Physics*. 2008. V. 80, N4. P. 1531–1540.
- Моргунов Р.Б., Дмитриев А. И. Наноструктуры ферромагнитных полупроводников — будущее спинтроники // *Российский химический журнал*. 2009. Т. LIII, № 2. С. 36–46.
- Дмитриев А.И., Таланцев А. Д., Зайцев С. В., Коплак О. В., Моргунов Р.Б. Нано-и гетероструктуры магнитных полупроводников для спинтроники // *Известия академии наук. Серия химическая*. 2011. Вып. 6. С. 1027–103.
- Wolf S.A., Awschalom D. D., Buhrman R. A., Daughton J. M., Molnár S., Roukes M. L., Chtchelkanova A. Y., Treger D. M. Spintronics: A Spin-Based Electronics Vision for the Future // *Science*. 2001. V. 294, N5546. P. 1488–1495.
- Žutić I, Fabian J., Sarma S. D. Spintronics: Fundamentals and Applications // *Reviews of Modern Physics*. 2004. V. 76, N2. P. 323–410.
- Ohno H. A window on the future of spintronics // *Nature Materials*. 2010. V. 9, N12. P. 952–954.
- Wang J., Meng H., Wang J.-P. Programmable spintronics logic device based on a magnetic tunnel junction element // *Journal of Applied Physics*. 2005. Vol. 97, N10. P. 10D509.
- Niemier M.T., Bernstein G. H., Csaba G., Dingler A., Hu X. S., Kurtz S., Liu S., Nahas J., Porod W., Siddiq M., Varga E. Nanomagnet logic: progress toward system-level integration // *Journal of Physics: Condensed Matter*. 2011. Vol. 23, N49. P. 493202.
- Физическая энциклопедия / Под ред. А. М. Прохорова. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. Т. 1. 704 с.

13. Imre A., Csaba G., Ji L., Orlov A., Bernstein G. H., Porod W. Majority Logic Gate for Magnetic Quantum-Dot Cellular Automata // Science. 2006. V. 311, N5758. P. 205–208.
14. Carlton D. Nanomagnetic Logic. Technical Report UCB/EECS-2012–22. Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley / [Электронный ресурс]: [http://digitalassets.lib.berkeley.edu/techreports/ucb/text/EECS-2012–22.pdf](http://digitalassets.lib.berkeley.edu/techreports/ucb/text/EECS-2012-22.pdf) (дата обращения 08.06.2017).
15. Patil Sh., Lyle A., Harms J., Lilja D. J., Wang J.-P. Spintronic Logic Gates for Spintronic Data Using Magnetic Tunnel Junctions // Proceedings of IEEE International Conference on Computer Design. Amsterdam, Netherlands, 2010. P. 125–131.
16. Дмитриев А.И., Коплак О. В., Namai A., Tokoro H., Ohkoshi S., Моргунов Р. Б. Магнитный фазовый переход в нанопроволоках ϵ -In_xFe₂-xO₃ // Физика твердого тела. 2013. Т. 55. № 11. С. 2140–2147.
17. Дмитриев А.И., Коплак О. В., Namai A., Tokoro H., Ohkoshi S., Моргунов Р. Б. Спин-переориентационный переход в нанопроволоках ϵ -In_{0.24}Fe_{1.76}O₃ // Физика твердого тела. 2014. Т. 56. № 9. С. 1736–1739.

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

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет транспорта

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

ANALYSIS OF EXISTING ALGORITHMS FOR FACE RECOGNITION

**A. Zabashta
S. Khokhlov
S. Skorikova**

Summary. The problem of developing software for video surveillance systems is ongoing today. It provides the abilities for automatic identification of predefined situations. It gives possibility to reduce mental workload of the operators, and to improve monitoring efficiency. The basis of this work is the research carried out within the work on the graduation project on «Video surveillance software system with situation analysis». One of the functions of this system is to detect of unauthorized access to the secure area. Function is based on the results of face recognition. The main challenges in the implementation of this function are the detection of a face on a video image, the localization of detected face and identification of a person following face recognition. The criteria for the selection a solution for the facial recognition system are been formulated in this paper. The article compares following algorithms on formulated criteria: elastic graph matching, principal component analysis, neural networks and Viola–Jones object detection framework. Selection an algorithm for the graduation project on «Video surveillance software system with situation analysis» is based on the results of comparison. Selected algorithm must maximally meet the requirements of the specification for the graduation project.

Keywords: video surveillance, face recognition, video image, algorithm, neural networks, Viola-Jones method, development, comparison.

Забашта Александр Юрьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
orangealex25@gmail.com

Хохлов Сергей Александрович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Скорикова Серафима Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Аннотация. На сегодняшний день актуальна задача разработки программных систем видеонаблюдения, предоставляющих возможности автоматизированного выявления заданных ситуаций. Благодаря таким системам нагрузка на оператора снижается, а результативность наблюдения увеличивается. В основу данной работы положены изыскания, проведенные в ходе выполнения дипломного проекта по теме «Программная система ситуационного видеонаблюдения». Одной из функций данной системы является выявление несанкционированного доступа в контролируемую зону по результатам распознавания лиц. Важными проблемами при реализации такой функции являются детектирование лица на видеоизображении, локализация лица, идентификация личности по распознанному лицу. В данной работе формулируются критерии выбора решения для системы распознавания лиц. По сформулированным критериям производится сравнение следующих алгоритмов: метод гибкого сравнения на графах, метод главных компонент, нейронные сети, метод Виолы-Джонса. Также приводится краткая информация о механизмах реализации данных алгоритмов. На основании результатов сравнения производится выбор алгоритма, наиболее соответствующего требованиям технического задания на дипломный проект по теме «Программная система ситуационного видеонаблюдения».

Ключевые слова: видеонаблюдение, распознавание лиц, видеоизображение, алгоритм, нейронные сети, метод Виолы-Джонса, разработка, сравнение.

Работа над данной статьей была проведена в ходе выполнения дипломного проекта на тему «Программная система ситуационного видеонаблюдения». Главная роль в ней отводится подсистеме обнаружения и распознавания лиц. В ходе разработки обозначенной системы требуется решить следующие основные задачи:

- ◆ детектирование лица на видеоизображении;
- ◆ локализация лица;
- ◆ идентификация личности по распознанному лицу.

Первой задачей, стоящей перед разработчиком данной системы, является выбор метода детектирования лица. Под детектированием лица в данной рабо-

те понимается определение факта присутствия лица на обрабатываемом изображении. Следующая задача — локализация лица на изображении. Под ней понимается определение местоположения на изображении лица, выявленного ранее на этапе детектирования. Заключительная задача, решаемая в ходе выполнения указанного дипломного проекта — идентификация личности человека, лицо которого было детектировано и локализовано на изображении. Иными словами, необходимо определить, кто именно попал в объектив камеры.

При определении способов решения поставленных выше задач автор руководствуется требованиями к системе, изложенными в техническом задании на разра-

ботку дипломного проекта по теме «Программная система ситуационного видеонаблюдения».

Согласно данным требованиям необходимо обеспечить достижение следующих характеристик системы:

- ◆ точность идентификации свыше 90%;
- ◆ скорость распознавания в пределах 1 секунды.

Существующие решения по распознаванию лиц в той или иной мере подвержены следующим недостаткам:

- ◆ зависимость качества распознавания от уровня освещённости;
- ◆ влияние ракурса на точность распознавания;
- ◆ влияние изменений мимики на точность распознавания.

Задачей данной статьи является выбор алгоритма для системы распознавания лиц, который наиболее полно соответствует требованиям технического задания, а влияние указанных выше недостатков минимально. Также является плюсом наличие документированной реализации алгоритма для упрощения использования метода в составе разрабатываемого проекта. Предпочтительные языки реализации: Delphi, C, C++, C#.

В данной статье рассматриваются следующие алгоритмы:

- ◆ метод гибкого сравнения на графах;
- ◆ метод главных компонент;
- ◆ нейронные сети;
- ◆ метод Виолы-Джонса.

1. Метод гибкого сравнения на графах

Метод гибкого сравнения на графах заключается в эластичном сопоставлении графов, описывающих изображения лиц. Лица представлены в виде графов со взвешенными вершинами и ребрами. Во время распознавания один из графов — эталонный — остается неизменным, в то время как другой изменяется с целью наилучшей подгонки к первому. Деформация графа происходит путем поочередного смещения каждой из его вершин на некоторое расстояние в определённых направлениях относительно ее исходного местоположения и выбора такой ее позиции, при которой разница между значениями признаков в вершине деформируемого графа и соответствующей ей вершине эталонного графа будет минимальной [1]. Данная операция выполняется до тех пор, пока не будет найдено минимальное различие между признаками деформируемого и эталонного графов. Процедура выполняется со всеми лицами, которые заложены в базу данных системы, вследствие чего скорость работы алгоритма возрастает пропорционально размеру базы данных с лицами.

Преимущества:

- ◆ высокая точность распознавания (~90%);
- ◆ устойчивость к смене ракурса (до 30°);
- ◆ влияние смены мимики на точность распознавания ниже, чем у остальных рассмотренных алгоритмов.

Недостатки:

- ◆ вычислительная сложность выше, чем у остальных рассмотренных алгоритмов вследствие того, что процедура поочередно выполняется с каждым лицом из базы данных;
- ◆ прямая зависимость времени работы от количества лиц в базе, что при большом объеме последней может вызывать задержки.

Указанные выше недостатки метода гибкого сравнения на графах не позволяют использовать его в системах, где требуется высокая скорость реакции.

2. Метод главных компонент

Метод Главных Компонент представляет собой способ уменьшения размерности данных при потере наименьшего количества информации. Широко применяется в таких областях, как распознавание образов, компьютерное зрение, сжатие данных и т.п. Процесс вычисления главных компонент сводится к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных или к сингулярному разложению матрицы данных. Метод главных компонент является статистическим и оперирует не изображениями, а векторами в линейном пространстве [2].

В случаях, когда на изображении присутствуют значительные изменения в уровне освещенности или выражении наблюдаемого лица, эффективность метода значительно снижается.

Преимущества:

- ◆ более низкое потребление памяти при работе по сравнению с прочими рассмотренными алгоритмами;
- ◆ простотой процесс добавления новых эталонных лиц к уже обученному алгоритму;

Недостатки:

- ◆ большая, по сравнению с конкурентами, чувствительность к освещенности, мимике и углу поворота головы;
- ◆ более строгие требования к качеству обучающих изображений по сравнению с остальными рассматриваемыми алгоритмами.

Вследствие существенной чувствительности к освещенности, мимике и углу поворота головы, использо-

Таблица 1. Сравнение алгоритмов распознавания лиц

метод \ критерий	Точность распознавания	Влияние мимики на точность распознавания	Время распознавания	Вычислительная сложность
Гибкого сравнения на графах	~90%	низкое	++	++
Главных компонент	~90%	высокое	+	+
Нейронные сети	>90%	низкое	+	+
Виолы-Джонса	>90%	низкое	+	+

вание данного метода в программной системе ситуационного видеонаблюдения не является оптимальным решением.

3. Нейронные сети

Искусственная нейронная сеть — это математическая модель, принципы устройства которой соответствуют таковым у биологических нейронных сетей, образованных нервными клетками живого организма.

Наиболее распространенный вариант — многослойный перцептрон. Входной сигнал в таких сетях распространяется в прямом направлении, от слоя к слою. Многослойный перцептрон в общем представлении состоит из следующих элементов:

- ◆ множества входных узлов, которые образуют входной слой;
- ◆ одного или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов;
- ◆ одного выходного слоя нейронов [3].

Преимущества:

- ◆ точность распознавания >90%, устойчивость к шумам входных данных;
- ◆ высокое, в сравнении с прочими рассмотренными алгоритмами, быстродействие вследствие распараллеливания процесса.

Существует и доступна для использования реализация данного алгоритма на языке Python под названием «OpenFace» [4].

4. Алгоритм Виолы-Джонса

В основу метода Виолы-Джонса положены: интегральное представление изображения по признакам Хаара, построение классификатора на основе алгоритма адаптивного бустинга и способ комбинирования классификаторов в каскадную структуру. Данный метод демонстрирует высокую эффективность при решении задачи поиска объектов на изображениях и видеопоследовательностях в режиме реального времени. Алгоритм Виолы-Джонса обладает низкой вероятностью ложного об-

наружения лица. Метод позволяет обнаруживать лицо при наблюдении его под углом до 30°. Точность идентификации может достигать значений свыше 90%. Метод был разработан в 2001 году, имеет большое количество реализаций и широко применяется на практике, как простой и эффективный. Алгоритм Виолы-Джонса имеет реализацию в свободно распространяемой библиотеке OpenCV, что позволяет использовать данный алгоритм в разрабатываемой системе видеонаблюдения [5].

Преимущества:

- ◆ низкий процент ложных срабатываний по сравнению с остальными рассмотренными алгоритмами;
- ◆ высокая скорость обнаружения (менее десятых долей секунды на актуальном в 2017 году ПК);
- ◆ простота программной реализации (благодаря штатным средствам библиотеки компьютерного зрения OpenCV).

По результатам рассмотрения приведенных выше алгоритмов было проведено их сравнение, результаты которого приводятся в таблице 1.

Метод гибкого сравнения на графах имеет большее время распознавания и вычислительную сложность. Метод главных компонент имеет большее, по сравнению с другими вариантами, влияние изменений мимики на точность распознавания. По результатам сравнительного анализа наиболее подходящими алгоритмами для распознавания лиц в программной системе ситуационного видеонаблюдения являются нейронные сети и метод Виолы-Джонса. Оба алгоритма удовлетворяют условиям технического задания и имеют высокие характеристики эффективности. Однако, метод нейронных сетей, в отличие от алгоритма Виолы-Джонса, не имеет реализаций на языках Delphi, C, C++, C#, которые указаны в качестве предпочтительных для реализации проекта. Выбор между использованием нейросетей и метода Виолы-Джонса был сделан в пользу последнего, так как он имеет реализацию средствами свободной библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Работа с ней возможна на языке C++, а благодаря оболочке EmguCV — также на языке C#.

В рамках данной статьи проведен обзор, указаны преимущества и недостатки следующих алгоритмов распознавания лиц: метод гибкого сравнения на графах, метод главных компонент, нейронные сети, метод Виолы-Джонса. На основании этого проведено их срав-

нение, согласно результатам которого был выбран алгоритм, наиболее полно соответствующий требованиям технического задания к дипломному проекту на тему «Программная система ситуационного видеонаблюдения».

ЛИТЕРАТУРА

1. Лычагин Р.В., Аноприенко А. Я., Иваница С. В. Особенности методов распознавания с помощью антропометрии // Международная научно-техническая конференция студентов и молодых учёных: Донецк, ДонНТУ, 2016. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2016/fknt/lychagin/library/article1.htm> (дата обращения 14.04.2017).
2. Мищенко Е. С. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 9: Исследования молодых ученых. 2013. № 11. С. 74–77.
3. Многослойный перцептрон [Электронный ресурс] // aiportal.ru. 2017. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/multi-perceptron.html> (дата обращения: 15.04.2017).
4. Применение нейросетей в распознавании изображений [Электронный ресурс] // geektimes.ru. 2009. URL: <https://geektimes.ru/post/74326/> (дата обращения: 14.04.2017).
5. Академия Intel. Введение в естественно-интуитивное взаимодействие с компьютером. Лекция 5: Модуль анализа мимики лица Intel Perceptual Computing SDK [Электронный ресурс] // intuit.ru. 2017. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/lecture/18229> (дата обращения: 16.04.2017).

© Забашта Александр Юрьевич (orangealex25@gmail.com), Хохлов Сергей Александрович, Скорикова Серафима Александровна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЭФФЕКТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТНОЙ ГРУППОЙ

SYSTEM APPROACH TO EFFECTIVE PROJECT TEAM

Yu. Konoov

Summary. The article presents a step-by-step methodology for solving problems that arise before analysts and managers in the management of a project team. The methodology is aimed at obtaining a result in the performance of production indicators. An example of preparation of products in the form of project documentation is considered in the context of short deadlines, limited resources of both time and human resources.

The express method of setting «effective questions» for solving urgent problems is considered, based on the approaches of system analysis and similar methods.

Keywords: decision making, rapid analysis algorithm, information flow, decomposition, communication, project team, indicator, information overload, automated information processing and management system, expert evaluation, information integrity, system analysis.

Кононов Юрий Михайлович

*К.т.н., директор, Информационно-консультационный
центр «Мастер-Класс Консалт»
yktom1@gmail.com*

Аннотация. В статье представлена поэтапная методика решения задач, возникающих перед аналитиками и руководителями при управлении производственным коллективом. Методика направлена на получение результата при выполнении производственных показателей. Рассматривается пример подготовки продукции в виде проектной документации в условиях сжатых сроков, ограниченности ресурсов как временных, так и людских.

Рассмотрен экспресс-метод постановки «эффективных вопросов» для решения срочных задач, основанный на подходах системного анализа и подобных методиках.

Ключевые слова: принятие решений, экспресс-метод, методика, алгоритм, поток информации, декомпозиция, коммуникация, проектная группа, показатель, информационная перегрузка, автоматизированная система обработки информации и управления, экспертная оценка, целостность информации, системный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

На текущем этапе развития общества в условиях стремительно развивающихся науки, техники и информатизации весомым фактором, влияющим на производственный процесс, является скорость происходящих изменений в этих сферах. Для устойчивого функционирования крупных научно-производственных систем необходимо уметь оперативно реагировать на изменившуюся ситуацию с учётом современных требований, предъявляемых к скорости обработки информации и принятию эффективных решений. Гибкость и оперативность решения производственных задач стала необходимостью для выживания научно-производственных систем.

При решении сложных производственных задач и оптимизации производственных процессов широко использовались системные исследования и методы системного анализа. В этой связи поиск и совершенствование экспресс-методик принятия решений, адаптированных к современным условиям, является актуальной для науки и производства задачей.

1. Обзор исследований в рассматриваемой области

Существует много вариантов определения термина «системный анализ» и имеются различные мнения о том, какой в это понятие должен быть вложен смысл. Счита-

ется что системный анализ — это методология решения крупных проблем, основанная на концепции систем [1, 2].

Системный анализ используется в ситуациях, когда задача характеризуется слабо-структурированностью, неопределенностью, неформальностью и многокритериальностью [3, 4, 5].

За несколько десятилетий идея формирования общепотребительной методики решения проблем была доведена до создания специальной технологии, которую стали называть прикладной системный анализ. Эта область знаний уже стала профессией: в ряде университетов мира готовят системных аналитиков. Существуют десятки фирм, принимающих заказы на решение любых проблем от любых клиентов. В Вене давно существует Международный институт прикладного системного анализа, работающий над глобальными и межнациональными проблемами. Многие вузы курс прикладного системного анализа включают в учебные планы разных факультетов, как физико-математических, так и естественных, и гуманитарных. Для решения проблем реальной жизни необходим некий сплав науки, искусства и ремесла. Пропорции между ними для каждой проблемы специфичны [1].

В связи с этим представляет интерес исследование и совершенствование подходов применяемых в системном анализе и аналогичных методиках.

Таблица 1. Сравнительная классификация этапов системного анализа

N	По С. Л. Оптнеру	По С. Янгу	По Н. П. Федоренко	По С. П. Никанорову	По Ю. И. Черняку	По Ф. П. Тарасенко
1	Определение актуальности проблемы	Определение целей организации	Формулирование проблемы	Обнаружение проблемы	Анализ проблемы	Фиксация проблемы
2	Определение целей	Выявление проблемы	Определение целей	Оценка актуальности проблемы	Определение системы	Диагностика проблемы
3	Определение структуры системы и ее дефектов	Диагностика (определение, распознавание)	Сбор информации	Анализ ограничений проблемы	Анализ структуры системы	Составление списка стейкхолдеров
4	Определение возможностей	Поиск решения	Разработка максимального количества альтернатив	Определение критериев	Формирование общей цели и критерия системы	Выявление проблемного месива
5	Нахождение альтернатив	Оценка и выбор альтернатив	Отбор альтернатив	Анализ существующей системы	Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах и процессах	Определение конфигуратора
6	Оценка альтернатив	Согласование решения	Построение модели в виде уравнений, программ или сценария	Поиск возможностей (альтернатив)	Выявление ресурсов и процессов, композиция цели	Целевыявление
7	Выработка решения	Утверждение решения	Оценка затрат	Выбор альтернативы	Провоз и анализ будущих условий	Определение критериев
8	Признание решения	Подготовка к вводу в действие	Испытание чувствительности решения (параметрическое исследование)	Обеспечение признания	Оценка целей и средств	Экспериментальное исследование систем
9	Запуск решения	Управление применением решения		Принятие решения (принятие формальной ответственности)	Отбор вариантов	Построение и усовершенствование моделей
10	Управление реализацией решения	Проверка эффективности		Реализация решения	Диагноз существующей системы	Генерирование альтернатив
11	Оценка реализации и ее последствий			Определение результатов решения	Построение комплексной программы развития	Выбор, или принятие решения
12					Проектирование организации для достижения целей	Реализация улучшающего вмешательства

Дополнение к таблице 1

Цвет заливки	Значение группы этапов в зависимости от заливки ячейки
Диагностика	Группа этапов диагностики
Модель	Группа этапов моделирования текущей ситуации
Гипотеза	Группа этапов подготовки и выбора решения
Действие	Группа этапов реализации решения и оценки результата

*В легенде черным выделено условное разделение алгоритма системного анализа на укрупненные этапы.

Проблемная ситуация — это некоторое реальное стечение обстоятельств, положение вещей, которым кто-то недоволен, неудовлетворен и хотел бы изменить.

Под *проблемой* понимается — субъективное отрицательное отношение человека к реальности [1].

Проблему (задачу) можно определить — как разницу между желаемым состоянием системы (С2) и существующим состоянием системы (С1).

Каждое из состояний зависит от множества составляющих факторов системы в существующем состоянии системы

$$C1=f(a1, b1, c1, d1... n1) \quad (1)$$

и в желаемом состоянии системы

$$C2=f(a2, b2, c2, d2... n2). \quad (2)$$

Задачей применения рассматриваемых методик и алгоритмов решения задач является способность повлиять на данные факторы для приведения их в желаемое состояние.

Такой подход реализован в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г. А. Альтшуллера. ТРИЗ-технология — это технология решения творческих задач, то есть задач, не имеющих четких механизмов решения [6]. Системный анализ в свою очередь является одним из методов ТРИЗ.

Анализ первоисточников

Выполнен анализ методик системного анализа по отечественным и зарубежным источникам. Во второй половине 20 века, в СССР издаются книги с названиями «Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США», «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем», «Системный анализ для руководителей», «Системный подход к изучению экономических явлений», «Комплексное народнохозяйственное планирование». Это первые издания, переведенные на русский язык и выпущенные большим тиражом для широкого круга читателей в СССР [2, 7, 8]. В вышеприведенных источниках рассматриваются подходы к решению крупных промышленных проблем.

Этапы алгоритма системного анализа

У разных авторов при близости общей схемы алгоритма системного анализа его этапы существенно отличаются.

Это хорошо видно из сопоставления работ С.Л. Оптнера, С. Янга, Н.П. Федоренко, С.П. Никанорова, Ю.И. Черняка, Ф.П. Тарасенко. В таблице 1 приведена сравнительная классификация этапов системного анализа по отечественным и зарубежным источникам [1–3, 7–13].

Представленные технологии позволяют решить задачу изменения состояния исследуемой системы, в желаемую сторону. Рассмотренные методики созданы в основном для решения крупных производственных задач.

Данная работа была выполнена по конкретной практической тематике с целью подбора методики применимой для оперативного решения задач и принятия решений.

2. Выбор и применение метода управления

В данном исследовании для условий ограниченности системы управления по размеру, можно воспользоваться локальными методами управления. Установлено, что в случае мелкой социо-технической системы (проектная группа, включающая до 50 экспертов и ее аппаратно-техническое и информационное обеспечение) эффективно влиять на ряд основных факторов, складывающихся состояние системы, можно с помощью коммуникативных методов управления.

В XX веке на смену методу «проб и ошибок» пришёл **«метод контрольных вопросов»** Г.С. Альтшуллера, который является одним из коммуникативных методов решения задач.

Коммуникативные методы — это методы симметричной и асимметричной коммуникации, целью которых является создание благоприятной коммуникативной обстановки в организации в сферах ее взаимодействия с компонентами внешней среды, в вопросах управления персоналом и принятия решений, путем постановки конструктивных вопросов, задаваемых по определённому алгоритму.

Использование данного подхода целесообразно в небольших рабочих коллективах, когда субъект управления непосредственно может взаимодействовать с объектом управления, руководствуясь определённым алгоритмом.

Для оперативного реагирования на изменения в производственной системе руководителям коллективов необходимо на практике осваивать новые технологий управления. В настоящее время в России развивается направление бизнес-коучинга для решения задач оптимизации производственных процессов [15].

Таблица 2. Переход к укрупненным этапам коммуникативного метода управления

N	Ф. П. Тарасенко [1]	Д. Уитмор [18]			Предложенная модель экспресс-метода анализа	
		Этапы	Контекст вопросов	Что анализируем?	Укрупнённые этапы	Контекст «эффективных вопросов»
1	Фиксация проблемы	Проблема, Цель	I. В чем проблема? Чего ты хочешь?	желание, цель	I. Диагностика.	1. В чем задача? 2. Что необходимо изменить?
2	Диагностика проблемы	Реальность (обследование текущей ситуации)	Что происходит сейчас?	Привычки Реальность Опыт		
3	Составление списка стейкхолдеров					
4	Выявление проблемного месива					
5	Определение конфигуратора	Варианты (список возможностей)	Что можно сделать?	ресурсы, варианты критерии, ограничения какие действия будешь предпринимать	II. Модель.	Что происходит сейчас? (текущее состояние системы и ее параметров)
6	Целевыявление					
7	Определение критериев	Намерения	Что ты будешь делать?	План действий (пример: Шаг 1 — действуем по первому варианту из ячейки выше. Например — провести собрание с владельцами компании. Шаг 2 — предложить пути решения сложившейся ситуации. Шаг 3 — утвердить программу внедрения разработанных предложение. Шаг 4 — назначить ответственных. Шаг 5 — определить сроки реализации решений.)	III. Гипотеза	Варианты решения задачи? Какие действия следует предпринять? (для изменения состояния системы, ее параметров)
8	Экспериментальное исследование систем					
9	Построение и усовершенствование моделей					
10	Генерирование альтернатив					
11	Выбор, или принятие решения	Действие	Когда?	Дата, срок реализации действия (№ 1, 2, 3)	IV. Действие	Когда?
12	Реализация улучшающего вмешательства					

Методика представляет последовательность вопросов, помогающих самостоятельно понять и реализовать шаги к достижению цели подсистемы управления. Эта методика применительно к решению производственных задач аналогична *методу контрольных вопросов* упомянутому выше.

В таблице 2 представлено сопоставление алгоритма прикладного системного анализа, алгоритма коучинга [15, 16] и этапов экспресс-метода решения срочных задач, основанное на укрупнении этапов алгоритма системного анализа и аналогичных методик.

Процедура постановки «*эффективных вопросов*» за счёт использования укрупненных этапов экспресс-метода анализа позволяет оперативно перейти к конструктивному решению задачи.

Эффективность данного подхода подтверждается повышением производительности при обработке информации и принятии решений в рамках рассматриваемого производственного процесса, что в свою очередь позволяет сократить трудозатраты на выполнение производственных показателей [15–18].

Полная трудоёмкость выполнения работ складывается из следующих составляющих: технологическая трудоёмкость, трудоёмкость обслуживания, производственную трудоёмкость и трудоёмкость управления. Представленный частный случай экспресс-метода позволяет, прежде всего, эффективно влиять на трудоёмкость обслуживания и трудоёмкость управления.

Выводы

Представлено сопоставление методов и алгоритмов системного анализа.

Предложена модель экспресс-анализа. Данный алгоритм применим к решению задач при ограниченном размере подсистем, участвующих в технологическом процессе.

Рассмотрена процедура постановки «эффективных вопросов» реализованная укрупнёнными этапами экспресс-метода анализа, позволяющая оперативно перейти к конструктивному решению задачи.

Проведённые испытания подтвердили, что рассматриваемый метод применим для процесса управления производственной проектной группой.

Методика апробирована при подготовке проектно-технологических документов, управлении проектной группой.

В перспективе планируется получить количественную оценку эффективности результатов применения предложенного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ: учебное пособие // М.: КНОРУС, 2010. — 224 с.
2. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой // М.: Экономика, 1975.-171 с.
3. Кононов Ю. М. Разработка экспертной системы для выбора методов увеличения нефтеотдачи пластов в условиях нечетких входных данных // дис. канд. техн. наук: 05.13.01 — Новосибирск, 2013. — 293 с.
4. Абарникова Е. Б. Разработка и исследование экспертной системы для анализа различных предметных областей в условиях нечеткой информации // дис. канд. техн. наук: 05.13.01 — Комсомольск-на-Амуре, 2001. — 163 с.
5. Шилов Н. Г., Ермолаев В. И., Методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транспортных системах. <http://journals.nstu.ru/vestnik>. // Научный вестник НГТУ. — 2016. — № 3 (64). — с. 59–72.
6. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — 2-е изд., доп. — Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1991. — 225 с. (Наука и технический прогресс).
7. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата // В. Н. Волкова, А. А. Денисов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 616 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.
8. Волкова В. Н. Из истории развития системного анализа в нашей стране // Экономическая наука современной России. № 2, 2001 г., стр 138–152
9. Орлов А. И. Теория принятия решений // А. И. Орлов. — М.: Издательство «Март», 2004. — 656 с.
10. Оразбаев Б. Б. Методы многокритериального выбора и интеллектуальные системы принятия решений для управления производственными объектами при нечеткой исходной информации // дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.16 / Оразбаев Батыр Бидайбекович. — М, 1996. — 467 с.
11. Норенков И. П. Автоматизированные информационные системы // учеб. пособие / И. П. Норенков. — М.: МГТУ, 2011. — 342 с.
12. Кононов Ю.М., Гольдштейн А. Е. Экспертно-диагностическая система для выбора методов увеличения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях в условиях нечетких входных данных // Ползуновский вестник. — 2013. — № 2 — С. 57–62.
13. Kononov Y.M, Ivanov E. N. Application of Fuzzy logic for enhanced oil recovery methods selection // Modern Techniques and Technologies: Proceedings of the eighteenth International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. — Tomsk: TPU Press, 2012. — P. 107–108.
14. Кононов Ю.М., Иванов Е. Н. Использование нечеткой логики в задачах аналитического моделирования методов увеличения нефтеотдачи // Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции. — Томск: Изд-во ТПУ, 2012 — Т. 3 — С. 95–96.
15. Кононов Ю. М. Коучинг как методика постановки эффективных вопросов для наставника и руководителя // Дипломная работа, 2015–2016 [Electronic resource]: website. — URL: <http://yktom1.wixsite.com/kononov-coach/blog>
16. Уитмор Д. Коучинг высокой эффективности // Пер. с англ. — М.: Международная академия корпоративного управления и бизнеса, 2005. — С. 168.
17. Давидюк Н. В. Методика оценки требуемого уровня защищенности информационных ресурсов автоматизированных систем обработки информации и управления. Научный вестник НГТУ, том 65, № 4, 2016, с. 100–109.
18. Ханова А.А., Уразалиев Н. С., Усманова З. А. Метод ситуационного управления сложными системами на основе сбалансированной системы показателей. <http://journals.nstu.ru/vestnik>. // Научный вестник НГТУ. — 2016. — № 3 (64). — с. 69–82.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ И ДОКУМЕНТООБОРОТОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

IMPROVEMENT OF METHODS AND ALGORITHMS FOR MANAGING BUSINESS PROCESSES AND DOCUMENT REFERENCE OF THE COMPANY

Yu. Kononov

Summary. The article presents the results of developing a business process management system for a research and development enterprise. The results of the transition to the new requirements of the international standard for quality management of manufactured products.

Requirements for work quality lead to the need to build better control system. This is especially important for large industrial and scientific enterprises that consist of hundreds of units and related subcontractors. In this regard, particular relevance is the re-research and improvement of approaches and methods for managing and systematization of business processes. One of the management methods is the local regulatory documents that are designed to ensure the correct and effective operation of the processes controlled by them.

Legislative normative documents, international standards ensuring the regulation of the preparation and release of products processes have been considered.

In 2015 the international standard ISO 9001:2015 was updated. This entailed the need to update all processes and management methods that it controlled. The presentation of related processes and their management as a system contributes to the effective achievement of planned results. This approach allows the organization to manage the interactions and interrelationships of processes in the system, thereby improving the organization's overall performance.

The review of the system and management methods applied by the state and enterprises is carried out. The standard ISO 9001:2015 that is required to create certification and improve the quality management system has been analyzed. Recommendations for the further development of the business design process in the overall system of industrial enterprise management were formulated.

Keywords: effective management, methodology, algorithm, communication, engineering, designation, automation, market, quality management system, standard, management control, process approach, situational approach, objectives, laws, principles, methods, functions, management technology, practice of management activity.

Кононов Юрий Михайлович

*К.т.н., директор, Информационно-консультационный центр «Мастер-Класс Консалт»
yktom1@gmail.com*

Аннотация. В статье представлены результаты разработки системы управления бизнес-процессом научно-исследовательского предприятия. Результаты перехода на новые требования международного стандарта по управлению качеством выпускаемой продукции.

Большое значение в процессе организации работ играет управление бизнес-процессами. Постоянно повышающиеся требования к качеству работы приводят к необходимости построения более совершенных систем управления. Особенно это ощущается на крупных промышленных и научных предприятиях, где в производственный процесс вовлечены сотни подразделений и смежных субподрядных предприятий. В этой связи особую актуальность представляет исследование и совершенствование подходов и методов управления, алгоритмизации и систематизации бизнес-процессов. Одним из методов управления, особенно в крупных предприятиях, являются локальные нормативные документы, которые призваны обеспечить корректное и эффективное функционирование подконтрольных им процессов.

Рассмотрены законодательные нормативные документы, международные стандарты, обеспечивающие регулирование процессов подготовки и выпуска продукции.

В 2015 году произошло обновление международного стандарта (ISO 9001:2015), что повлекло за собой необходимость актуализации всех подконтрольных ему процессов и методов управления. Представление взаимосвязанных процессов и управление ими как системой способствует результативному и эффективному до-стижению организацией запланированных результатов. Этот подход позволяет организации управлять взаимодействиями и взаимосвязями процессов в системе, благодаря чему может быть улучшена деятельность организации в целом.

Осуществлён обзор системы и методов управления применяемый государством и предприятиями. Проанализирован стандарт ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001–2015), требования которого используются для создания, сертификации и совершенствования системы управления качеством. Сформулированы рекомендации, направленные на дальнейшее развитие бизнес-процесса проектирования в общей системе управления предприятиями.

Ключевые слова: эффективное управление, принятие решений, методика, алгоритм, обработка информации, коммуникация, проектирование, показатель, автоматизация, качественное управление производственными процессами, рынок, система менеджмента качества, стандарт, управленческий уровень, системный подход, процессный подход, ситуационный подход, цели, законы, принципы, методы, функции, технологии управления, практика управленческой деятельности.

Таблица 1. Политика в области качества

Уровни	Вид регулирующей документации
1	Руководство по качеству
2	Стандарты организации системы менеджмента качества
3	Стандарты организации (СТО), рекомендации, руководящие документы
4	Записи по качеству
базовый уровень	Законодательные и государственные нормативные документы

ВВЕДЕНИЕ

На текущем этапе развития общества в условиях стремительно развивающихся науки, техники и информатизации весомым фактором, влияющим на производственный процесс, является оптимизация процессов управления производственными процессами. Для устойчивого функционирования крупных научнопроизводственных систем [1,2] необходимо уметь оперативно реагировать на изменившуюся ситуацию с учётом современных требований, предъявляемых к скорости обработки информации и принятию эффективных решений. Гибкость и оперативность решения производственных задач стала необходимостью для выживания научно-производственных систем.

В 2015 году произошло обновление международного стандарта (ISO 9001:2015), что повлекло за собой необходимость актуализации всех подконтрольных ему процессов и методов управления. В этой связи совершенствование методик менеджмента производственных процессов, является актуальной для науки и производства задачей.

1. Постановка и решение задачи

Для эффективной работы предприятия была поставлена цель разработать стандарт систематизирующий осуществление документооборота и регулирующей работу структурных подразделений и профильных специалистов в соответствии с требованиями ISO 9001:2015 [3].

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи.

- ◆ провести обзор существующей системы управления;
- ◆ провести аналитическую проработку ISO 9001:2015;
- ◆ выбрать и предложить эффективные методы управления;
- ◆ систематизировать процессы управления и подготовки продукции;



Рис. 1. Уровни управления и функции групп элементов управления

- ◆ разработать шаблоны данных для ускорения процесса подготовки продукции;

2. Обзор существующей системы управления

Структура политики в области качества с видами отчетных документов представлена в таблице 1 [4].

Систему менеджмента качества называют системой «управления управлением». Переходя к самой системе управления, обратимся к её составляющим. Система менеджмента качества организации — часть общей системы управления.

В выполняемой работе исследования и разработки будут сосредоточены в основном на третьем уровне в соответствии с таблицей 1.

На рисунке 1 представлены уровни управления и функции групп элементов управления.

3. Переход к ISO 9001:2015, основные отличия

Новая версия ISO 9001:2015 содержит целый ряд существенных изменений, которые переводят этот стандарт на новый уровень в сравнении с версией ISO 9001:2008. Основная цель изменений стандарта заключается в необходимости сосредоточиться на управлении процессами. Это должно позволить успешно применять стандарт к более широкому кругу предприятий

Таблица 2. Отличия новой и старой версий стандарта ИСО 9001:2015 и ИСО 9001:2008

1	Отход от классических корректирующих и предупреждающих действий.	Вместо этого, новая версия стандарта ИСО 9001:2015 предлагает применять модель управления рисками. Эта модель является более общей, чем жесткий набор действий, которые указаны в ИСО 9001:2008 (в разделах корректирующие и предупреждающие действия). Для управления рисками организации могут применять стандарт ИСО 31000:2009 (Управление рисками — принципы и руководящие указания).
2	Применение понятия «контекст организации».	Введение этого понятия подразумевает более широкие рамки действия системы менеджмента качества. Новая версия стандарта требует от организаций учитывать множество факторов, которые могут влиять на систему и ее устойчивость. В частности, практически каждая организация зависит от таких внешних факторов как использование энергии, материалов, закупок, окружающей среды и др. Кроме того, значительное влияние на работу системы качества и организации в целом оказывают внутренние факторы (например, корпоративная культура, организационная дисциплина и пр.). Все эти факторы должны быть учтены при планировании, создании и работе системы качества.
3	Переход от понятий «документ» (ИСО 9001:2008 п.п. 4.2.3) и «записи» (ИСО 9001:2008 п.п. 4.2.4) к понятию «документированная информация».	Этот переход позволил отказаться от применения документированных процедур и руководства по качеству. В новой версии ИСО 9001:2015 этих документов не требуется. Вместо этого организация может применять различные виды документирования (например, это могут быть как бумажные и электронные документы, так и видео и звукозаписи).

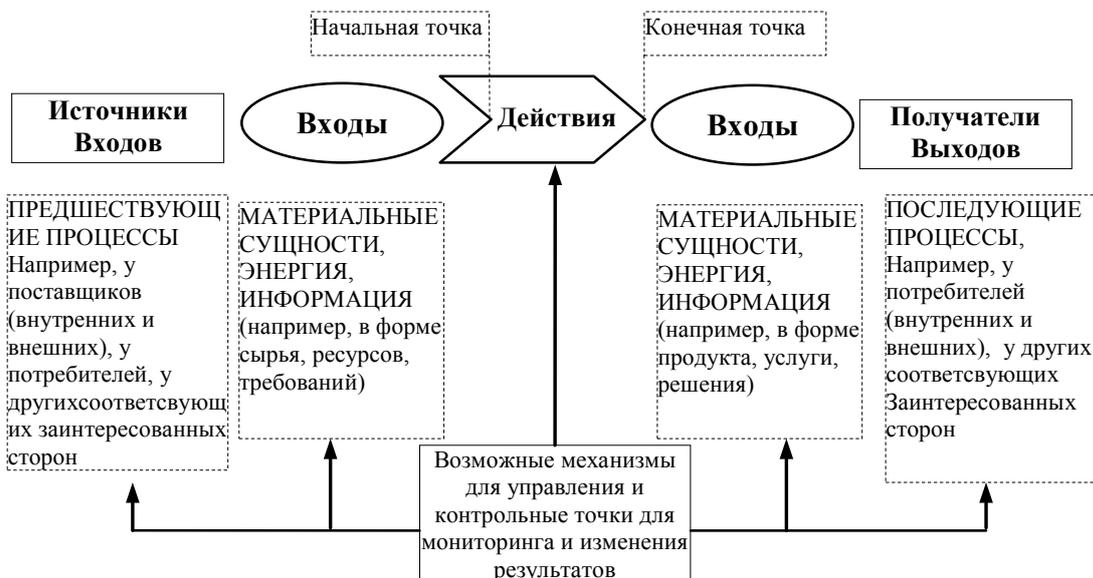


Рис. 2. Схематическое представление элементов одиночного процесса

и организаций без разработки дополнительных, специфических требований.

Сравнение ИСО 9001:2008 и ИСО 9001:2015 позволяет понять сущность отличий новой и старой версий стандарта ИСО 9001 [3]. В новой версии изменена структура стандарта, проведенный обзор детальных изменений сведен в таблицу 2.

Кроме указанных в таблице 2 ключевых изменений в стандарте ИСО 9001:2015 сделано множество других (менее глобальных) доработок. Например, термин «продукт» заменен на «товары и услуги», сокращено количество принципов системы менеджмента качества и множество других.

Более детальный состав изменений приведен по каждому из разделов стандарта ИСО 9001:2015. Сравнение ИСО 9001:2008 и ИСО 9001:2015 проведено на основе действующей версии 2008 года и версии DIS ISO 9001:2015.

Стандарт ISO 9001:2015 имеет ряд преимуществ перед предыдущей версией, в него включены пункты, непосредственно относящиеся к регулированию процесса проектирования, что предъявляет требования к управлению процессом, и позволяет выполнять работу более качественно. А именно прописаны требования по следующим ключевым видам работ:

- ◆ Разработка и проектирование продуктов и услуг
- ◆ Планирование проектирования и разработки

- ◆ Исходные данные для проектирования и разработки
- ◆ Средства управления проектированием и разработкой
- ◆ Результаты проектирования и разработки

Алгоритмизация бизнес-процессов

Новые требования подразумевают приведение всех процессов к единому виду с определением входов, выходов и алгоритмизации каждого подпроцесса. Схематическое представление элементов одиночного процесса приведено на рисунке 3. Это ведет к разработке дополнительных подсистем управления бизнес-процессами.

3. Выбор используемых подходов

Выполнен анализ методов управления бизнес-процессами [2, 5]. Представленные технологии позволяют решить задачу изменения состояния исследуемой системы, в желаемую сторону. Рассмотренные методики созданы в основном для решения крупных производственных задач.

Данная работа была выполнена по конкретной практической тематике с целью подбора методики применимой для оперативного решения задач и принятия решений.

Создание эффективной организации является одной из ключевых идей в менеджменте качества. На это направлены два его базовых принципа — системный и процессный подходы. Модель деятельности, построенную на этих принципах, можно представить следующим образом:

- ◆ верхний уровень — это область стратегических замыслов и определения способов их достижения;
- ◆ на втором уровне организации системы закладывается ее эффективность;
- ◆ следующий уровень — это проекты, переводящие бизнес-систему в новое состояние;
- ◆ последний уровень — это уровень операционной деятельности, который фактически объединяет все управленческие решения, принятые в прошлом.

Все это предопределяет значимость организационного менеджмента, формирующего способность предприятия быстро и эффективно перестраивать свою деятельность, отвечая на вызовы рынка. [4]

Подходы к управлению включают в себя цели, законы, принципы, методы и функции, технологии управления и практику управленческой деятельности. Основ-

ной задачей системы управления организации ставится формирование профессиональной управленческой деятельности. Ввиду этого был проведен обзор и сопоставление применимости процессного, системного и ситуационного подходов.

Процессный подход к управлению

Деятельность по выполнению функций является процессом, требующим определенных затрат ресурсов и времени. Именно процессный подход к менеджменту позволил увидеть взаимосвязь и взаимозависимость функций управления.

Процесс менеджмента отражает рекомендованную последовательность выполнения основных функций управления, точнее, последовательность начала действий по выполнению функций, так как осуществление многоконтурной обратной связи приводит к одновременному осуществлению функций.

Качество выполнения предыдущего этапа — необходимое условие обеспечения качества выполнения последующего этапа (функции). В этом выражается взаимозависимость функций. Связующими процессами являются процесс коммуникаций и процесс принятия решений.

В организации протекает множество процессов. М. Портер предлагает классификацию процессов, которая базируется на их роли в создании дополнительных ценностей (каждый процесс должен вносить дополнительный вклад по отношению к предыдущему процессу в ценность конечного продукта). В соответствии с этим критерием все процессы подразделяют на три группы:

- ◆ основные, связанные непосредственно с производством продукции;
- ◆ обеспечивающие процессы осуществляют поддержку основных процессов (снабжение, управление персоналом и ДР);
- ◆ управленческие процессы включают процессы по установлению целей и формированию условий для их достижения.

Все перечисленные процессы взаимосвязаны между собой и образуют единую систему [5].

Системный подход к управлению

Исследование управления как процесса привело к широкому распространению системных методов анализа. Применение системного подхода тесно связано с использованием общей теории систем для принятия управленческих решений. Огромный вклад в это науч-

ное направление сделали такие ученые, как Дж. Лорш, П. Лоу-ренс, Э. Г. Юдин и др. [6–9]

Предприятие в рамках данного подхода рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов (подразделений, функций, процессов, методов). Основная идея системной теории заключается в том, что любое решение (действие) имеет последствия для всей системы. Системный подход в управлении позволяет избежать ситуации, когда принятое решение в одной области превращается в проблему для другой.

По мере усложнения связей организации с внешней средой акцент переносится на выявление и описание ее неразрывной связи с внешним миром. В результате в 70-х гг. XX в. сформировались черты модели организации как открытой системы. Была дана характеристика внешней среды как совокупности факторов, воздействующих на функционирование организации и находящихся за ее границами.

Ситуационный подход к управлению

Ситуационный подход дает более детальное объяснение вопросу о том, почему предприятия со сходным строением и в одной и той же внешней среде (например, работающие в одной отрасли и реализующие свою продукцию на одних и тех же рынках), значительно отличаются в отношении результата функционирования. [10]

Эту проблему пытается решить ситуационный подход посредством увязывания различных приемов и концепций с конкретными ситуациями функционирования предприятия для достижения своих целей. Ситуационный подход концентрируется на ситуационных различиях между предприятиями и внутри самих предприятий, пытается определить значимые переменные ситуации и их влияние на эффективность деятельности предприятия. Были сформулированы следующие внутренние переменные: цели, структура, ресурсы культуры организации. Именно вариативность внутренних переменных предопределяет возможность решения проблемы гибкости и адаптивности к внешней среде.

Ситуационный подход внес большой вклад в развитие теории управления. Он содержит конкретные рекомендации по применению научных концепций, принципов, методов в зависимости от сложившейся ситуации и условий внешней среды [5].

По результатам проведенного анализа было принято использовать совокупность вышеперечисленных методов в зависимости от задач и типа организуемого подпроцесса. По итогам анализа и применения ИСО выбран метод управляющих воздействий.

4. Применение метода управления

Вышеприведенные изменения вызвали необходимость реинжиниринга большинства бизнес-процессов действующих предприятий, а также обновления и разработки новых регулирующих и управляющих документов.

Как следствие в связи со вступлением в действие ISO 2015 возникла необходимость разработать планы-графики перехода на ISO 9001:2015; паспорта выполняемых предприятием бизнес-процессов; В данном случае паспорт бизнес-процесса.

В процессе работы созданы алгоритмы, путеводители, матрицы, шаблоны, унифицированные формы, представления (входной) информации для удобства обработки информации.

Прописаны входы и выходы подпроцессов составляющих документооборот в соответствии с ИСО 9001:2015.

Целью разработки управляющего документа является повышения качества и соблюдения сроков выполнения работ при осуществлении документооборота.

Алгоритмизация и систематизация бизнес-процесса документооборота позволила решить следующие задачи управления производственным процессом:

- ◆ Разработать требования к входам и выходам процессов
- ◆ Разграничить обязанности и ответственности сотрудников
- ◆ Алгоритмизировать процесс компьютерной обработки информации
- ◆ Разработать шаблоны представления входных и выходных данных
- ◆ Определить процедуры, входы, выходы достаточности входных, выходных и преобразованных данных.

Выводы

Разработан стандарт систематизирующий документооборот и регулирующий работу отделов в соответствии с ИСО 9001:2015 позволивший разграничить и определить обязанности и ответственность субъектов участвующих в процессе, а так же ускорить процесс за счет создания четкой структуры и алгоритма процесса и схемы взаимодействия специалистов.

Приведены результаты управления процессом проектирования с помощью метода управляющих воздействий.

Рассматривается пример подготовки продукции в условиях сжатых сроков, ограниченности ресурсов как временных, так и производственных.

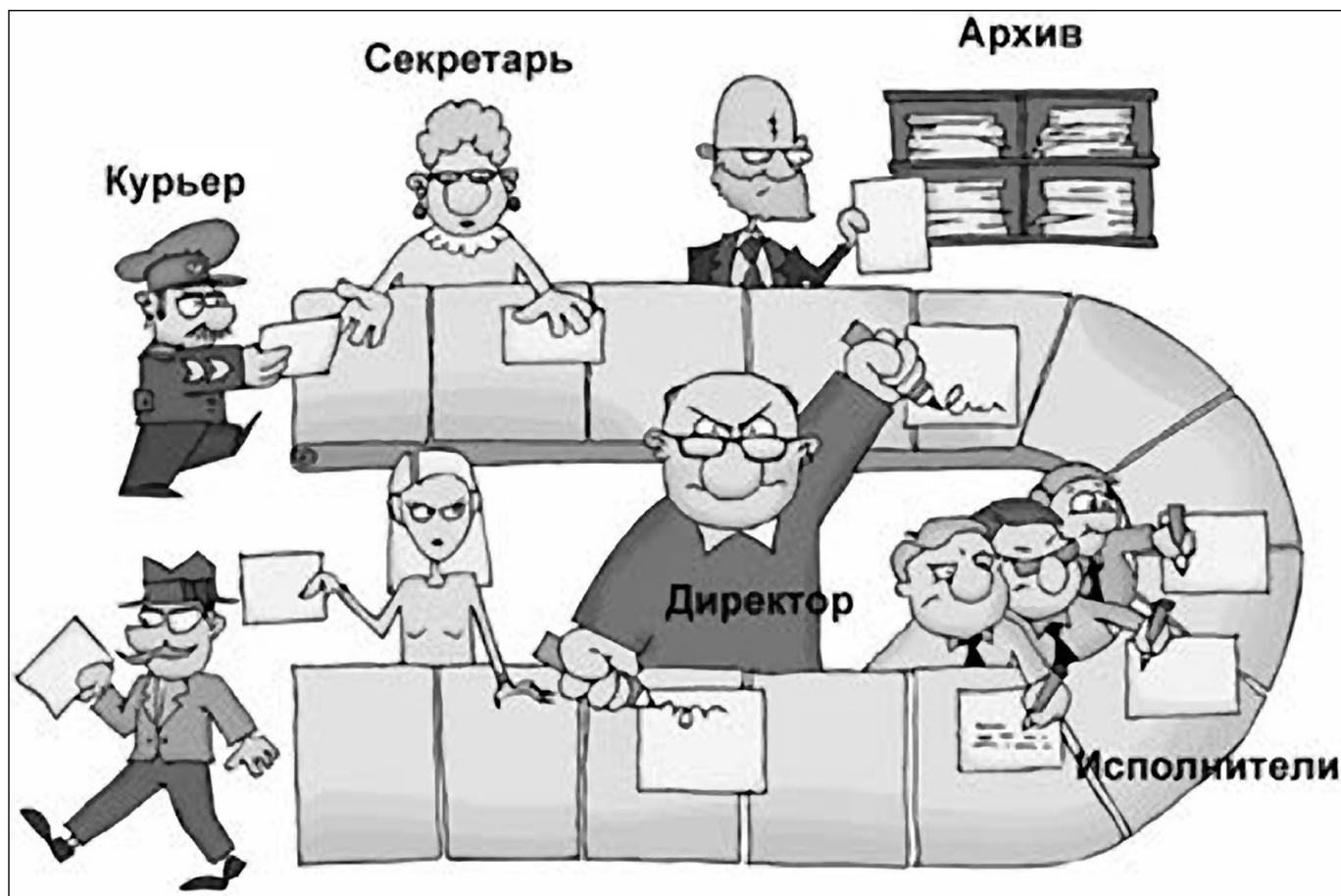
Приведены результаты разработки локальных нормативных документов с целью управления, систематизации и алгоритмизации документооборота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ: учебное пособие // М.: КНОРУС, 2010. — 224 с.
2. Кононов Ю. М. Обзор методик и алгоритмов решения задач управления производственным процессом на основе подходов системного анализа // Сборник научных трудов НГТУ. — 2017. — № (2). — с. 46–59.
3. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования.. — М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. — 52 с.
4. Гумеров А. В. Система менеджмента качества в общей системе управления промышленным предприятием // Российское предпринимательство. — 2010. — № 10–1 (168). — с. 68–72.
5. Ямпольская Д. О., Зонис М. М. Менеджмент. — М.: «ОЛМА-ПРЕСС», 2003. — с. 160
6. Абарникова Е. Б. Разработка и исследование экспертной системы для анализа различных предметных областей в условиях нечеткой информации // дис. канд. техн. наук: 05.13.01 — Комсомольск-на-Амуре, 2001. — 163 с.
7. Шилов Н. Г., Ермолаев В. И., Методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транс-портных системах. <http://journals.nstu.ru/vestnik>. // Научный вестник НГТУ. — 2016. — № 3 (64). — с. 59–72.
8. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата // В. Н. Волкова, А. А. Денисов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 616 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.
9. Волкова В. Н. Из истории развития системного анализа в нашей стране // Экономическая наука современной России. № 2, 2001 г., с. 138–152.
10. Орлов А. И. Теория принятия решений // А. И. Орлов. — М.: Издательство «Март», 2004. — 656 с.

© Кононов Юрий Михайлович (yktom1@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОЗИЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

AUTOMATION OF METALLURGY FROM THE POINT OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Z. Liu

Summary. The article is devoted to the consideration of the integrated information management system of a metallurgical enterprise based on the use of the Internet of things approach. The state of informatization of the metallurgical industry is reviewed. Factors preventing the usage of Big Data methods in metallurgy are determined. Recommendations are given on the use of IoT in metallurgy.

Keywords: metallurgy, management, system, automation, Big Data, Internet of things, Net of Things, cloud computing.

Лиу Цзы Фэнг

Аспирант, Санкт-Петербургский горный
университет
zifeng.liu@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению интегрированной информационной системы управления металлургическим предприятием на основе использования подхода Интернета вещей. Дан обзор состояния информатизации металлургической отрасли промышленности. Определены факторы, препятствующие внедрению методов обработки больших данных в металлургии. Даны рекомендации по внедрению подхода Интернета вещей в металлургию.

Ключевые слова: металлургия, управление, система, автоматизация, большие данные, интернет вещей, сеть вещей, облачные вычисления.

Введение

Современный этап индустриальной революции предполагает не только техническую реконструкцию и технологическое обновление существующих организационных структур и производственных систем, но и широкое использование всего спектра автоматизированных информационных систем управления предприятиями, их экономической, производственной энергетической и материальной инфраструктуры.

Исторически внедрение систем управления металлургическими предприятиями проходило в несколько этапов. На первом этапе автоматизировались процессы управления бизнесом и процессы снабжения. На втором этапе автоматизации подвергается сам процесс производства, что, в определенной степени требует ре-инжиниринга производственных процессов.

Ярким примером таких инноваций является внедрение в практику предприятий технологий Интернета вещей. В результате этой трансформации нас ждет появление умных предприятий, на которых объединенные в сеть датчики, оборудование и информационные системы, будут связываться друг с другом в режиме реального времени, управлять производством, самонастраиваться и учиться новым моделям поведения.

Во ряде стран уже существуют национальные программы интернетизации производства. В Германии это — «Промышленность 4.0», в Нидерландах — Smart Factory, во Франции — Usine du Futur, в Великобритании — High

Value Manufacturing Catapult, в Италии — Fabbrica del Futuro, в Бельгии — Made Different, в США — Industrial Internet, в КНР — «Сделано в Китае 2025».

По оценкам McKinsey¹ даже частичное внедрение элементов Индустрии 4.0 дает эффект по снижению издержек и росту продаж. По сделанным оценкам, при этом происходит увеличение производительности труда на 45–55%. Одновременно применение новых технологий сокращает расходы на обслуживание оборудования на 10–40%, время простоя техники на 30–50%, повышает качественные показатели на 10–20% и уменьшает складские расходы на 20–50%.

Однако примеров полноценного воплощения завода формата 4.0 в металлургии пока нет. Некоторые причины возникновения такой ситуации будут рассмотрены ниже.

Пока же состояние автоматизации отдельных машин и процессов в металлургии можно определить, как Индустрию 3.0. Следующий этап информатизации подразумевает сквозную цифровизацию всех производственных активов и их интеграцию в единую цифровую экосистему, охватывающую всю цепочку создания стоимости товара.

Все же в России набирает скорость движения в направлении Больших Данных (Big Data), интернета ве-

¹ McKinsey Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it URL: https://www.mckinsey.de/files/mckinsey_industry_40_2016.pdf

щей (IoT) и виртуальной реальности. В прессе в качестве примера использования облачных сервисов и больших данных в российской металлургии приводился проект «Снайпер», реализованный в 2016 году Магнитогорским МК совместно с компанией Yandex. По информации прессы только на этапе предварительного тестирования была достигнута экономия ферросплавов при использовании данного решения в среднем на 5% при сохранении показателей качества стали [10].

Обзор литературы

Задача применения вычислительной техники в металлургическом производстве возникла одновременно с развитием компьютерной техники. Подготовка современных металлургов немыслима без освоения информационных технологий и информационных систем.

Новые информационные технологии, в основе которых лежит теория искусственного интеллекта, позволяет специалисту — металлургу, — непрограммирующему конечному пользователю компьютера — непосредственно, без промежуточных помощников и без специальных знаний в области математики, программирования и вычислительной техники, обращаться с ЭВМ как при формулировке, так и при поиске решений неформализованных задач [9].

Интерес к активному использованию компьютеров в управлении металлургическими производствами возник в середине 90-х годов прошлого века и отразился в работе [6]. Основным ограничением на пути информатизации процесса управления была низкая производительность вычислительных устройств.

К рубежу веков эта проблема уже была частично снята. В это время при рассмотрении процесса автоматизации металлургического производства основной упор делался на выборе задачи для автоматизации.

В работе [11] автор приходит к выводу, что глобальный ре-инжиниринг производственных систем в металлургии экономически невыгоден для организации. Он требует постоянного, в течение длительного периода времени, вложения инвестиций, задолго опережающих момент начала получения прибыли.

Как решение автор предлагает создание гибких многовариантных производственных систем и организационных структур, осуществляющих управление подсистемами организации, органично связанными между собой. При этом должны быть учтены многовариантные технологии, многомаршрутные сырьевые и производственные потоки, графики поставок

и подсистемы запасов материально-сырьевых ресурсов. Основной упор автор делает на внедрение информационных систем класса MES (Manufacturing Execution Systems) в качестве дополнения к ERP-системам.

Особое внимание автор обращает на гармоничное взаимодействие всех информационных систем металлургического предприятия. Для описания этого взаимодействия автор вводит понятие единого информационного пространства предприятия.

В качестве недостатка существующих систем управления предприятием автор приводит большое время обновления данных. Если в традиционных системах управления частота и дискретность обновления данных не очень критична — в некоторых системах это обновление происходит один раз в сутки и это, как правило, не сказывается на работе непроизводственных отделов. В случае управления производством период обновления должен быть существенно меньше. Это связано и с режимами производства, и с выполнением требований техники безопасности.

В обзоре компании Nexcom подробно рассмотрен весь ассортиментный ряд продукции, которая может быть использована при построении промышленного Интернета вещей в горнодобывающей и металлургической промышленности [1].

Попытка создания умного металлургического производства описана в работе [5]. В ней подчеркивается, что успех в этом направлении может быть достигнут лишь при сочетании технологий искусственного интеллекта, сетей вещей (обобщенное понятие, объединяющее интернет вещей и интранет вещей) и методов обработки больших данных.

Проблемам использования и обработке больших данных в металлургии посвящены работы [2,3].

Одной из ключевых задач при работе с большими данными является снижение размерности массивов информации [8]. В качестве примера приводится Большой адронный коллайдер — эффективной обработке подвергается лишь 1% собранной информации. В работе делается предположение, что решение этой проблемы связано с использованием технологий искусственного интеллекта.

В работе [4] приведены примеры использования методов работы с большими данными, наработанные учеными из области физики, наук о Земле, биологии в приложении к процессам металлургического производства.

Основная часть

Изложим принципы, на которые, на наш взгляд, должно базироваться проектирование умного металлургического производства.

Архитектура такой информационной системы должна состоять из трех слоев. На первом слое находятся датчики — «вещи», по определению Национального института стандартов и технологий (США), на втором — агрегаторы или накопители информации, а на третьем — интеллектуальные устройства, производящие анализ и принимающие решения.

Связующим звеном между всеми тремя уровнями выступают каналы связи.

Ниже мы определим требования, предъявляемые к датчикам и каналам связи умного металлургического производства.

Датчик — это электронное устройство, измеряющее физические характеристики, такие как температура, ускорение, вес, звук, местоположение, идентичность и т.д. Датчики используют механические, электрические, химические, оптические и другие явления при взаимодействии с контролируемым процессом или средой. Датчики характеризуются следующими свойствами и возможностями:

1. Датчики — физические объекты, которые могут иметь доступ в Интернет.
2. На выходе датчика мы получаем данные. Датчики могут быть цифровыми и аналоговыми.
3. Датчик может передавать информацию, идентифицирующую объект, с которым он связан, например с помощью методов радиочастотной идентификации (RFID),
4. Датчик может быть идентифицирован.
5. Датчик может не иметь или иметь минимальные вычислительные возможности и встроенное программное обеспечение. Более сложные датчики могут иметь функции вычислительного устройства и встроенное ПО.
6. Датчики могут быть разнородными, разных производителей и собирать данные различной степени сложности.
7. Датчик может быть стационарным и мобильным.
8. Датчики могут обеспечивать наблюдение. Видеокамеры и микрофоны — датчики.
9. У датчика может быть владелец, контролирующий данные, собираемые датчиком. Владелец сам распоряжается данными датчика в любое удобное для него время.
10. У датчика есть происхождение — производитель и место выпуска. Происхождение датчика может быть неизвестным или неподтвержденным.

11. Датчик может быть многоразовым, одноразовым или иметь ограниченное время работы.
12. Датчики могут иметь различные уровни защиты, безопасности и надежности.
13. Датчик на выходе может не выдавать никаких данных, может выдавать полностью некорректные данные, может выдавать частично некорректные данные, может выдавать корректные и приемлимые данные. Датчики могут выходить из строя время от времени или полностью и навсегда. Они могут терять чувствительность, их калибровка может сбиваться.
14. Датчики могут выдавать дискретные ранжируемые данные, например [1 ... 100]. Если данные выходят за пределы обозначенного диапазона, необходимы правила для того, чтобы определить — передавать контроль оператору или машине для того, чтобы принять решение, стоит ли учитывать такие данные или пренебрегать ими.
15. С точки зрения поддержания чувствительности датчика, его калибровки и других параметров, датчики могут быть одноразовыми или подлежащими сервисному обслуживанию.
16. Питание датчика может осуществляться постоянным током, с помощью батареи питания или путем пассивного приема радиоволн.
17. Датчики могут приобретаться готовыми или собираться в соответствии с техническими требованиями заказчика.
18. Основанием для начала сбора датчиком данных может быть событие, команда оператора, команда машины, либо сбор данных может быть запланирован заранее в определенное время.
19. В целях обеспечения безопасности данные датчиков могут шифроваться.
20. Датчики должны иметь возможность проходить проверку подлинности
21. Выходные данные с датчиков могут отправляться в различные Сети вещей. У одного датчика может быть несколько адресатов данных. Данные с датчика могут быть использованы одной или несколькими Сетями вещей.
22. Частота, с которой датчики передают выходные данные, определяет их пригодность и актуальность. Датчики могут передавать действительные, но устаревшие данные. Датчик может находиться в бездействии длительные периоды времени.
23. Класс точности датчика определяет объем передаваемой информации. Необходимо всегда учитывать статистический разброс (неопределенность) выходных данных датчика.
24. Датчики могут передавать сведения о состоянии системы, аналогично тому, как происходит в здравоохранении.

25. Оператор может оказывать влияние (положительное и отрицательное) на функционирование датчика, меняя его настройки, положение, либо не выполняя требования правил обращения с датчиком. Человеческий фактор — основная причина неисправности датчика.
26. Безопасность и защита существенны для датчиков, поскольку сами датчики и выходные данные могут быть подделаны, украдены, уничтожены, потеряны или попасть в руки тех, кому они не предназначались. Защита отдельных датчиков не обязательно должна быть составной частью защиты системы в целом и следовать из её конфигурации.
27. Надежность является важной характеристикой датчиков.

Канал связи — это среда, в которой происходит передача данных (например, с помощью интерфейса USB (универсальная последовательная шина), по проводам, по радиоканалу, по оптическому каналу, устно и т.д.). Канал связи характеризуется следующими характеристиками, свойствами и допущениями:

1. С помощью каналов связи происходит перемещение данных от датчика к агрегатору (накопителю) и затем к интеллектуальному устройству.
2. Каналы связи имеют физический или виртуальный характер, либо сочетают оба аспекта. Протоколы и связанные с их реализацией процедуры относятся к виртуальной составляющей, провода или пространство, в котором распространяются радиоволны) определяют физическую составляющую.
3. Поток данных в канале связи может быть односторонним или двусторонним. В отдельных случаях накопитель может запросить данные с дополнительных датчиков, либо изменить порядок работы датчиков (изменить частоту опроса).
4. Предполагается, что отсутствует единый протокол, определяющий порядок передачи данных по каналу связи. Различные составные части Сети вещей могут общаться между собой с помощью различных протоколов.
5. Каналы связи могут быть беспроводными.
6. Каналы связи могут предоставляться (как продукт или услуга) сторонними поставщиками и производителями.
7. Надежность канала связи влияет на надежное функционирование датчика в составе Сети вещей.
8. В каналах связи могут происходить прерывания, задержки передачи данных и другие неисправности.
9. Избыточность (дублирование каналов связи) повышает их надежность. Между датчиками и накопителем (вычислительным устройством) может существовать несколько каналов связи.
10. Бесперебойность и доступность каналов связи влияет на нормальное функционирование Сети

вещей, особенно в случае жесткой временной привязки отдельных операций и решений.

11. Надежность и безопасность передачи данных является существенной характеристикой каналов связи.

Одним из условий реализации умного производства — учет, обработка и анализ всего массива информации, поступающей от датчиков. При традиционном подходе к информатизации металлургического производства обрабатывается не более 6% собранной микро-информации [7].

Для того, чтобы достичь этого предприятие должно решить следующие проблемы

1. Обеспечить доступность к собранным массивам данных
2. Автоматизировать процесс валидации данных
3. Централизовать процесс хранения информации
4. При анализе данных и отбраковке информационного шума базироваться на интеллектуальных информационных системах.

Проблемой является также выстраивание стратегии работы с базами больших данных. Для ускорения работы системы можно прибегнуть к сегментации этой базы (шардирование и партиционирование). Причем сегментация эта должна быть и вертикальной (по временным меткам) и горизонтальной (по типу устройства или аппарата, на котором установлен датчик). Ключевым, по нашему мнению, является шардирование по временному признаку. Шаг временных отметок определяется особенностью контролируемого производственного процесса.

Выводы

Умное производство — это завод, который без участия человека может снимать информацию с датчиков, анализировать ее и строить свою производственную траекторию в соответствии с результатами этого анализа. Все это возможно осуществить лишь на основе глубокого знания свойств материалов, процессов производства и синтеза компьютерной модели этого производства, которая может служить в качестве опорной при выработке умным производством сценария реагирования на ту или иную производственную ситуацию.

Умное производство подразумевает умные датчики (smart sensing), умную аналитику (smart analytics) и умное управление (smart control)

Умные датчики обеспечивают бесперебойный сбор, первичный анализ и передачу информации о состоянии данной конкретной установки и производственного процесса.

Умный анализ предполагает выстраивание сценария дальнейшего хода производственного процесса на основании опыта металлургов, научного описания протекающих процессов и методов анализа больших данных.

Умное управление подразумевает то, что в результате произведенного анализа и действий происходит оптимизация процесса производства.

Все исходные данные для умного анализа находятся в базах знаний, построенных в соответствии с принципами онтологического инжиниринга экспертами-металлургами.

Умное производство находится в состоянии непрерывного изменения, что исключает резкие скачки во вне-

дрении технологий или перестройке процессов. Для эффективного взаимодействия между собой отдельных частей производственной сети вещей на предприятии должны быть приняты и внедрены стандарты и форматы данных, а также телекоммуникационных процессов.

В основу построения сети вещей металлургического предприятия могут быть положены принципы, определенные в настоящей работе.

Организованное таким образом умное производство будет обладать устойчивостью к воздействию внешних и внутренних факторов, способностью гибко перестраивать производственный цикл, обеспечивать высокое качество продукции, безопасный режим производства и экономию энергетических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 2016 IoT Automation Solutions. — URL: www.nexcom.com (дата обращения: 06.06.2017).
2. An-lin Shao Digital Mine Research and Practice Based on Mining and Metallurgy System Engineering // *Frontiers of Engineering Management*, 2016, Vol. 3 Issue (1): pp. 67–73 URL: <http://engineering.cae.cn/fem/EN/10.15302/J-FEM-2016006> (дата обращения: 06.06.2017).
3. Bin Hu A General Architecture for Monitoring Data Storage with OpenStack Cloud Storage and RDBMS // *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (ISCCCA-13)*. — Paris: Atlantis Press, 2013. — pp.781–784
4. Christodoulou J. Lightweight and modern metals manufacturing innovation institute: Implications for materials, manufacturing and data // *Big Data in Materials Research and Development: Summary of a Workshop*. — Washington, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2014. — 68 p.
5. Jeong, Duk-Kyoon Accelerating Digital Transformation with Smart Factory to Unlock New Value: Case of POSCO // *Asian Steel Watch*, Vol.02, October 2016. — pp.16–23 URL: https://www.posri.re.kr/files/file_pdf/59/329/6680/59_329_6680_file_pdf_1476085473.pdf (дата обращения: 06.06.2017).
6. Kuehmann C. J. and Olson G. B. «Computer-aided systems design of advanced steels // *International Symposium on Phase Transformations During the Thermal/Mechanical Processing of Steel* — E. B. Hawbolt, et al., eds. — Vancouver, British Columbia: The Metallurgical Society of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 1995 — pp. 345–356.
7. Sander Arnout Five Reasons Why Data Analysis Fails in Metallurgy. — URL: <https://www.linkedin.com/pulse/5-reasons-why-data-analysis-fails-metallurgy-sander-arnout> (дата обращения: 06.06.2017).
8. White A. A. Big data are shaping the future of materials science. // <https://www.cambridge.org>. — URL: <https://doi.org/10.1557/mrs.2013.187> (дата обращения: 06.06.2017).
9. Информационные системы в металлургии: / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. Екатеринбург: Уральский государственный технический университет — УПИ, 2004. — 495 с.
10. Развитие ИТ-технологий на металлургических предприятиях России // *Металл-Курьер*, 2017, № 1. — с. 12–15 URL: <http://metalexpert-group.com/ru/mkjournal.html> (дата обращения: 06.06.2017).
11. Фомина Л.Д. О совершенствовании интегрированной информационной системы управления металлургическим предприятием // *Вестник ЮУрГУ*, № 21, 2011. — 146–154

© Лиу Цзы Фэнг (zifeng.liu@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЯЧЕЙКИ

METHODS OF MEASUREMENT OF PARAMETERS OF LIQUID DIELECTRICS USING A MEASURING CELL

N. Petuhova

Summary. In works on the measurement of parameters of liquid dielectrics at microwave frequencies [1, p. 82–85] was the existing classical methods of measurement [2, Pp. 51–56], was modeled on the installation, allowing to measure the tangent of dielectric loss angle and dielectric constant [3, p. 65–66],[4], as well as written computer program [5, p. 64–66], allowing to automate the installation. This remote power analysis data obtained in the course of modeling, the description of methodic and algorithm parameter measurement of liquid dielectrics as well as the development of the original model setup for the measurement of parameters of liquid dielectrics.

Keywords: dielectric, multipole calibrated, measuring cell, measuring system, measuring cell.

Петухова Наталья Александровна

Аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики в г. Санкт-Петербург
1natasha_91@mail.ru

Аннотация. В работах по измерению параметров жидких диэлектриков на СВЧ [1, С. 82–85] были рассмотрены существующие классические методы измерения [2, С. 51–56], была смоделирована установка, позволяющая измерять тангенс угла диэлектрической потерь и диэлектрическую проницаемость [3, С. 65–66],[4], а также написана программа для ЭВМ [5, С. 64–66], позволяющая автоматизировать установку. Данная работа посвящена проведению анализа данных полученных в ходе моделирования, описанию методики и алгоритма проведения измерений параметров жидких диэлектриков, а также разработке авторской модели установки для измерения параметров жидких диэлектриков.

Ключевые слова: диэлектрик, калибруемый многополюсник, измерительная ячейка, измерительная установка, измерительная ячейка.

Произведем расчет погрешностей косвенных измерений по погрешностям прямых измерений. В данном случае исходными данными для расчета погрешности являются метрологические характеристики калибруемого многополюсника. По этим характеристикам следует определить погрешности измерений мощностей P_i — исходные данные для расчета фазы и модуля коэффициента отражения. Так как диапазон измерений мощности можно определить как: $P_i = \bar{P}_i \pm \Delta P$, где \bar{P}_i — средняя измеряемая мощность на каждом зонде, ΔP — абсолютная погрешность измерения мощности, исходя из разности сигналов с детекторов:

$$P_5 - P_3 = 4k|a|^2 |\rho_{\pi}| \sin(\varphi_{\rho}),$$

1. Рассчитаем абсолютную погрешность искомой величины по формуле:

$$\Delta\varphi(P_5, P_3, P_6, P_4, \Delta P) =$$

$$= \sqrt{\Delta P \left(\frac{d}{dP_6} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) + \frac{d}{dP_4} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) + \frac{d}{dP_3} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) + \frac{d}{dP_5} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) \right)}$$

Где $\frac{d\varphi}{dP_i}$ — частная производная от функции φ по P_i

$$P_6 - P_4 = 4k|a|^2 |\rho_{\pi}| \cos(\varphi_{\rho}),$$

где $|\rho H|$ и φ_{ρ} — модуль и фазовый угол коэффициента отражения выведем следующий алгоритм:

Рассчитаем средние арифметические значения $\langle P_3 \rangle$, $\langle P_4 \rangle$, $\langle P_5 \rangle$, $\langle P_6 \rangle$, на основе их прямых измерений.

Рассчитаем среднее значение искомой величины φ , подставив в расчетную формулу полученные средние значения мощностей, т.е.

$$\varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) = \text{atan} \left(\frac{P_5 - P_3}{P_6 - P_4} \right)$$

$$\frac{d}{dP_6} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) \rightarrow \frac{1}{(P_4 - P_6) \left[\frac{(P_3 - P_5)^2}{(P_4 - P_6)^2} + 1 \right]}$$

$$\frac{d}{dP_4} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) \rightarrow \frac{1}{(P_4 - P_6)^2 \left[\frac{(P_3 - P_5)^2}{(P_4 - P_6)^2} + 1 \right]}$$

$$\frac{d}{dP_5} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) \rightarrow \frac{1}{(P_4 - P_6) \left[\frac{(P_3 - P_5)^2}{(P_4 - P_6)^2} + 1 \right]}$$

$$\frac{d}{dP_6} \varphi(P_5, P_3, P_6, P_4) \rightarrow \frac{1}{(P_4 - P_6)^2 \left[\frac{(P_3 - P_5)^2}{(P_4 - P_6)^2} + 1 \right]}$$



Рис. 1. Схема установки для измерения параметров диэлектриков

Из всего многообразия элементов вектора значений φ найдем максимальное значение абсолютной погрешности $\Delta\varphi$:

$$\varphi = \begin{cases} \varphi \leftarrow 0, & \text{для } i \in 1 \dots 891, \\ \varphi_i \leftarrow \Delta\varphi(P_{5i}, P_{3i}, P_{6i}, P_{4i}, \Delta P) \end{cases}$$

$$\max(\varphi) = 2.018 \cdot 10^{-3}, \max(\varphi) \cdot \frac{180}{\pi} =$$

$$= 0.116$$

В расчете учитывались абсолютные значения ΔP равные 10–8 Вт.

Методика выполнения измерений

Использование в установке калибруемого многополюсника позволяет по данным мощности сигналов с его выходов рассчитать комплексный коэффициент отражения, не прибегая к фазовым измерениям. При прохождении гармонического сигнала через диэлектрик, сигнал теряет свою энергию из-за потерь в диэлектрике,

и меняет свою фазу. В силу того что потери в диэлектрике влияют только на амплитуду проходящего через него сигнала, изменение значения фазы сопоставим со значением диэлектрической проницаемости. Суть методики измерения в установке сводится к определению диэлектрической проницаемости через измеренные значения фазы, и определение тангенса диэлектрических потерь через модуль коэффициента отражения. Схема установки приведена на рисунке 1.

Конструкция состоит из генератора, калибруемого многополюсника (включающего 4 амплитудных квадратичных детектора), измерительной ячейки (ИЯ) и четырехканальный АЦП. Каждый элемент схемы рассмотрим подробнее далее. При использовании калибруемого многополюсника измерения проводятся автоматизировано на одной заданной генератором частоте. Измерения можно было бы проводить в диапазоне частот, для этого понадобилось бы использовать анализатор спектра, или другую стандартную аппаратуру, но это существенно повысит стоимость установки.

Опишем подробную методику выполнения измерений:

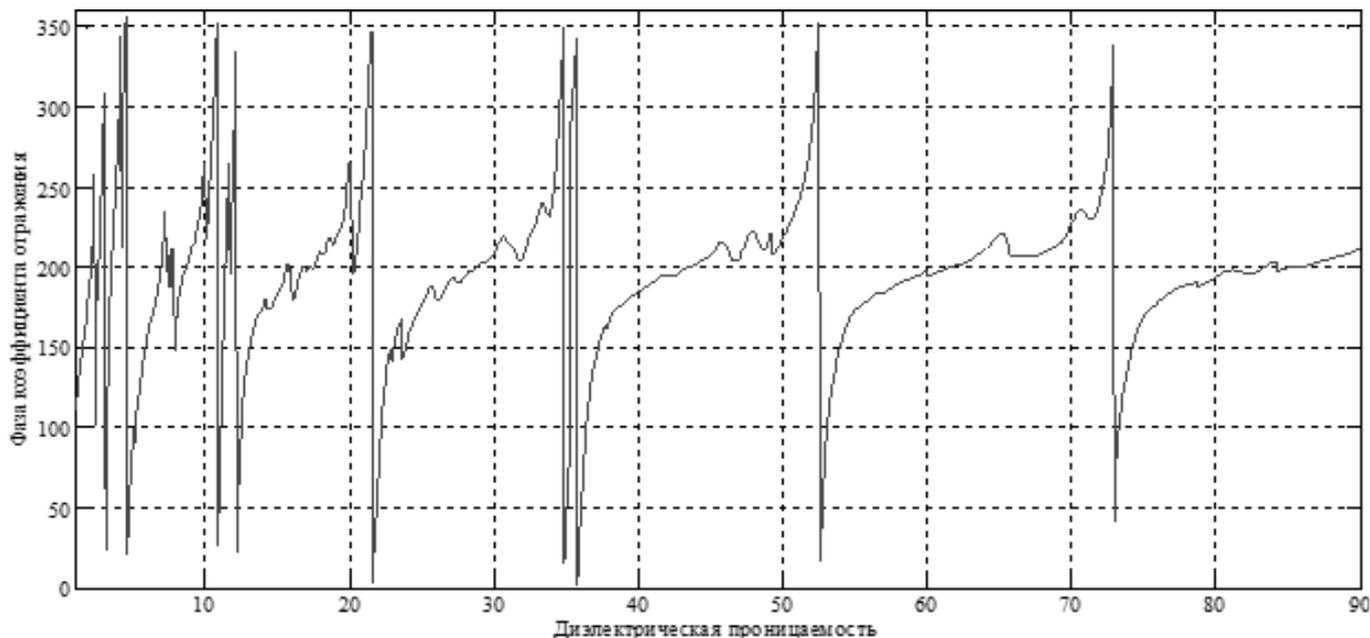


Рис. 2. Зависимость фазы коэффициента отражения от диэлектрической проницаемости, с использованием пробирки № 1

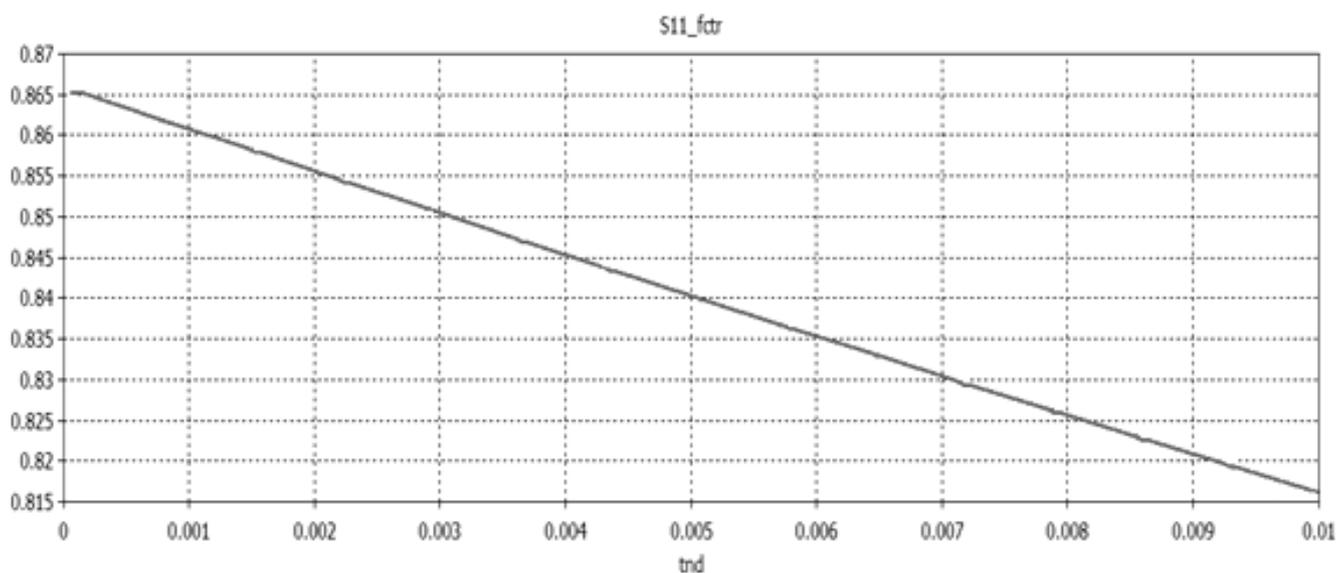


Рис. 3. Графики зависимости модуля коэффициента отражения от тангенса диэлектрических потерь для значения

1. На генераторе гармонических колебаний G выставить частоту сигнала 10 ГГц.
2. Подключить выход четырехканального АЦП на вход ЭВМ с установленной программой для обработки данных (программа приведена в [5, С. 64–66]).
3. Непосредственно перед исследованием свойств диэлектрика необходимо провести калибровку установки:
 - 3.1. в первую очередь нужно измерить фазу и модуль коэффициента отражения пустой измеритель-

- ной ячейки, эти значения показывают готовность установки к измерениям (по ним производят корректировку положения плунжера)
- 3.2 далее повторить пункт 3.1 для пустой пробирки № 1, № 2;
- 3.3. образец с известными параметрами залить в пробирку № 1, произвести измерения фазы и модуля коэффициента отражения. В качестве диэлектрика с известными параметрами будем использовать этиловый спирт (диэлектрическая проницаемость $\epsilon=27$);

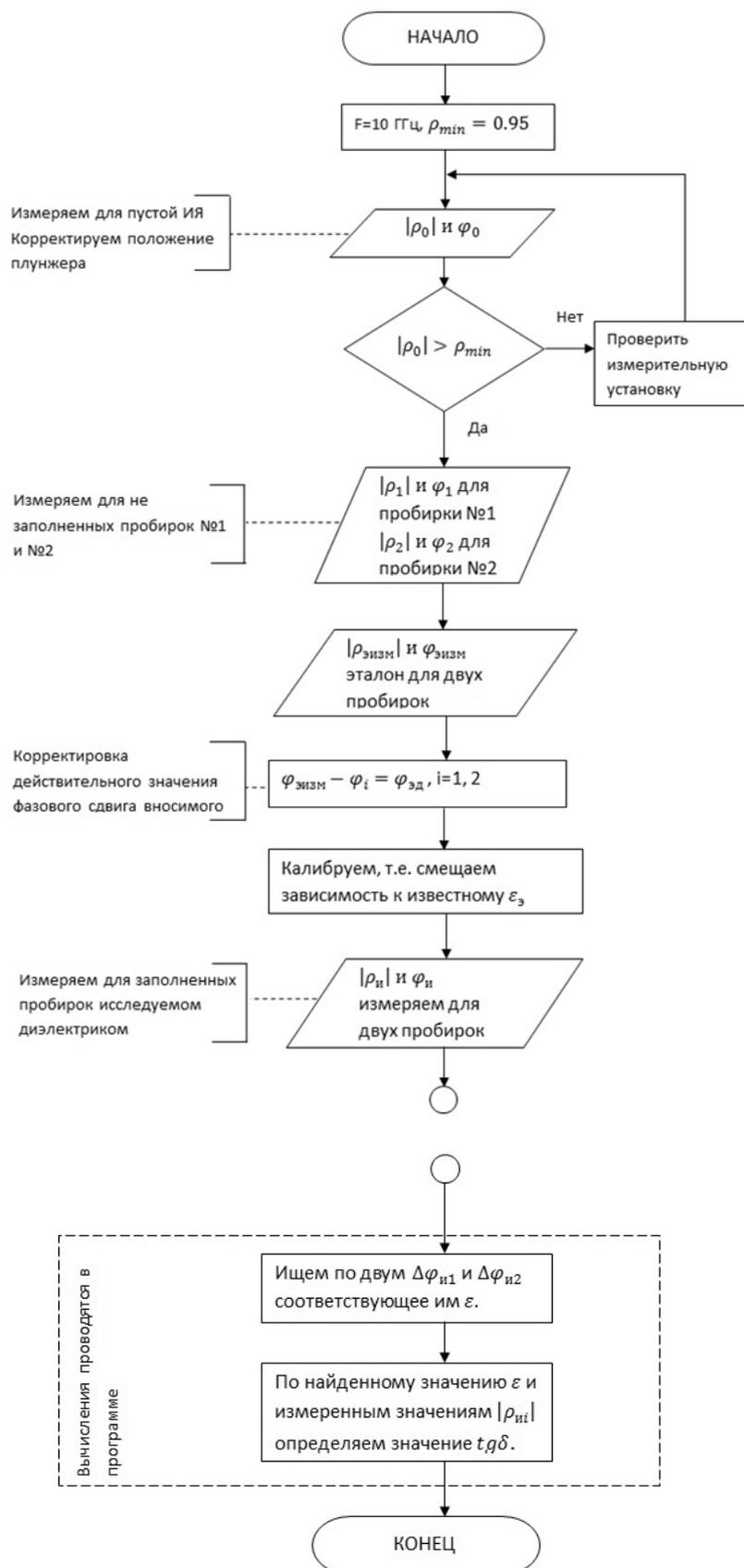


Рис. 4. Алгоритм методики измерения в виде блок-схемы

3.4. повторить измерения пункта 3.3 для пробирки № 2.

Измеренные значения вносятся в программу, в которой в свою очередь корректируются эмпирические зависимости, полученные при моделировании [4].

4. Для измерения параметров исследуемого диэлектрика в пробирку № 1 заливается исследуемый диэлектрик, и проводятся измерения фазы и модуля коэффициента отражения.

4.1. Получив значение фазового сдвига и модуля коэффициента отражения при помещении исследуемого вещества в пробирку № 1, и по графикам полученной зависимости изображенных на рисунках 2 и 3 (или аналогичные ему, подробнее [4]) мы определяем значение диэлектрической проницаемости и тангенс диэлектрических потерь соответственно.

Как упоминалось выше, исходя из того, что измеряемое значение фазы коэффициента отражения варьируется в пределах от 0 до 360, измерение фазы только одного образца жидкого диэлектрика вызывает неоднозначность нахождения диэлектрической проницаемости. Исправить это положение предлагается, измеряя значение фазы у двух образцов разной толщины, что и обеспечивается двумя пробирками одинакового диаметра, но с разным внутренним диаметром, соответственно $d_1=5\text{мм}$ для пробирки № 1 и $d_2=4\text{мм}$ для пробирки № 2.

5. Повторить пункт 4 для пробирки № 2.

5.1. Значение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь определяются соответственно по графикам полученной зависимости [3].

6. По входным данным согласно заданному алгоритму (пример программы [5, С. 64–66]), определяются искомые значения параметров диэлектрика. Программа заменяет пункты 4.1 и 5.1.

Приведем данную методику измерения в виде блок-схемы, изображенной на рисунке 4.

На рисунке 5 изображено сравнение разработанного метода с уже существующими методами [1, С. 82–85], в зависимости от частотного диапазона измерений (использования в последствии) и потерь в диэлектрике. Диаграмма сравнения с другими методами показывает отличительные особенности разработанного метода и модели, что он работает в малом диапазоне частот, зато с материалами с разными потерями. Методика может применяться в различных областях техники, от промышленности до медицины и хозяйственной деятельности.

В данной работе была сконструирована новая модель для измерения параметров жидких диэлектриков. Проведя моделирование и расчеты, подтвердилось положительные характеристики этого метода и модели. Достоинствами данной модели являются:

1. в установке используются волноводные структуры, которые не требуют специального изготовления, и легкодоступны;
2. несложность изготовления измерительной ячейки, производство основано на волноводных структурах;
3. легкость очищения пробирки от исследуемой жидкости — просто промывание и обезжиривание (пробирка может использоваться и как расходный недорогой материал);
4. автоматизированность установки;
5. в самой установке нет необходимости в фазовых измерениях, так как используется калибруемый многополюсник;
6. низкая стоимость установки;
7. компактные размеры установки;
8. метод прост в проведении опытов;
9. возможность подстройки с помощью плунжера (позволяет располагать образец исследуемого материала в максимуме электрического, что позволяет сделать более точные измерения);
10. используются достаточно большие образцы, следовательно, методика подходит и для измерения параметров диэлектриков с малыми потерями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петухова Н.А., Куракин А. С. К вопросу о измерении параметров диэлектриков // Мир науки и инноваций — 2015. — Т. 3. — № 1(1). — С. 82–85.
2. Петухова Н.А., Куракин А. С. Установки для измерения параметров диэлектриков // Инновации в науке — 2015. — № 44. — С. 51–56.
3. Петухова Н. А. Моделирование измерительной ячейки с полным заполнением диэлектриком, для измерения параметров жидких диэлектриков // Материалы международной научно-практической конференции. Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы — 2016. — № Часть 1. — С. 65–67.
4. Петухова Н. А. Моделирование установки для измерения параметров жидких диэлектриков // Вестник Тихоокеанского государственного университета — 2016. — № 3(42).
5. Петухова Н. А. Программа для обработки данных при измерении параметров жидких диэлектриков // Наука сегодня: материалы международной научно-практической конференции: в 4 частях (23 сентября 2015 г., Вологда) — 2015. — № Часть 1. — С. 64–66.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ $topN$ КОЛЛАБОРАТИВНЫМИ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

ACCURACY IMPROVEMENT OF $TOPN$ TASK FOR COLLABORATIVE FILTERING RECOMMENDER SYSTEMS

D. Ponizovkin

Summary. The subject of the article is recommender systems. The main functionality of these systems is to help their users to do quick search for actual and useful information on the base of recommendations provided by a system. This task is difficult but actual in modern conditions, when a huge amount of information is available on the Internet and different devices. There are different techniques applicable in recommender systems in order to implement the target functionality. This work considers one of the most popular and successful techniques — collaborative filtration. This technique is filtration based on connections, and could be made either by users or system objects. We will consider filtration by objects. With the help of this technique the task of definition of a subset of objects, similar in characteristics to user preferences, with cardinality of N is solving. The task solution is qualitatively found if the defined by the system subset consists of N objects similar to the user. In order to implement filtration, recommender systems calculate function values named similarity measures. If the similarity measure value of items is greater than some threshold value, then there is similarity relation between these items and these items do not filtered. We propose sufficient condition of efficient solving of the $topN$ task for collaborative systems. This condition is the transitivity property of the similarity relation. Accomplishment of the sufficient condition depends on a choice of the similarity measure and threshold value. We propose the method of the modeling of collaborative systems for which sufficient condition is accomplished.

Keywords: collaborative filtering, recommender systems, $topN$ task, similarity measure, transitivity of similarity relation

Понизовкин Денис Михайлович

Программист, IT-Aces,
Ярославская обл., г. Переславль-Залесский
denis.ponizovkin@gmail.com

Аннотация. В работе рассматриваются рекомендательные системы. Основная функциональность этих систем заключается в реализации помощи их пользователям производить быстрый поиск актуальной и нужной информации на основании предоставляемых системой рекомендаций. Данная задача является сложной и актуальной в современных условиях, когда доступно огромное число информации через интернет и различные устройства. Существуют различные техники, которые применяются в рекомендательных системах для реализации целевой функциональности. В работе рассмотрена одна из самых известных и успешных техник — коллаборативная фильтрация. Эта техника заключается в фильтрации на основании взаимосвязей, которая может быть произведена по пользователям или по объектам системы. В работе рассматривается фильтрация, производимая по объектам. С помощью такой техники решается задача определения подмножества объектов мощности N , близких по характеристикам к предпочтениям пользователя. Решение задачи качественно, если определенное системой подмножество состоит из N близких к пользователю объектов. Для того, чтобы провести фильтрацию, рекомендательные системы производят вычисление значений функций, называемых мерами близости. Если значение меры близости больше некоторого порогового значения, то тогда выполняется отношение близости и такие объекты не отфильтровываются системой. В статье приведено достаточное условие, при котором коллаборативные системы гарантируют достижение качественного решения, — свойство транзитивности отношения близости объектов. Выполнение свойства транзитивности зависит от того, какая функция используется в качестве меры близости, и ее пороговое значение для определения выполнения отношения близости. В статье предложен способ построения таких рекомендательных систем, которые при применении коллаборативной фильтрации по множеству объектов гарантируют выполнение достаточного условия качественного решения.

Ключевые слова: рекомендательная система, коллаборативная фильтрация, задача $topN$, качество решения, мера близости.

Введение

С интенсивным развитием веб-технологий, огромным и постоянно растущим числом информации, доступной через интернет с помощью множества различных устройств, популярными становятся рекомендательные системы (далее РС) [1]. РС облегчают процесс поиска пользователем интересующей его информации. Это осуществляется РС путем рекомендации пользователю подмножества объектов заданной мощности N , которые будут близки по своим характеристикам к предпочтениям пользователя. За-

дача определения такого подмножества называется задачей $topN$ [2,3].

Известными веб-сервисами, использующими РС, являются Netflix и Youtube — для просмотра видео, Google News и Yahoo! News — для просмотра новостей, LastFm и Spotify — для прослушивания музыкальных произведений, Amazon и Ebay — для приобретения товаров, и т.п.

Существуют различные рекомендательные техники, которые используются РС для решения задачи $topN$.

В работе рассматривается техника, именуемая коллаборативной фильтрацией [6,7], которая является одной из наиболее изученных [14], популярных [12] и успешных техник [13]. Коллаборативные РС делятся на два типа по фильтруемому множеству [4]: может фильтроваться либо множество пользователей, либо множество объектов. Будем называть последние объектно-ориентированными (далее ОРС) [9]. В основном, ОРС решают задачу $topN$, поэтому именно они и будут рассматриваться в статье [2,3].

Терминология и обозначения

Исходные данные РС — это $P = \{\rho(u,i): \rho(u,i) \neq \perp\}$, где:

- ◆ $u \in U \subset \mathbb{N}$ — идентификаторы пользователей РС.
- ◆ $i \in I \subset \mathbb{N}$ — идентификаторы объектов предметной области РС. Например, фильм кинематографической РС. Для простоты изложения не будем каждый раз говорить идентификатор пользователя или объекта, а

просто — пользователь или объект.

- ◆ $\rho(u,i)$ — значение расстояние между пользователем u и объектом i . Эти значения являются показателем близости объекта i к пользователю u по некоторым характеристикам, они могут значить, к примеру, степень того, насколько объект «нравится» пользователю. Будем говорить, что между пользователем u и объектом i выполняется отношение близости R , если $\rho(u,i) \leq \varepsilon_0$, где ε_0 — некоторое пороговое значение. Будем называть таких пользователей и объектов близкими. Как правило, расстояния задаются самими пользователями за время работы с системой.
- ◆ $\rho(u,i) = \perp$, если расстояние неизвестно.

Во введенной терминологии задача $topN$ примет следующий вид: $I_{topN} = \{i: u_a Ri \wedge \rho(u_a, i) = \perp\} \wedge |I_{topN}| = N$, где U_a — активный пользователь, для которого в данный момент решается задача.

Решение задачи $topN$ РС производится за счет анализа информации о характеристиках объектов и исходных данных пользователя. Обозначим символом Y множество характеристик объектов, например, наименования кинематографических жанров. Значением характеристики объекта является значение весовой функции $v: I \times Y \rightarrow [0, 1]$. Значения весов могут вычисляться экспертами, алгоритмически РС и т.д. Для излагаемого материала данный аспект не имеет значения. Структуру данных, представляющую информацию о характеристиках объекта i назовем контентом объекта и обозначим $C_Y(i)$.

Объектно-ориентированные коллаборативные РС

Решение задачи $topN$ в ОРС основано на эвристическом утверждении [8,9,10], которое гласит, что если пользователю нравится объект k , который близок по характеристикам к объекту l , то пользователю понравится объект l . Во введенной терминологии данное утверждение примет следующий вид:

$$(u_a Ri) \wedge (iRj) \Rightarrow u_a Rj \tag{1}$$

R_I — отношение близости объектов.

$$iRj \Leftrightarrow (1 - \delta_i(i,j)) \leq \varepsilon_0,$$

где $\delta_i: I \times I \rightarrow [0, 1]$ — мера близости объектов. Распространенная мера близости ОРС — это косинус угла между контентом, которые представляются в виде векторов [4]. Объекты, между которыми выполняется отношение близости, называются соседями.

Для решения задачи $topN$ в ОРС нужна информация только о тех объектах, для которых выполняется отношение $u_a Ri$, поэтому будем считать, что $P = \{\rho(u,i) \leq \varepsilon_0\}$.

Решение задачи topN и его оценка

Для того, чтобы оценить применяемый метод решения, проводится тестирование, в ходе которого исходные данные разбиваются на обучающее и тестовое множества: P_0 и P_{\perp} соответственно. $P_0 \cup P_{\perp} = P$. Если $\rho(u,i) \in P_0$, то будем обозначать такие объекты i_0 . Если $\rho(u,i) \in P_{\perp}$, то будем обозначать такие объекты i_{\perp} .

Решение проводится на основании информации, принадлежащей обучающему множеству. Далее результирующее множество, полученное в ходе решения, сравнивается с тестовым для выявления качества решения.

Решением задачи $topN$ является множество соседей I_{topN} , который строится за счет фильтрации объектов, производимой по значениям меры близости δ_i . При решении задачи отфильтровываются те объекты, которые не являются соседями для объектов, о которых известно по обучающим, что они близки к активному пользователю:

$$I_{topN} = \{i: (\exists i_0)(iRi_0)\} \tag{2}$$

Качество решения задачи оценивается по значению функции оценки ε_{topN} . Существует несколько функций, которые используются в качестве ε_{topN} , к примеру:

- ◆ Точность: $P = \frac{\sum_{i \in I_{topN}} (s(i))}{N}$

♦ Точность по списку длины $L: P@L = \frac{\sum_{i \in I_{topN}} s(i)}{L}$,
 $L = 1..N$

♦ Средняя точность:

$$AveP = \frac{1}{\sum_{n=1}^N s(n)} \cdot \sum_{L=1}^N P@L$$

♦ $NDCG = 1 - \frac{DCG}{IDCG}$,

$$\text{где } DCG = s(i_1) + \sum_{n=2}^N \frac{s(i_n)}{\log_2(n)},$$

где $IDCG$ — идеальное DCG , для которого $\forall n = 1..N s(i_n) = 1$.

$s(i) = 0$, если $\exists i_{\perp} : iRi_{\perp}$, $s(i) = 1$ иначе. Будем говорить, что если $\varepsilon_{topN} \leq \varepsilon_0$, то решение качественно.

Достаточное условие получения качественного решения

Теорема. Достаточным условием получения качественного решения при применении ОРС (1) является выполнение свойства транзитивности отношения сходства R_I на подмножестве

$$I_0 \cup I_{\perp} \cup I_{topN}, I_0 = \{i_0\}, I_{\perp} = \{i_{\perp}\}.$$

Покажем, что если эвристическое утверждение верно и выполняется достаточное условие, то тогда $\varepsilon_{topN} \leq \varepsilon_0$.

По решению задачи верно, что $\forall i \in I_{topN} \exists i_0 : iRi_0$.

По эвристическому утверждению (1) верно, что $\exists i_{\perp} : i_0 Ri_{\perp}$. Пусть транзитивность выполняется. Тогда

$$(iRi_0) \wedge (i_{\perp} Ri_0) \Rightarrow (iRi_{\perp}).$$

Так как $\forall i$ верно, что iRi_{\perp} , то $\forall i : s(i) = 0 \Rightarrow \varepsilon_{topN} = 0$, то есть $\varepsilon_{topN} \leq \varepsilon_0$ для любых ε_0 . Тем самым мы показали, что выполнение транзитивности отношения сходства является достаточным условием получения качественного решения

Выполнение достаточного условия получения качественного решения зависит от того, какие функции применяются в качестве меры близости, и параметра ε_0 .

К примеру, традиционной функцией, которая используется в качестве меры близости в ОРС, является косинус угла между векторами [4]. При, например, $\varepsilon_0 = 0,49$ и следующих контакх $C_Y(i) = (1, 1, 0)$, $C_Y(j) = (0, 1, 1)$, $C_Y(k) = (0, 0, 1)$, получим, что iRj , iRk , но iRk не выполняется.

Нечеткая объектно-ориентированная РС

Будем представлять контентны объектов системы в виде нечетких подмножеств множеств характеристик [16]:

$$C_Y(i) = \{y | v(i, y)\}, v(i, y) \in [0, 1], y \in Y$$

Контент пуст: $C_Y(i) = \emptyset$, если $v(i, j) \equiv 0$.

Определим операцию объединения и пересечения контентнов:

$$c_Y(i) \cup c_Y(j) = c_Y(k) : \forall y \in Y : v(k, y) = \min(v(i, y), v(j, y))$$

$$c_Y(i) \cap c_Y(j) = c_Y(k) : \forall y \in Y : v(k, y) = \max(v(i, y), v(j, y))$$

Между объектами системы зададим функцию расстояния в виде обобщенного расстояния Хэмминга:

$$\rho_i(i, j) = \begin{cases} \text{Неопределено, если } c_Y(i) \cap c_Y(i') = \emptyset \\ \frac{1}{|Y|} \cdot \sum_{k=1}^{|Y|} |v(i, y_k) - v(j, y_k)|, \text{ иначе} \end{cases}$$

Определим отношение близости объектов:

$$iRj \Leftrightarrow \rho_i(i, j) \leq \varepsilon_0$$

Расстояние ρ_i обладает метрическими свойствами.

Метод улучшения объектно-ориентированных коллаборативных моделей

Для того, чтобы выполнялось достаточное условие получения качественного решения задачи $topN$, в множество соседей будем помещать только те объекты, для которых $\rho_i^l(i, c) = 0$, где $c = \{i_0 : u_a Ri_0\}$, $\rho_i^l(i, c) = \min(\rho_i(i, j) : j \in c)$.

Так как $\rho_i^l(i, c) = 0$, то $\exists i_0 \in c : v \rho_i^l(i, i_0) = 0$. По эвристическому утверждению известно, что $\exists i_{\perp} : i_0 Ri_{\perp}$, то есть $\rho_i(i_0, i_{\perp}) \leq \varepsilon_0$. Так как введенная функция расстояния ρ_i обладает метрическими свойствами, то по свойству неравенства треугольника верно, что: $\rho_i(i, i_{\perp}) \leq \rho_i(i_0, i_{\perp}) + \rho_i(i, i_0) = \varepsilon_0$. Так как $\rho(i, i_0) = 0$, то $\rho_i(i, i_{\perp}) \leq \varepsilon_0$, то есть iRi_{\perp} , и $\varepsilon_{topN} \leq \varepsilon_0$ на таком решении.

Практические результаты

Было разработано программное обеспечение, реализующее нечеткую ОРС и ОРС и решение задачи $topN$

Таблица 1. Подзадача top-N

Тип РС	P	AveP	NDCG
ОРС	0.0105	0.011	0.0419
Нечеткая ОРС	0.0004	0.0004	0.0318

в этих системах. Тестирование проводилось на множестве данных MovieLens. Характеристики этого множества:

- ◆ $|N^k| = 6000$
- ◆ $|N^m| = 10000$ — множество фильмов
- ◆ $|P| = 1000\ 000$
- ◆ $|Y| = 18$ — множество кинематографических жанров

Далее в таблице приведены значения оценок при решении задачи $topN$ в нечеткой ОРС и ОРС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье проанализированы коллаборативные объектно-ориентированные рекомендательные системы и решение задачи $topN$ в этих системах. Показано достаточное условие, при выполнении которого гарантируется достижение качественного решения данными системами. Однако выполнение достаточного условия зависит от таких параметров этих систем, как функция, используемая в качестве меры близости и пороговое значение меры близости, по которому определяется выполнение отношения близости. Предложена модификация рассматриваемых систем, для которой достаточное условие выполняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Resnick and H. R. Varian, «Recommender systems», Communications of the ACM, vol. 40, no. 3, pp. 5658, 1997.
2. Karypis G. Evaluation of item-based top-N recommendation algorithms // in Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Management. 2001. с. 247–254.
3. Deshpande M., Karypis G. Item-based top-N recommendation algorithms // ACM Transactions on Information Systems. 2004. С. 143–177.
4. Su X., Khoshgoftaar T. A survey of collaborative filtering based social recommender systems // Computer Communications. 2014. Т. 41. С. 1–10.
5. Herlocker J. Evaluating Collaborative Filtering Recommender Systems // ACM TRANSACTIONS ON INFORMATION SYSTEMS. 2004. Т. 22. С. 5–53.
6. Explaining Collaborative Filtering Recommendations, Jonathan L. Herlocker, Joseph A. Konstan, and John Riedl
7. G. Adomavicius and A. Tuzhilin, «Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions,» IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 17, no. 6, pp. 734749, 2005.
8. Umyarov A., Tuzhilin A. Improving Collaborative Filtering Recommendations Using External Data // ICDM '08 Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining. 2008. С. 618–627.
9. Wang Jun. Unifying user-based and item-based collaborative filtering approaches by similarity fusion // SIGIR '06 Proceedings of the 29th annual international ACM SIGIR. 2006.
10. Berkovsky S., Kuflik T., Ricci F. Cross-Domain Mediation in Collaborative Filtering // Proceedings of the 11th international conference on User Modeling. 2007. С. 355–359.
11. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms / B. Sarwar, G. Karypis, J. Konstan [и др.] // Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. 2001. С. 285–295.
12. Yao W., Xudong L., Min X., Ester M., Qing Y. CCCF: Improving Collaborative Filtering via Scalable User-Item Co-Clustering // WSDM '16 Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Web Search and Data Mining, pp 73–82
13. R. Hu and P. Pu. Using personality information in collaborative filtering for new users. Recommender Systems and the Social Web, page 17, 2010.
14. D. Asanov Algorithms and Methods in Recommender Systems // Berlin Institute of Technology // https://www.snet.tu-berlin.de/fileadmin/fg220/courses/SS11/snet-project/recommender-systems_asanov.pdf
15. Miha Grchar and Dunja Mladenich and Marko Grobelnik Data sparsity issues in the collaborative filtering framework. Proceedings of the WebKDD'05 Proceedings of the 7th international conference on Knowledge Discovery on the Web: advances in Web Mining and Web Usage Analysis, pp58–76 Pages 58–76
16. А. Амелькин., Д. П. Понизовкин. Математическая модель задачи top-N для контентных рекомендательных систем // Известия МГТУ МАМИ, 2, с. 26–31

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE FOR STATISTIC QUALITY CONTROL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS

**V. Romanov
B. Pruss**

Summary. The article reviews control charts and their application in production. The main stages of data processing and construction of control charts are considered. The developed software for calculating the parameters of statistical quality control of the technological process is described. The article presents the process of processing parts on woodworking equipment. The stability of the technological process is analyzed.

Keywords: software, statistical quality control, technological process.

Романов Виктор Александрович

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск
vromanov62@mail.ru*

Прусс Борис Наумович

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск
prussbor@gmail.com*

Аннотация. В статье проведен обзор контрольных карт и их применения на производстве. Рассмотрены основные этапы обработки данных и построения контрольных карт. Описано разработанное программное обеспечение для расчёта параметров статистического контроля качества технологического процесса. В статье представлен процесс обработки деталей на деревообрабатывающем оборудовании. Проведен анализ стабильности технологического процесса.

Ключевые слова: программное обеспечение, статистический контроль качества, технологический процесс.

Значение статистических методов трудно переоценить, так как без подобных методов контроля, было бы трудно, почти невозможно, выявить зависимость дефектов от тех или иных факторов. При этом, предприятия должны стремиться к уменьшению изменчивости факторов, и как следствие, проявлению большей стабильности качества продукции.

Далеко не все участвующие в производстве факторы обладают постоянством, на уменьшение их изменчивости и направлены статистические методы контроля и управления качеством.

Задача статистического управления процессами — обеспечение и поддержание процессов на приемлемом и стабильном уровне, гарантируя соответствие продукции и услуг установленным требованиям. Главный статистический инструмент, используемый для этого, контрольная карта — графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости [1]. Метод контрольных карт помогает определить, действительно ли процесс достиг статистически управляемого состояния на правильно заданном уровне или остается в этом состоянии, а затем поддерживать управление и высокую степень однородности важнейших характеристик продукции или услуги посредством непрерывной записи инфор-

мации о качестве продукции в процессе производства.

Большой вклад применения статистических методов принадлежит Волтеру Шухарту, который заложил основы статистического контроля качества [2]. Принято считать, что идея контрольных карт принадлежит именно Уолтеру Шухарту. Она была высказана им в 1924 году и обстоятельно описана в 1931 году.

Контрольные карты принадлежат к «семерке простых методов» менеджмента качества, по классификации К. Исикавы. Как и другие методы, контрольные карты направлены на выявление факторов, влияющих на вариабельность процессов. Так как, на изменчивость могут влиять случайные, либо определенные (неслучайные) причины. К случайным причинам, можно отнести такие причины, чье появление невозможно избежать, даже используя одинаковое сырье, оборудование и работников, обслуживающих процесс (примером могут служить колебания температуры окружающей среды, характеристик материала, и т.д.). Определенные (неслучайные) же причины подразумевают наличие некоторой зависимости, между изменением факторов и вариабельностью процесса. Такие причины могут быть выявлены и устранены при настройке процесса (например, ослабление креплений, износ инструмента, недостаточная заточка инструмента и др.). В идеальной ситуации, изменчивость определенных факторов следует снизить до нуля, а путем усовершенствования тех-

нологического процесса добиться уменьшения влияния и случайных факторов.

Контрольные карты используются для настройки уже существующих процессов, при которых продукция удовлетворяет техническим требованиям.

Построение контрольных карт главным образом, направлено на подтверждение или отклонение гипотезы о стабильности и контролируемости процесса. За счет того, что карты носят многократный характер, они позволяют определить, случайно ли протекание исследуемого процесса, если это так, то процесс должен стремиться к нормальному, гауссовскому распределению. В противном случае, на графике можно будет проследить тренды, серии и другие ненормальные отклонения.

Первоначально контрольные карты Шухарта использовались для регистрации результатов измерений требуемых свойств продукции. Выход параметра за границы поля допуска свидетельствовал о необходимости остановки производства и проведении корректировки процесса в соответствии со знаниями специалиста, управляющего производством.

Карты, которые используются при принятии решений, называются кумулятивными.

Контрольная карта графически отражает изменение показателей качества и снабжена шкалой, на которой определены границы регулирования, предусматривающие применение экономических статистических оценок.

При статистическом регулировании технологического процесса, если точки, наносимые на график, не выходят за границы регулирования, технологический процесс считают стабильным. Такое расположение точек расценивают как неизбежное рассеивание значений показателя качества, и производство продолжают, ничего не изменяя.

Если же точки на графике выходят за границы регулирования, то считается, что в технологическом процессе возникает опасная ситуация, в этом случае рассеивание признается устранимым, и принимаются необходимые меры воздействия. Кроме того, поскольку положение границ регулирования позволяет дать вероятностную оценку средних значений, т.е. уровня настройки технологического процесса и рассеивания значений, то контрольные карты становятся источником полезной информации о технологическом процессе.

Таким образом, контрольные карты применяют также для анализа технологических процессов, и тогда они слу-

жат одним из видов эффективного инструмента при анализе и совершенствовании технологических процессов.

Существует много разновидностей контрольных карт, каждая из них обладает характерными особенностями, так что при их выборе необходимо четко уяснить их особенности и назначение применительно к тем элементам, которые намечаются для контроля и регулирования.

В производственной практике применяются следующие виды контрольных карт:

- ◆ карта средних арифметических и размахов: $\bar{X}-R$ применяется в случае контроля по количественному признаку, таких показателей качества как длина, масса, прочность на разрыв и др.;
- ◆ карта средних арифметических и среднеквадратичных отклонений: $\bar{X}-S$ карта схожа с картой $\bar{X}-R$, но имеет более точную карту изменчивости процесса и является более сложной в построении;
- ◆ карта медиан и размахов: $\bar{X}-R$ карта используется для тех же ситуаций что и карты $\bar{X}-R$, преимуществом является отсутствие сложных вычислений, но карта медиан менее чувствительна к изменениям в процессе;
- ◆ карта индивидуальных значений: \bar{X} -карта применяется в случае необходимости быстрого обнаружения незамеченных факторов или в случае, когда за один день или за неделю было произведено только одно наблюдение;
- ◆ карта доли дефектной продукции: p -карта — применяется в случае контроля по определению доли дефектных изделий;
- ◆ карта числа дефектных единиц продукции: np -карта — применяется в случае контроля по определению числа дефектных изделий;
- ◆ карта числа дефектов: c -карта применяется в случае, когда контроль качества осуществляется путём определения суммарного числа дефектов в заранее установленном постоянном объёме проверяемых изделий;
- ◆ карта числа дефектов на единицу продукции: u -карта — применяется в случае контроля качества по числу дефектов на единицу продукции, когда площадь, длина или др. параметр образца продукции не является постоянной величиной.

Нами проведен анализ стабильности технологического процесса обработки деталей на деревообрабатывающем оборудовании, поэтому были выбраны карты (\bar{X}) и (R) .

Контрольная карта $(\bar{X} - R)$ состоит из контрольной карты (\bar{X}) , осуществляющей контроль за изменением среднего арифметического, контрольной карты (R) , осуществляющей контроль за изменением и рассеиванием

значений показателя качества. Эта карта применяется при измерении таких регулируемых показателей как: длина, масса, диаметр, время, придел прочности при растяжении, шероховатость, прибыль и т.д.

Последовательность обработки данных и построения карт состоит из перечисленных ниже этапов.

Отбирают выборку объемом n (обычно 4–5 шт.) и измеряют в ней каждую деталь, заносят результаты в листок данных [3]. Доводят число таких выборок до 20–25. Число выборок обозначается через K .

Вычисляют среднее значение \bar{X} по каждой выборке, по формуле

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (1)$$

где x_1, x_2, x_n — значения замеров;

n — число выборок (3...10).

Подсчитывают размах R в каждой выборке, по формуле

$$R = X_{max} - X_{min}, \quad (2)$$

где X_{max} — максимальное значение в текущей выборке;

X_{min} — минимальное значение в текущей выборке.

Предварительно подготовив бланк контрольной карты, по вертикали наносят шкалу для \bar{X} и R , а по горизонтали- номера выборок.

В бланк контрольной карты вносят точки значений \bar{X} и R .

Вычисляют среднее $\bar{\bar{X}}$ от \bar{X} и среднее $\bar{\bar{R}}$ от R , по формулам

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{K}, \quad (3)$$

где K - число выборок.

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum R}{K}, \quad (4)$$

Вычисляют координаты границ регулирования \bar{X} :

♦ верхнюю границу регулирования, по формуле

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{\bar{R}}, \quad (5)$$

где коэффициент зависящий от объема выборки;

♦ нижнюю границу регулирования

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{\bar{R}}. \quad (6)$$

Вычисляют координаты границ регулирования R :

♦ верхнюю границу регулирования, по формуле

$$UCL = D_4 \cdot \bar{\bar{R}}, \quad (7)$$

где D_4 — коэффициент, зависящий от объема выборки n ;

♦ нижнюю границу регулирования, по формуле

$$LCL = D_3 \cdot \bar{\bar{R}}, \quad (8)$$

где D_3 — коэффициент, зависящий от объема выборки n (если n не превышает 6, то $UCL = 0$).

В контрольную карту заносят границы регулирования.

Проводится анализ полученных графиков и делается вывод о состоянии технологического процесса.

Как видно из описания формул, расчет параметров контроля качества зависит от многих факторов. Для его выполнения требуется поиск табличных данных, а сложные формулы затрудняют «ручной» расчет. Множество авторов предлагает разные варианты автоматизации данного процесса. Одни предлагают использовать стандартные пакеты MS Office или MathCAD [4], другие разработали сложные комплексы программ [5]. От предприятий применение таких программ требует затрат для закупки программного обеспечения и специальной подготовки кадров.

Для выполнения перечисленных выше расчетов на кафедрах технологии деревообработки и информационных технологий и ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет» разработана специализированное программное обеспечение для автоматизированного расчета.

Для разработки информационного обеспечения использована реляционная модель, состоящая из нескольких таблиц типа Paradox. Таблица TUser содержит список исполнителей. В таблице TGr указывается название работы и количество выборок. Таблица TKk используется для ввода начальных данных по выборкам и в неё же производится запись результатов расчета. Таблица TKof содержит значения коэффициентов зависящих от числа выборки.

Программное обеспечение разработано в среде Delphi 2009 на языке Object Pascal. Для решения задачи разработано несколько экранных форм, позволяющих

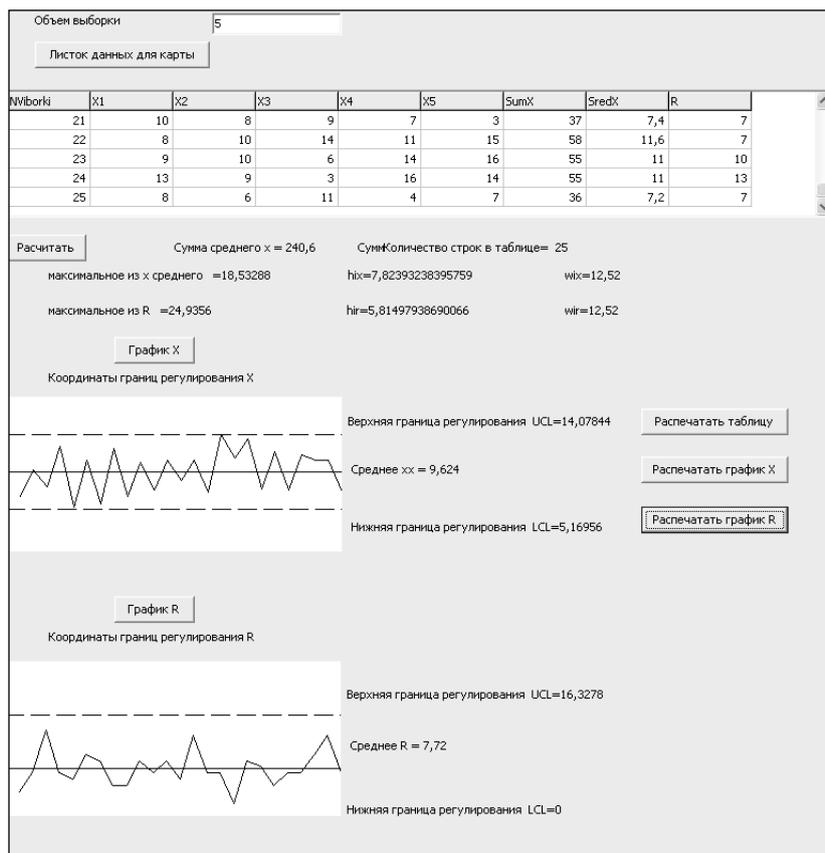


Рис. 1. Вид формы для ввода данных и выполнения расчетов

организовать диалог пользователя с системой для ввода данных пользователя, названия работы, числа выборки, ввода исходных данных и вывода математических и графических результатов позволяющих судить о состоянии технологического процесса на данный момент.

На рис. 1 представлена форма для ввода данных и выполнения расчетов.

На форме представлена таблица, в которую заносятся значения (X) из выборки, и при нажатии на кнопку «Расчитать» выводятся расчетные параметры: сумма (X), среднее значение, и размах выборки R. Выполнение расчета активирует кнопки «График X» и «График R», при нажатии на которые строятся соответствующие графики. При нажатии на кнопку «Распечатать график X» открывается форма предпросмотра печати соответствующего графика, показанная на рис. 2, на которой выводятся графически представленные результаты статистического расчета качества в виде диаграммы.

Аналогичным образом отображается диаграмма R.

На диаграммах приведены зависимости среднего значения X и времени выборки от времени контроля.

На графиках также имеются границы верхнего и нижнего предела регулирования, выход пиков диаграмм за эти границы свидетельствует о нарушении в технологическом процессе и о выходе параметров качества за установленные границы. Средняя линия на графиках так же позволяет судить о состоянии технологического процесса, так как сильное смещение диаграммы вверх или вниз от нее говорит о неточности настройки оборудования и как следствие о необходимости его перенастройки.

Кроме диаграмм, программа позволяет вывести на печать таблицу с исходными данными и результатами расчетов.

Разработанная программа позволяет быстро и точно рассчитать параметры статистического контроля качества технологического процесса, что в свою очередь позволяет сделать выводы о состоянии технологического процесса на данный момент времени и при необходимости своевременно внести коррективы. Она может быть использована в отделах технического контроля на промышленных предприятиях, позволяет автоматизировать труд контроллеров, ускорить контроль и тем самым повысить производительность.

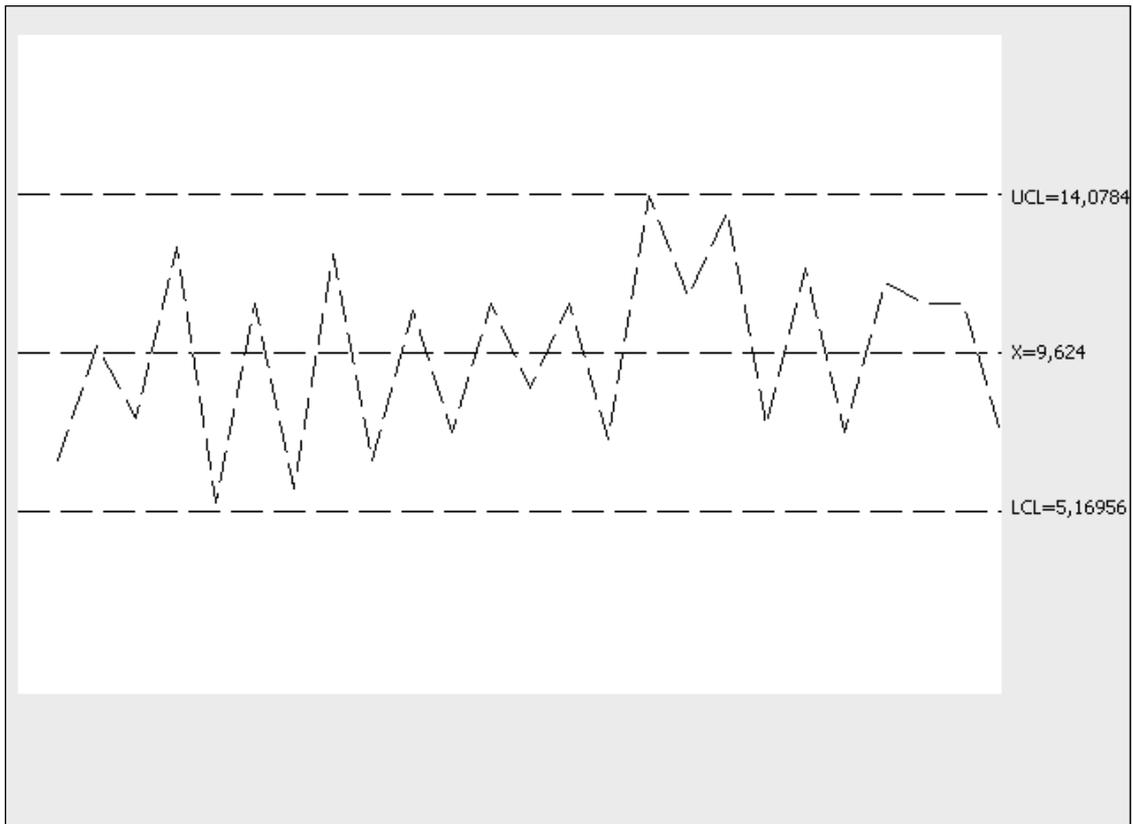


Рис. 2. Вид формы «Диаграмма X»

ЛИТЕРАТУРА

1. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества/ М. М. Кане, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схиртладзе. — СПб.: Питер, 2009.-432 с.
2. Царев Ю. В., Тростин А. Н. Статистические методы управления качеством. Контрольные карты: Учебно-методическое пособие/ ГОУ ВПО Иван. гос. хим.—технол. ун-т.— Иваново, 2006. — 250с.
3. ГОСТ Р ИСО 7870—2—2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. — Взамен ГОСТ 50779.42—99. — введ. 01—12—2016. — М.: Изд-во стандартов, 2016. — 44 с.
4. Кожанов Р. В., Артемова А. Д., Гягяева А. Г., Кожанова Е. Р., Сорокина Л. А. Построение контрольных карт Шухарта с применением Mathcad и Matlab [Текст] // Актуальные вопросы технических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). — Пермь: Зебра, 2015. — С. 20–25.
5. Программное обеспечение «Хроматэк Аналитик» 2.6// Руководство пользователя 214.00045–51И, 164 с.

© Романов Виктор Александрович (vromanov62@mail.ru), Прусс Борис Наумович (prussbor@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ПРИНИМАЕМЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ¹

HEALTH EVALUATION OF PATIENT WITH CHRONIC HEART FAILURE BASED ON MEDICATION DATA

**A. Stolyarov
A. Grebennikova**

Summary. The aim of the study was to develop an algorithm for health evaluation of a patient with chronic heart failure, based on medication information. The article presents main medicaments groups, which are subject to regular application and promote health improvement. Each group is assigned an evaluation criterion. There are defined evaluation functions of medicament effectiveness and calculation functions of recommended dose for each criterion. Expert databases were created, which store a discrete set of values set by experts for a certain number of sets of input parameters of each defined function. The article describes the process of forming an expert database. Interpolation of the expert database by the method of radially basis functions allows us to find intermediate values of functions. The results of the research are applied to the remote monitoring platform for patients with chronic heart failure to determine the criticality of patients' health status.

Keywords: health evaluation, mathematical modeling, chronic heart failure, telemonitoring, expert database, interpolation.

Столяров Александр Юрьевич

Аспирант, Волгоградский государственный
университет
stolyarovalex@list.ru

Гребенникова Анна Алексеевна

Аспирант, Волгоградский государственный
медицинский университет
greben50@rambler.ru

Аннотация. Цель исследования — разработать алгоритм оценки состояния здоровья пациента с хронической сердечной недостаточностью на основе информации о принимаемых лекарствах. Были выявлены основные группы лекарственных средств, подлежащих регулярному применению и способствующих улучшению самочувствия. По каждой группе был разработан критерий оценки и определены функции оценки эффективности применения препарата для текущего состояния здоровья пациента и расчета рекомендуемой к применению дозы. Для каждой из найденных функций была создана экспертная база, хранящая дискретный набор значений, выставленных экспертами для определенного числа наборов входных параметров функции. Описан процесс формирования экспертной базы. Для расчета промежуточных значений функций по каждому из критериев используется интерполяция полученной экспертной базы методом радиально базисных функций. Результаты исследования применены в платформе удаленного мониторинга пациентов с хронической сердечной недостаточностью для определения критичности состояния пациента.

Ключевые слова: оценка состояния здоровья, математическое моделирование, хроническая сердечная недостаточность, телемониторинг, экспертная база, интерполирование.

Введение

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является распространенным заболеванием. Во всем мире численность пациентов, страдающих ХСН, составляет около 22 млн., в России таких больных 7,9 млн. [1], в США — 5 млн. Высокая смертность среди пациентов с ХСН заставляет искать новые пути оптимизации ведения пациентов для улучшения качества и продолжительности их жизни. Одним из эффективных способов такой оптимизации является своевременное предупреждение пациента и доктора о критичности со-

стояния здоровья пациента. Для этого необходимо произвести отображение качественных показателей здоровья пациента в количественные при помощи функций оценки. В работе [2] уже было предложено производить оценку по критериям ВЕС, ПУЛЬС и ДАВЛЕНИЕ. Однако данный набор стоит дополнить и критериями, связанными с регулярно принимаемыми препаратами, доказавшими свою способность к снижению смертности и заболеваемости ХСН [3]:

- ◆ бета-адреноблокаторы,
- ◆ антагонисты минералокортикоидных рецепторов,

¹ Авторы выражают свою благодарность руководству Волгоградского областного клинического кардиологического центра за сотрудничество

- ◆ ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента и сартаны.

Данное включение обосновано наличием правил приема каждого отдельно взятого лекарственного средства. Доктор должен постоянно корректировать курс лечения, устанавливая новые дозы препаратов в зависимости от измерений, присланных пациентом. К примеру, для препаратов группы бета-блокаторов крайне важно постоянное повышение дозы в среднем в 1.25 раз каждые 2 недели в случае улучшения показателей состояния здоровья пациента. Любое отклонение от норм и применение менее действенных по силе лекарственных средств может серьезно сказаться на самочувствии пациента. Поэтому включение данных критериев так же важно для составления общей оценки состояния здоровья.

Основанием для разработки алгоритма оценки стало наличие платформы удаленного мониторинга пациентов с ХСН на базе мобильного приложения, в рамках которого было предложено создать систему оценок текущего состояния здоровья пациента на основе данных телемониторинга и принимаемых препаратов.

Одной из функциональных особенностей платформы являются напоминания о приеме лекарств, который реализован в виде будильника в мобильном приложении пациента на выставленные доктором часы приема. Кроме этого в платформе производится мониторинг типов принимаемых пациентом препаратов. Все данные о приеме лекарств сохраняются в базе данных вместе с регулярно отправляемыми данными телемониторинга пациента. Благодаря этому мы можем разработать алгоритм оценки по принимаемым препаратам. Внедрение данного алгоритма в платформу позволит больным получать оценку своего состояния здоровья без участия доктора, а докторам иметь дополнительный инструмент рекомендательного характера, помогающий в обслуживании и ведении пациентов.

1. Определение функций оценки

Построение оценки для критериев, связанных с принимаемыми препаратами, отличается от описанных в работе [2] оценок по данным телемониторинга. Оценка должна производиться с учетом эффективности применения препарата рассматриваемой группы и отклонения принимаемой дозы от целевой. Разработаем общую формулу оценки по критериям, связанным с препаратами, которая будет включать оба аспекта, влияющую на конечную оценку:

$$e_m = e'_m k d_m \quad (1)$$

где m — группа лекарственных средств, e'_m — оценка эффективности применения препарата рассматриваемой группы m для текущих данных телемониторинга пациента, которая высчитывается по шкале от 0 до 10 включительно, где 0 обозначает смертельное или несуществующее состояние, а 10 — идеальное состояние, в котором у пациента будет происходить компенсация заболевания, k — коэффициент понижения эффективности препарата в случае применения пациентом альтернативного (не оригинального) лекарственного средства, отличного от прописанного (имеет значение 1, если пациент принимает прописанный доктором препарат), d_m — коэффициент отклонения принимаемой дозы препарата от рекомендуемой, который высчитывается по формуле:

$$d_m = \begin{cases} \frac{ds}{ds_m}, & 0 < ds \leq ds_m \\ 1 - \frac{ds - ds_m}{ds_{mmax} - ds_m}, & ds_m < ds \leq ds_{mmax} \\ 0, & ds_{mmax} < ds \\ 1, & ds_m = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где ds — текущая принимаемая доза препарата (в процентах от целевой дозы препарата), ds_m — рекомендуемая к применению доза препарата рассматриваемой группы m (в процентах от целевой дозы препарата), ds_{mmax} — смертельная к применению доза препарата рассматриваемой группы m (в процентах от целевой дозы препарата).

Формула (2) выбрана ввиду линейности понижения эффективности препарата в зависимости от отклонения принимаемой дозы к рекомендуемой и определяется на интервале [0,1].

Разработанная формула для каждого из критерия будет иметь свои функции оценки эффективности применения препарата e'_m и расчета рекомендуемой к применению дозы ds_m . Поэтому далее мы займемся поиском параметров для этих функций по каждому критерию. Поиск параметров функций и дальнейшее формирование экспертной базы для каждой из функций проходило с участием экспертной группы, созданной на базе Волгоградского областного клинического кардиологического центра и включающую 12 кардиологов.

Для критерия **БЕТА-БЛОКАТОРЫ** ($m = bb$) обе функции включают в рассмотрение следующие параметры и показатели пациента: возраст, среднее значение пульса за 3 дня, среднее значение давления за 5 дней, сопутствующие заболевания (сахарный диабет, атеросклероз сосудов, проблемы с легкими, потенция) и тип используемого пациентом препарата. По описанным параметрам доктор делает заключение об эффективности применения препарата группы бета-блокаторов и определяет

рекомендуемую дозу к применению, поэтому функции будут выглядеть следующим образом:

$$e'_{bb} = f_1(a, pl_{avg3}, pr_{avg5}, tp_{bb}, dis),$$

$$ds_{bb} = g_1(a, pl_{avg3}, pr_{avg5}, tp_{bb}, dis),$$

где a — возраст, pl_{avg3} — среднее значение пульса пациента за 3 дня, pr_{avg5} — среднее значение давления за 5 дней, tp_{bb} — тип препарата группы бета-блокаторов, dis — параметр, отвечающий за наличие сопутствующих заболеваний.

Для критерия **АНТАГОНИСТЫ** ($m = an$) функция оценки эффективности применения препарата зависит только от наличия у пациента проблем с ростом груди (для представителей мужского рода) и типа используемого препарата, а рекомендуемая к применению доза препарата от наличия проблем с почками или легкими, наличия отеков и среднего значения давления за 3 дня. Запишем функции в следующем виде:

$$e'_{an} = f_2(tp_{an}, dis),$$

$$ds_{an} = g_2(pr_{avg3}, dis),$$

где tp_{an} — тип препарата группы антагонистов, pr_{avg3} — среднее значение давления за 3 дня.

Критерий **ИНГИБИТОРЫ САРТАНЫ** ($m = is$). Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) в максимально переносимых дозах применяются у всех больных ХСН для снижения риска смерти, повторных госпитализаций и улучшения клинического состояния. Отказ от назначения ингибиторов АПФ больным не может считаться оправданным при уровне систолического артериального давления больше 85 мм рт.ст. и ведёт к повышению риска смерти больных с ХСН (класс рекомендаций Ia уровень доказанности A [3]). В случае наличия непереносимости ингибиторов АПФ, доктор обязан прописать сартаны в качестве замены. Эффективность использования препарата группы ингибиторов или сартанов зависит от наличия у пациента непереносимости ингибиторов, проблем с почками или легкими, а доза препарата рассчитывается исходя из показателя среднего давления за 5 дней. Данную зависимость можно представить в виде функций:

$$e'_{is} = f_3(R_i, dis),$$

$$ds_{is} = g_3(pr_{avg5}),$$

где R_i — параметр, отвечающий за непереносимость пациентом препаратов группы ингибиторов АПФ (принимает значение 1 в случае присутствия непереносимости и 0 при ее отсутствии).

В результате мы получили набор функций и их параметров для оценки по каждому из критериев.

2. Формирование экспертной базы

Каждая из функций f_1, f_2, f_3 преобразует данные пациента в оценку, которая определяется на интервале $[0, 10]$. В ходе исследования не удалось однозначно решить задачу представления функций оценки в виде формул от входных параметров, поэтому было решено произвести оценку частных случаев для каждого из критериев, составив тем самым дискретный набор известных значений функции, который мы именуем как экспертная база. По собранному дискретному набору можно производить поиск промежуточных значений функций. Такой же подход будем использовать и для функций g_1, g_2, g_3 , однако в этом случае будет происходить расчет рекомендуемой дозы.

Для начала разделим входные параметры функций $f_1, f_2, f_3, g_1, g_2, g_3$ на два типа: числовые параметры и параметры с фиксированным набором возможных значений. К числовым параметрам относятся возраст a , пульс pl , давление pr — все эти параметры имеют в качестве своих значений действительные числа. Стоит также отметить, что параметр давление представляет собой комбинацию двух числовых параметров: систолического pr^{sys} и диастолического pr^{dia} давления. К параметрам с фиксированным набором возможных значений стоит отнести непереносимость пациента определенной группы препаратов R_m , тип препарата tp_m и наличие сопутствующих заболеваний dis . Рассмотрим каждый из них в отдельности.

- ♦ Учет параметра непереносимости группы препаратов R_m позволяет верно скорректировать курс лечения пациента в зависимости от проявляющихся аллергических реакций. В оценке этот параметр призван снижать эффективность одних лекарственных средств в пользу других, наименее безвредных для пациента. Поэтому параметр принимает всего два значения: 0 и 1, где 0 говорит об отсутствии у пациента непереносимости, а 1 — о её наличии.
- ♦ Параметр тип препарата tp_{an} позволяет произвести более точную оценку эффективности применения препарата относительно текущих показателей телемониторинга и качества самого лекарственного средства. Данный параметр для каждой группы препаратов имеет фиксированный набор значений в виде перечисления активных лекарственных веществ для рассматриваемой группы. Отдельно взятые марки препаратов не только распределяются по типам, но и помечаются в качестве оригинального или альтернативного лекарственного средства, что

позволяет определять коэффициент k в формуле 2.6. К этому параметру мы отнесем и значение «Не принимает», так как игнорирование приема препарата должно оцениваться отдельно и может иметь разную оценку для различных случаев показателей здоровья, полученных при помощи телемониторинга.

- ◆ Сопутствующие заболевания пациента было решено представить в виде одного параметра, который изменяет свое значение в зависимости от набора имеющихся на текущий момент у пациента проблем со здоровьем, осложняющих ХСН. Значение параметра можно представить в виде числа, двоичная запись которого будет показывать наличие или отсутствие определенного заболевания [2]. В рассмотрение берутся следующие заболевания: диабет, заболевания почек, тяжелая форма сердечной недостаточности, мерцательная аритмия, заболевания легких, потенция, гинекомастия (рост груди у мужчин). В результате получаем конечный набор возможных значений параметра сопутствующих заболеваний, определенный целыми числами на интервале $[0,127]$. К примеру, для пациента, у которого есть проблемы с почками, диабет и мерцательная аритмия значения параметра будет равным 11. Такая схема упрощает хранение и дальнейшее обращение к ним.

Формирование экспертной базы подразумевает расчет значений функций $f_1, f_2, f_3, g_1, g_2, g_3$ на дискретном множестве параметров исходя из нескольких экспертных мнений. В качестве параметров будем выбирать узлы равномерной сетки, построенной в n -мерном пространстве для каждой отдельно взятой функции, где n — число параметров функции. Стоит отметить, что для параметров с фиксированным набором возможных значений сетка будет строиться по каждому значению из набора, однако исключением является параметр, отвечающий за сопутствующие заболевания пациента, так как не все заболевания влияют на результат отдельно взятой функции, поэтому брать в рассмотрение стоит только определенное подмножество значений параметра. Выбор значений для параметров может быть произвольным, то есть без соблюдения определенного шага.

Для каждого критерия требуется разработать оценочную форму. В данном исследовании оценочные формы были представлены n -мерными матрицами, отображенными в двухмерные таблицы, где n — число входных параметров для каждой рассматриваемой функции критерия оценки. Далее разработанные формы передаются на заполнение экспертной группе.

В конце заполненные оценочные формы вносятся в экспертную базу путем взвешенного усреднения зна-

чений для каждого отдельно взятого набора параметров, где весом значения выступает рейтинг доктора, выставивший это значение [4].

Кроме этого для оценок по критериям, связанным с принимаемыми препаратами, требуется получить следующую информацию о препаратах:

- ◆ коэффициент понижения эффективности препарата в случае применения пациентом альтернативного (не оригинального) лекарственного средства, отличного от прописанного;
- ◆ целевая доза к применению;
- ◆ смертельная к применению доза препарата.

Для сбора требуемых данных попросим каждого эксперта расписать все возможные оригинальные и альтернативные лекарственные средства для групп бета-блокаторов, антагонистов минералокортикоидных рецепторов, ингибиторов АПФ, сартанов и указать их зависимости (оригинальный / альтернативный). Для каждого из препаратов мы заполним информацию о целевой и смертельной дозе. Но для вычисления коэффициента потребуется сформировать оценочную форму и представить экспертной группе на заполнение, так как данное значение необходимо высчитывать исходя из опыта докторов. На основе произведенных экспертных оценок мы сможем найти взвешенное усредненное значение требуемого коэффициента для каждого из альтернативных препаратов.

По окончании мы получим дискретные наборы значений для каждой из функций оценки $f_1, f_2, f_3, g_1, g_2, g_3$ и полную информацию о препаратах. Полученных данных достаточно для того чтобы произвести оценку состояния здоровья по каждому критерию для любого набора входных параметров (любой точки) посредством интерполирования.

3. Интерполирование функций оценки

Проводить интерполяцию по параметрам с фиксированным набором возможных значений не имеет смысла, так как при формировании базы экспертных оценок были рассмотрены все значения данных параметров, а необходимости в расчете промежуточных значений нет. Поэтому интерполяцию будем проводить только по числовым параметрам. Это позволит сократить время расчета, так как в этом случае мы фиксируем часть параметров функции, производя тем самым выборку подмножества из дискретного множества вычисленных значений экспертной базы для последующей интерполяции.

В качестве метода интерполяции возьмем метод радиальных базисных функций. В этом методе вычисление

значения выбранной функции $f_1, f_2, f_3, g_1, g_2, g_3$ (обозначим выбранную функцию за φ) в произвольной точке x_a находится как линейная комбинация значений радиальных базисных функций (РБФ):

$$\varphi(x_a) = \sum_{i=1}^n \lambda_i B(d_{ai}),$$

где d_{ai} — расстояние между точкой, для которой происходит вычисление, и i -ой выборочной точкой экспертной базы, λ_i — коэффициент i -ой выборочной точки, B — радиальная базисная функция, аргументом которой является расстояние.

РБФ является ядерной функцией, которая определяет оптимальные веса, применяемые к точкам данных во время интерполяции. Существует множество разновидностей РБФ, но мы возьмем в качестве РБФ наиболее часто используемую мультиквадратичную функцию, которая является наилучшей с точки зрения построения гладкой поверхности, проходящей через экспериментальные точки [5]:

$$B(d) = \sqrt{d^2 + \varepsilon^2},$$

где d — расстояние (с учетом анизотропии) от точки интерполяции до выборочной точки, ε^2 — коэффициент сглаживания, значение которого будем определять как половину среднего расстояния между точками выборки.

Коэффициенты λ_i получают решением системы n уравнений, которые составляются из условия точной интерполяции — прохождения выходной поверхности через значения φ в n выборочных точках:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i B(d_{ij}) = \varphi(x_j)$$

Неизвестными в уравнениях являются n коэффициентов λ_i . И последовательность действий для определения λ_i включает: вычисление расстояний между всеми выборочными точками (d_{ij}), вычисление по ним значений РБФ ($B(d_{ij})$), решение системы уравнений.

В итоге мы получаем возможность расчета значений в произвольных точках функций оценки по каждому из критериев f_1, f_2, f_3 , и функций расчета рекомендованной дозы g_1, g_2, g_3 , на основе данных из экспертной базы.

4. Практическое применение

Результаты проведенного исследования были интегрированы в упомянутую ранее платформу удаленного

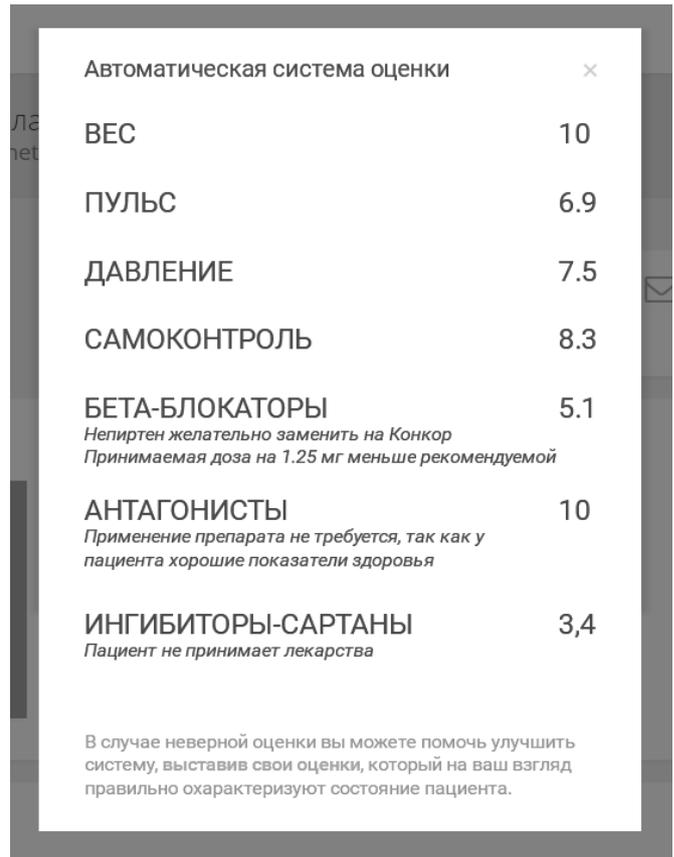


Рис. 1. Окно в панели доктора с результатами оценки пациента с ХСН со следующими показателями: женщина 64 года, с сахарным диабетом и атеросклерозом, имеющая среднее значение частоты пульса за 3 дня 72 удара в минуту, среднее значение давления за 5 дней — 112/75 мм.рт.ст., за 3 дня — 113/74 мм.рт.ст., принимающая лекарства группы бета-блокаторы марки Непиртен в дозировке 3.75 мг. в сутки и не принимающая лекарства группы антагонисты и ингибиторы-сартаны

мониторинга. Пример представления оценки в панели доктора можно увидеть на рисунке 1.

На текущий момент реализация алгоритма оценки представлена только докторам в качестве инструмента рекомендательного характера в панели. Кроме отображения самой оценки, мы имеем возможность отображать и текстовые рекомендации исходя из компонентов общей формулы оценки (1). Так, если для текущих показателей здоровья пациента другой тип лекарственных средств, отличный от применяемого, имеет высшую оценку, то доктору будет рекомендовано прописать препарат с другим активным лекарственным веществом. Кроме этого мы

можем отобразить разницу между принимаемой дозой и рекомендуемой. Если доктор не согласен с произведенной оценкой, он может проставить свои значения оценки для текущего пользователя и в экспертную базу данных запишется новое значение в соответствии с алгоритмом улучшения экспертной базы, описанным в работе [4].

Таким образом, мы получаем возможность производить автоматическую оценку состояния здо-

ровья пациента по присылаемым данным телемониторинга и принимаемым лекарствам, а также информировать об этой оценке пациента и доктора. Результаты исследования могут быть использованы для построения общей оценки, вычисленной при помощи агрегирования оценок по семи категориям, которая позволит относить пациентов к определенным группам риска, и прогнозировать их состояние здоровья

ЛИТЕРАТУРА

1. Мареев В.Ю., Агеев Ф. Т., Арутюнов Г. П., Коротеев А. В., Мареев Ю. В., Овчинников А. Г. и др. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр). Утверждены на Конгрессе ОССН 7 декабря 2012 года, на Правлении ОССН 31 марта 2013 и Конгрессе РКО 25 сентября 2013 года // Журнал Сердечная недостаточность. 2013. Т. 14, № 7 (81). С. 379–472.
2. Столяров А.Ю., Гребенникова А. А. Моделирование шкалы оценок состояния здоровья пациента с хронической сердечной недостаточностью на основе данных телемониторинга // Вестник ВолГУ. Серия 1. Математика. Физика. 2016. Вып. 6 (37). С. 155–165.
3. Ponikowski P, Voors A. A., Anker S. D. et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2016: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC // European Heart Journal. 2016. Vol. 37. P. 2129–2200.
4. Столяров А. Ю. Формирование экспертной базы для задачи оценки состояния здоровья пациента с хронической сердечной недостаточностью // Материалы XII Международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии», 24–25 апреля 2017 г. Т. 1, С. 104–108.
5. Мальцев К.А., Мухарамова С. С. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): Учебное пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 103 с.

© Столяров Александр Юрьевич (stolyarovalex@list.ru), Гребенникова Анна Алексеевна (greben50@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Волгоградский государственный университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСУ СИСТЕМОЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

DESIGNING OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM BY THE FIRE-FIGHTING SYSTEM OF A PRODUCTION BUILDING ON THE BASIS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

**О. Hussain
К. Pupkov**

Summary. One of the basic principles of complex automation of an industrial facility is to ensure the integration of functionally interconnected automated control systems for this object. In the thesis, an automated control system for the fire fighting system of the production shop was designed. Based on a typical industrial building with the maximum number of internal objects. The main advantage of ACS based on PCL is flexible programming logic and at the same time versatility, scalability, rapid reconfiguration and configuration change during upgrading, modification, adding / removing system parts or changing circumstances of object existence and tasks performed by the system, high reliability and noise immunity and Much more with the optimal «price / quality» ratio.

The designed automated control system SPT meets all the requirements for safety systems. It also has flexible logic and great opportunities to increase integration into the overall security system.

Keywords: automatic control system, automated process control system, automated process control system, automated control system for fire extinguishing systems, Design of the automated control system by the fire-fighting system of the production task on the basis of programmable logic controllers.

Хуссейн Оубаи Маан

Магистр, ФГАОУ ВО

«Российский университет дружбы народов»

Eng.nano.oubai@gmail.com

Пупков Константин Александрович

Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО

«Российский университет дружбы народов»

Аннотация. Основной принцип комплексной автоматизации промышленных объектов — обеспечить интеграцию функционально взаимосвязанных АСУ таким объектом. В работе спроектирована автоматизированная система управления системой пожаротушения производственного цеха. Основой является типовое промышленное здание, включающее максимальное количество внутренних объектов. Главным преимуществом АСУ, которые построены на базе ПКЛ заключается в гибкой логике программирования и универсальности, масштабируемости, быстрой перенастройке и изменении конфигураций при модернизациях, модификациях, удалении и добавлении в системные части или изменении обстоятельств существования объекта и задач, которые выполняет системы, высокая надежность, помехоустойчивость и ряд других показателей с учетом оптимального соотношения цены и качества.

Спроектированная автоматизированная система управления СПТ отвечает всем требованиям, предъявляемым к системам безопасности. Так же обладает гибкой логикой и большими возможностями по наращиванию интеграции в общую систему безопасности.

Ключевые слова: АР автоматическое регулирование, АСУ ТП автоматизированная система управления технологическим процессом, АСУ СПТ автоматизированная система управления системой пожаротушения.

Перечень сокращений

- ◆ АР — автоматическое регулирование
- ◆ АСУ ТП — автоматизированная система управления технологическим процессом
- ◆ АСУ СПТ — автоматизированная система управления системой пожаротушения
- ◆ Д — датчики (источники информации)
- ◆ ДУ — дистанционное управление
- ◆ ИВС — информационно-вычислительная система
- ◆ ИМ — исполнительный механизм

- ◆ ИП — измерительный преобразователь
- ◆ КТС — комплекс технических средств
- ◆ ПЛК — логический программируемый контроллер
- ◆ ЛВС — локальная вычислительная сеть
- ◆ МПК — микропроцессорный контроллер
- ◆ ОЗУ — оперативное запоминающее устройство
- ◆ ПК — программируемый контроллер
- ◆ СПТ — система пожаротушения
- ◆ ПАЗ — противоаварийные защиты
- ◆ ТОУ — технологический объект управления

- ◆ ТО — техническое обеспечение
- ◆ ТС — технические средства

Введение

Основной принцип комплексной автоматизации промышленных объектов заключается в обеспечении интеграции функционально взаимосвязанных АСУ этим объектом. К перспективному направлению в реализации данных принципов относится интеграция АСУ при помощи пожаротушения (АСУ ПТ) промышленного объекта и автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП) этого объекта, которая предполагает использовать однотипные программно-технические средства, к которым относятся: сервера и операторские станции; линии связи и оборудование сетей; базовое (инструментальное и системное) ПО; программируемые контроллеры.

Ряд данных технических средств может быть общей для АСУТП и АСУ ПТ (например, сервера, линии связи и сетевое оборудование верхних уровней). Технические нормативы требуют наличия отдельных (хотя и однотипных) программно-технических средств нижнего уровня, и лишь на более высоких уровнях управления (контроллеры в составе SCADA-систем) возможно объединение систем нижнего уровня в единую АСУ объектов, каждая из которых базируется на отдельных программно-технических средствах этого уровня:

- ◆ в подсистемах противопожарной безопасности — обязательно выделяется и функционирует независимо от решения иных задач объектов автоматизации;
- ◆ в технологических подсистемах должны быть решены все другие задачи автоматизации промышленных объектов (кроме задач противопожарной безопасности).

Введение таких технико-информационных-системных решений обеспечивает повышение безопасности и надежности осуществления техпроцессов при пожаротушении объектов, и способствует достижению высоких эксплуатационных и технико-экономических показателей деятельности организаций, имеющих данные объекты.

Необходимо подчеркнуть, что пожарным техническим нормативным законодательством РФ допускается применение промышленных контроллеров в АСУ ПТ, и совместная интеграция в единые системы АСУ ПТ, АСУТП и системы охраны и безопасности.

Тема дипломной работы «Проект автоматизированной системы пожаротушения с возможностью интеграции и сопряжения с другими системами с применением ПЛК».

Цель дипломной работы — спроектировать автоматизированную систему пожаротушения в производственном корпусе.

Предметом исследования в дипломной работе выступает система пожаротушения (СПТ) производственного корпуса, возможности по интеграции данной системы в общую АСУ ТП.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать сведения о ПЛК
2. Систематизировать и провести анализ характеристик ПЛК «Festo»
3. Проанализировать проектируемую часть СПТ и сформулировать предложения по дальнейшей интеграции, модернизированной СПТ в общую систему безопасности и управления
4. Произвести расчет затрат на внедрение проекта.
5. Рассмотреть вопросы безопасности труда при проведении работ по монтажу СПТ

Термин «контроллер» произошел от английского слова «control», что значит управление. Контроллерами в системе автоматизации называют устройства, выполняющие управление физическими процессами по записанным в него алгоритмам, используя информацию, получаемую от датчиков и выводимую в исполнительное устройство.

Впервые контроллер появился в начале 70-х г. в автомобильной промышленности, используя для процесса автоматизации сборочных линий и были построены на жесткой логике, что было экономично. Но перенастройки с одних технологических линий на другие требовала изготовления новых контроллеров, поэтому начали внедрять контроллеры, алгоритм работы которых изменяется с помощью схем соединений реле, которые впоследствии стали называться программируемые логические контроллеры (ПЛК), как они и будет далее называться в данной работе.

Немного позднее появились ПЛК, программируемые на машинно-ориентированном «языке», что упрощало их конструкцию, но требовало специально обученных программистов для внесения любых изменений в алгоритмы управления.

Так началась конкуренция за упрощение процессов программирования ПЛК, приведшая сначала к возникновению языка высокого уровня, позднее — специализированных языков визуального программирования, напоминающих языки релейной логики. Сейчас этот процесс завершен созданием международных стандартов IEC (МЭК) 1131-3, которые позднее были переименованы в МЭК 61131-3.

Стандартом МЭК 61131-3 поддерживается 5 языков технологического программирования, что не требует привлекать профессиональных программистов при построении системы контроллеров, оставляя им только решения нестандартных задач.

Поскольку способ программирования — наиболее существенный классифицирующий признак контроллера, термин «ПЛК» уже редко используется при обозначении управляющего контроллера, который не поддерживает технологический язык программирования.

При появлении дешевых и мощных микроконтроллеров в 1972 г. рынки ПЛК начали расти и за период с 1978 по 1990 г. он вырос с 80 млн. долл. до 1 млрд. долл. и к 2002 г. составлял 1,4 млрд. долларов.

Сейчас данный мировой рынок растет, хотя и не так быстро, что не относится к России.

ПЛК используют практически везде, где необходимы технологические процессы, в системе противоаварийной защиты и сигнализации, станки с ЧПУ, системы жизнеобеспечения зданий, сбор и архивирование данных, системы охраны и ряде других отраслей промышленности.

Из-за жестких ограничений по стоимости и большого количества разнообразных целей автоматизации планы по созданию универсального ПЛК, в отличие от офисных компьютеров, не завершились успехом. Рынок многочисленных контроллеров, каждый из которых отличается от других по ряду параметров, ориентируется на задачи, выдвигаемые по мере совершенствования автоматизации. В ассортименте любого производителя присутствуют несколько типов ПЛК, различающихся мощностью и стоимостью, что позволяет увеличивать прибыль при помощи сегментирования рынка.

В зависимости от того, какие функциональные характеристики проявляются контроллером при решении конкретной задачи, его стоимости, а также спектра решаемых им задач и производится обычно выбор оптимального контроллера. Среди других важных при выборе характеристик учитываются: температурный диапазон, качество и степень надежности, торговая марка производителя, разрешение на использование Ростехнадзора, сертификаты и т.п.

В развитии каждого из многочисленных разнообразных контроллеров выделены общие тенденции: уменьшаются габариты; расширяются функциональные возможности; растёт число поддерживаемых интерфейсов и сетей; преимущественно используется идеология «открытых систем»; используются языки программирова-

ния стандарта МЭК 61131-3; по мере роста конкуренции снижается стоимость.

Под влиянием последних тенденций у контроллеров все чаще обнаруживаются признаки компьютера (мышь, клавиатура, монитор, ОС Windows, подключение винчестера), а у компьютеров — признаки контроллеров (увеличился температурный диапазон работы, появилась возможность применения электронного диска, пылезащитные и влагозащитные устройства, возможность крепления на DIN-рейку, присутствует сторожевой таймер, стало больше коммуникационных портов, используется ОС жёсткого реального времени, обеспечивается самотестирование и диагностика, контролируется целостность прикладной программы).

Появляются и распространяются компьютеры в конструктивах, рассчитанные на жёсткие условия эксплуатации. Аппаратных различий между компьютерами и контроллерами становится всё меньше.

Тем не менее, сохраняются такие отличительные признаки контроллера, как его назначение и используемый технологический язык программирования. Чтобы классифицировать существующие сегодня в огромном разнообразии контроллеры, следует выделить присущие им отличительные признаки.

Так, по основному показателю — количеству каналов ввода-вывода различают следующие группы ПЛК:

- ◆ нано-ПЛК (до 16);
- ◆ микро-ПЛК (от 17 до 100);
- ◆ средние (от 101 до 500);
- ◆ большие (более 500).

В зависимости от расположения модулей ввода-вывода также выделяют моноблочные ПЛК, в которых не удаляется из контроллера и не заменяется на другое устройство ввода-вывода.

ПЛК CECX производитель FESTO

Из элементов системы автоматизации и управления проектируемой СПТ для исследования выбран ПЛК CECX производства фирмы FESTO.

Контроллер разработан для работы с таким мощным (для ПЛК) процессором как PXA-255 производства фирмы Intel при помощи удаленных модулей ввода-вывода через интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU или DCON.

К отличительным чертам рассматриваемого ПЛК относятся:

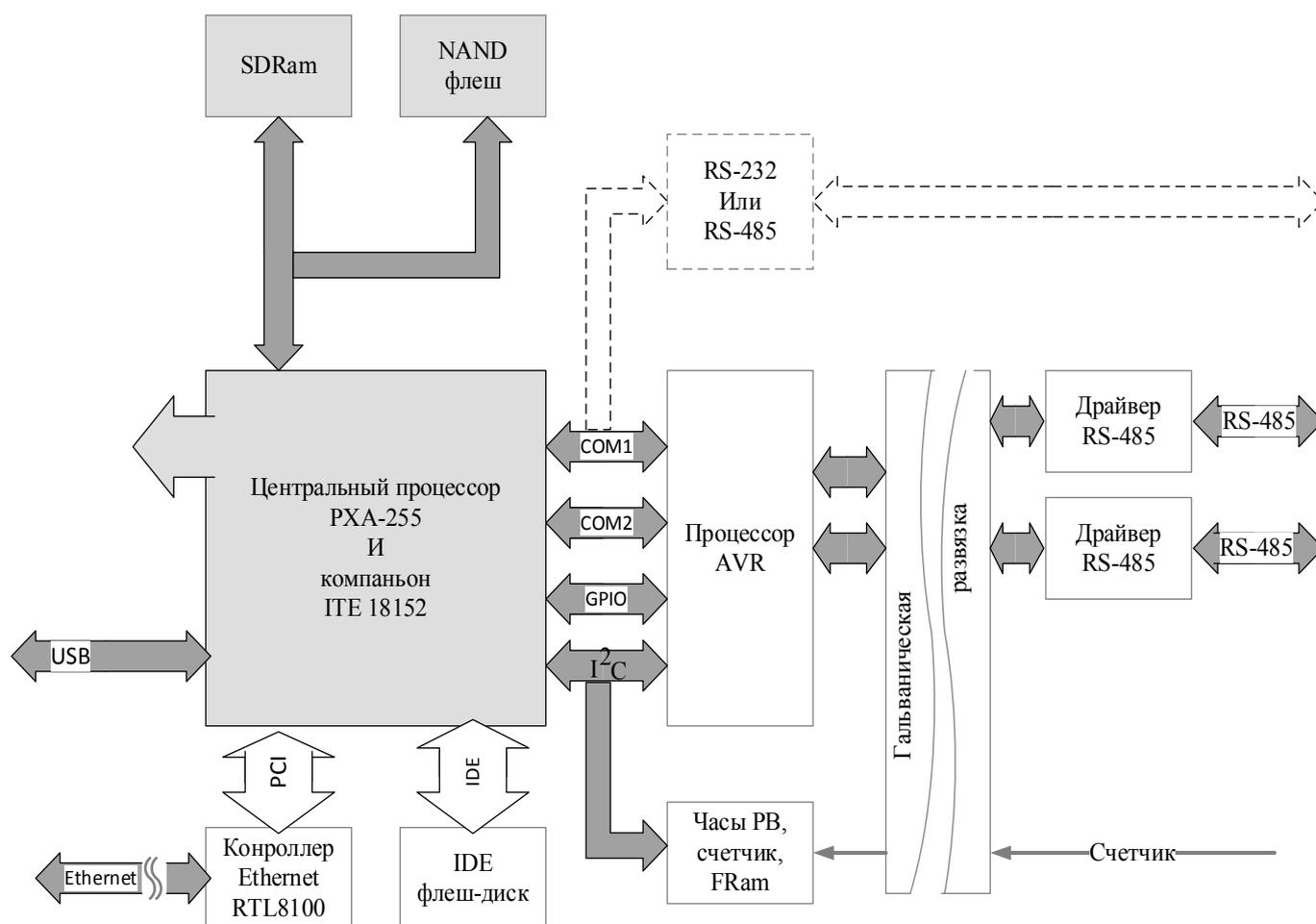


Рис. 1. Архитектура ПЛК SECX

- ◆ приверженность идеологии открытых систем;
- ◆ небольшие размеры: 120x75x35 мм;
- ◆ применение мощного процессора Intel XScale PXA270520 МГц;
- ◆ использование повышенной емкости памяти: ОЗУ 64/128 Мбайт, системная флэш-память 32/64 Мбайт, флэш-карта SD до 2 Гбайт;
- ◆ расширение температурного диапазона (от -25 °С или от -40 °С до +70 °С);
- ◆ возможность применения дисплея, мыши, клавиатуры.

Как следует из схемы, задача центрального процессора (рисунок 1) сводится к управлению ОЗУ, ЭППЗУ, ЖКИ дисплеем и внешними портами посредством вспомогательных контроллеров ввода-вывода, а также программного обеспечения ОС Windows CE и пользователя (на базе пакета CoDeSys). Задачей вспомогательного контроллера («компаньона») ITE I8152 является управление двумя портами RS-485 и контроллером Realtek, реализующим стек протоколов Ethernet. Оба порта выполнены

с расчётом на применение контроллера Atmega 164 P, а также двух UART процессора PXA-255.

Непосредственное подключение дисплея к ЦП проводится посредством плоского кабеля через параллельный интерфейс CMOS.

Для подключения мыши и клавиатуры к ПЛК предусмотрены два USB-порта, в которые также могут быть подключены съёмные карты («внешней») USB-флэш памяти.

Контроллер разработан и создан в соответствии с идеологией открытых систем, о чем свидетельствуют следующие признаки: применение стандартного интерфейса RS-485; использование протоколов Modbus RTU и DCON; поддержка Ethernet; предусмотрена работа с использованием ОС PB Windows CE; возможность программирования на языках C++, Visual Basic, C#, а также на 5-ти языках МЭК 61131-3 с помощью CoDeSys; OPC сервер может функционировать в среде Windows CE; предусмо-

трены возможность применения стандартной мыши и клавиатуры; возможность крепления на DIN-рейку.

Характеристики процессора

- ◆ 32-разряда, набор команд ARM версии 5TE ISA, с ядром (микроархитектурой) XScale;
- ◆ суперконвейерная архитектура процессора;
- ◆ тактовая частота процессора 520 МГц;
- ◆ тактовая частота системной шины 100 МГц;
- ◆ скоростной интерфейс с флэш-памятью;
- ◆ имеет режимы пониженного потребления;
- ◆ кэш-память процессора емкостью 32 Кб для данных и 32 Кб для команд;
- ◆ мини-кэш емкостью 2 Кб для обработки потока данных;
- ◆ контроллер флэш-памяти с тактовой частотой шины 100 МГц;
- ◆ сопроцессор для одновременного умножения двух 16-битных чисел с 40-битным накопителем. Соединен с центральным процессором 32-разрядной шиной;
- ◆ поддержка USB v.1.1–2 шт;
- ◆ сторожевой таймер.
- ◆ Характеристики ПЛК:
- ◆ размер сенсорного экрана панели управления CDPX 10 дюймов;
- ◆ предназначен для управления модулями ввода-вывода на шине RS-485,
- ◆ максимальное число каналов при подключении модулей ввода-вывода достигает 8000 шт.;
- ◆ соответствует ГОСТ 51840–2001 «Программируемые контроллеры»;
- ◆ программируется с помощью бесплатной системы CoDeSys (шесть языков МЭК 61131–3), а также на C++, Visual Basic, C#;
- ◆ ОС PB Windows Embedded Compact 7;
- ◆ один порт Ethernet 10/100 Base-T с гальванической развязкой;
- ◆ два порта RS-485 с индивидуальной гальванической развязкой (протоколы Modbus RTU и DCON);
- ◆ один порт USB для мыши, клавиатуры, флэш-диска;
- ◆ двухканальный звуковой выход;
- ◆ процессор NVIDIA® Tegra 2 (2 ядра Cortex A9, частота 1 ГГц);
- ◆ ОЗУ 256 Мбайт;
- ◆ системная флэш-память 512 Мбайт;
- ◆ флэш-карта SD до 32 Гбайт;
- ◆ сторожевой таймер;
- ◆ энергонезависимые часы реального времени и 2 счетчика внешних событий (ТТЛ уровни);
- ◆ возможность «горячей замены»
- ◆ напряжение питания от 10 до 30 В;
- ◆ расширенный температурный диапазон (–30... +70 град.);

- ◆ габариты 180x135x52,5. Посадочные размеры: 173,5 x 115 мм;
- ◆ вес 578 г.

Проектирование АСУ СПТ. Технические решения

- ◆ Назначение и состав системы автоматического пожаротушения

АСУ системой пожаротушения предназначена для управления обнаружением, локализацией и тушением очагов загорания в защищаемых помещениях, выдачи управляющих сигналов на систему оповещения о пожаре и инженерные системы здания.

АСУ СПТ включает в себя: систему пожаробнаружения; электротехническую часть; технологическую часть.

АСУ пожаробнаружением должна управлять обнаруживать очаги загорания по контролируемому фактору пожара, трансляции сигналов состояния и режиму работы систем на круглосуточный охраняемый пост, формировать и выдавать управляющие сигналы на электротехническую часть системы пожаротушения, систему оповещения о пожаре и инженерную систему здания.

Электротехническая часть АСУ пожаротушением должна обеспечивать функционирование технологических частей систем в автоматических (от сигнала системы пожаробнаружения) и дистанционных режимах согласно требованиям нормативно — технических документов.

Технологическая часть АСУ пожаротушением должна хранить, доставлять и распределять огнетушащие вещества по площади и объему защищаемых помещений.

Как огнетушащее вещество может использоваться:

- ◆ огнетушащий порошок — в автоматической установке при порошковом пожаротушении (АУППТ);
- ◆ газ Хладон 227е — в автоматической установке при газовом пожаротушении (АУГПТ);
- ◆ мелкодисперсную воду — в автоматической установке при пожаротушении тонкораспыленной водой (АУПТПВ).

Установками автоматического газового пожаротушения оборудовано помещение серверной (пом. 12) в административно-бытовой пристройке.

Состав системы АСУ пожаробнаружением и управления эвакуацией

Система пожаробнаружения строится на базе ПЛК CFPC — Festo.

В качестве приемного оборудования системы пожарной сигнализации используются:

- ◆ панель оператора CDPX фирмы Festo выполняющая функции приемно-контрольного прибора и панели пожарной сигнализации;
- ◆ два контроллера CAPC-Festo выполняющие функции приемно-контрольного прибора с функцией управления системой.

Связь панели CDPX и контроллеров CAPC-Festo осуществляется по интерфейсу CAN.

Периферийные устройства (модули, извещатели) объединяются в адресный шлейф, имеющий кольцевую топологию, имеют свой уникальный адрес в системе, позволяющий осуществить управление и контроль с заранее определенным алгоритмом работы. Применяемые в системах адресные пожарные извещатели дают возможность автоматического контроля работоспособности, подтверждение указанного функционала и выдают извещение о неисправностях на приемно-контрольные приборы.

Электротехническая часть системы автоматического пожаротушения

Электротехническая часть системы строится на базе базового модуля FESTO — electronic. Функция централизованного управления и контроля, сбор и отображение информации от приборов управления электротехнической части в системе выполняются базовым модулем «МБ», обеспечивающим функции управления и контроля по 16 направлениям пожаротушения. При необходимости систему можно расширить, используя модуль расширения «МР» на количество направлений.

Приемно-контрольное оборудование электротехнической части объединяется по интерфейсу RS-485. В качестве приборов управления используются модуль FESTO — electronic с соответствующей программой для «порошка» — для установок АУППТ и АУПТ ТРВ, «газ» — для установки АУППТ.

Модуль FESTO — electronic обеспечивают управление работой локальных установок пожаротушения в соответствии с требованиями нормативных документов: автоматический запуск установки по сигналу от системы пожарообнаружения; дистанционный (местный) запуск установки от пультов дистанционного пуска «ПДП», установленных у входов в защищаемые помещения; блокировку режима автоматического запуска при открытии дверей входа в защищаемые помещения (для установок АУППТ и АУПТТ); временную задержку выпуска огнетушащего вещества; световое и звуковое оповещение о запуске установки («ПОРОШОК (ГАЗ) — УХОДИ», «ПОРОШОК (ГАЗ) — НЕ ВХОДИ», «АВТОМАТИКА ОТКЛЮЧЕНА»), (для установок АУППТ и АУПТТ).

Электропитание и заземление установки

В соответствии с ПУЭ установки автоматического пожаротушения в части обеспечения надежности электропитания отнесены к потребителям особой группы I-ой категории.

В качестве третьего дополнительного источника используются:

- ◆ блоки питания 542404 SVG-1/230VAC-48VDC-10A фирмы Festo со встроенной АКБ.

Для обеспечения безопасности при эксплуатации оборудования установок проектом предусматривается подключение корпусов оборудования, технологических трубопроводов к существующему контуру защитного заземления (зануления). Защитное заземление (зануление) должно быть выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ, СП 6.13130.2009, СНиП 3.05.06, ГОСТ 12.1.030 и технической документацией заводов изготовителей.

Технические решения соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и прочих норм, действующих на территории РФ и обеспечивающих безопасную для жизнедеятельности человека и окружающей среды эксплуатацию объекта при соблюдении правил техники безопасности и инструкций по эксплуатации.

Противопожарное оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 50588 в части охраны окружающей среды при эксплуатации, техническом обслуживании, испытаниях и ремонте.

Требования безопасности к составным частям системы в отношении токоведущих частей, блокировок и защитному заземлению, должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0–75.

По способу защиты человека от поражения электрическим током системы АУПС, АУПТ и СОУЭ должны относиться к классу 01, согласно ГОСТ 12.2.007.0–75.

Оборудование должно иметь устройства для подключения защитного заземления. На корпусе около устройства заземления должна быть выполнена соответствующая маркировка.

При выполнении строительно-монтажных работ необходимо руководствоваться требованиями по охране труда системы стандартов безопасности труда, изложенными в ГОСТ 12.1.009–76 «Электробезопасность. Термины и определения» и в ГОСТ 12.3.032–84 «Работы электромонтажные. Общие требования безопасности».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р МЭК 870–5–1–95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 1. Форматы передаваемых кадров.
2. ГОСТ Р МЭК 870–5–2–95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 2. Процедуры в каналах передачи.
3. ГОСТ Р МЭК 870–5–3–95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 3. Общая структура данных пользователя
4. ГОСТ Р МЭК 870–5–4–96 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 4. Определение и кодирование элементов пользовательской информации
5. ГОСТ Р МЭК 870–5–5–96 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 5. Основные прикладные функции
6. ГОСТ Р МЭК 870–5–101–2001 Устройства и системы телемеханики.
7. ГОСТ Р МЭК 870–5–102–2001 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 102. Обобщающий стандарт по передаче интегральных параметров в энергосистемах.
8. Современные технологии промышленной автоматизации: учебник / О. В. Шишов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. — 273 с. ISBN5–7103–1123–5

© Хуссейн Оубаи Маан (Eng.nano.oubai@gmail.com), Пупков Константин Александрович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ НА ПИЩЕВОДНО-ЖЕЛУДОЧНОМ ПЕРЕХОДЕ

PATHOPHYSIOLOGICAL CHANGES IN HEMODYNAMICS DURING LAPAROSCOPIC OPERATIONS ON THE ESOPHAGEAL-GASTRIC TRANSITION

**N. Anipchenko
A. Ovezov
A. Allakhverdyan**

Summary. During laparoscopic operations on the esophageal-gastric junction, pneumomediastinum in combination with pneumoperitoneum inevitably develops, which exert a pathophysiological effect on hemodynamics. Changes in the main indices of hemodynamics (mean arterial pressure, heart rate, invasive mean arterial pressure, stroke volume, cardiac index, total peripheral vascular resistance) are described, a comparative analysis of these changes is made depending on the type of general anesthesia.

Keywords: cardiac achalasia, hiatal hernia, hemodynamics, pneumoperitoneum, pneumomediastinum, stroke volume, cardiac index, general peripheral vascular resistance.

Анипченко Наталья Николаевна

Аспирант, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
dottor.na@gmail.com

Овезов Алексей Мурадович

Д.м.н., ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
atolex@mail.ru

Аллахвердян Александр Сергеевич

Д.м.н., профессор, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
allakhverdyan@rambler.ru

Аннотация. Во время лапароскопических операций на пищеводно-желудочном переходе неизбежно развивается пневмомедиастинум в сочетании с пневмоперитонеумом, оказывающие патологическое влияние на гемодинамику. Описаны изменения основных показателей гемодинамики (среднее артериальное давление, частота сердечных сокращений, инвазивное среднее артериальное давление, ударный объем, сердечный индекс, общее периферическое сосудистое сопротивление), проведен сравнительный анализ данных изменений в зависимости от вида общей анестезии.

Ключевые слова: ахалазия кардии, грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, гемодинамика, пневмоперитонеум, пневмомедиастинум, ударный объем, сердечный индекс, общее периферическое сосудистое сопротивление.

Введение

Наиболее часто лапароскопические операции на пищеводно-желудочном переходе выполняются по поводу ахалазии кардии (АК) и грыжи пищеводного отверстия диафрагмы (ГПОД). Характерной особенностью данных операций является интраоперационное сочетание пневмоперитонеума и пневмомедиастинума.

Влияние пневмоперитонеума на сердечно-сосудистую систему широко изучены [1; 2; 3; 4]. Так, известно, что пневмоперитонеум приводит к сдавлению нижней полой вены, снижению венозного возврата и сердечного выброса, стимуляции симпатической нервной системы с выраженной артериальной гипертензией [3; 5; 6; 7; 8; 9]. Вследствие этого, после индукции анестезии и наложения пневмоперитонеума сердечный индекс (СИ)

может снизиться до 50% по сравнению с преднаркозным уровнем [10; 11]. Однако, влияние на ССС сочетания пневмоперитонеума и пневмомедиастинума остается не достаточно изученным.

Цель исследования

Оценить состояние гемодинамики при лапароскопических операциях по поводу АК и ГПОД.

Материалы и методы

Проведено рандомизированное клиническое исследование, включающее 66 пациентов, которым были выполнены лапароскопические операции по поводу АК и ГПОД. Все пациенты (66; 100%), согласно Протоколу рандомизации (seed 6556 от 04.01.2013, www.randomization.com), были разделены на равные группы:

тотальная внутривенная анестезия (33 пациента) и комбинированная общая анестезия (33 пациента).

Вводная анестезия

Учитывая этиопатогенез АК, нами предусматривалось наличие у всех пациентов «полного желудка», в связи с чем, вводный наркоз проводили по методике быстрой последовательной индукции анестезии. После преоксигенации в течение 1–2 минут, внутривенного болюсного введения пропофола в дозе 2 мг/кг, фентанила — 5 мкг/кг, рокурония бромида в дозе 1 мг/кг и при применении приема Селлика, проводили интубацию трахеи.

Вводная анестезия у пациентов с ГПОД проходила по схеме: после внутривенного болюсного введения фентанила (5 мкг/кг), пропофола (1–2 мг/кг, дозу определяли в процессе медленного введения по клиническому эффекту), и, в среднем, через 90 сек после применения рокурония бромида (0,6 мг/кг) на фоне протекции дыхания мешком АМБУ 100% кислородом через лицевую маску (скорость потока свежего газа соответствовала минутному объему дыхания пациента) следовала интубация трахеи.

Поддержание анестезии

1 группа: тотальная внутривенная анестезия на основе пропофола и фентанила с ИВЛ.

Поддержание анестезии осуществлялось путем непрерывной инфузии пропофола, болюсного введения фентанила (50–100 мкг). Тотальная миоплегия поддерживалась болюсами рокурония бромида в суммарной дозе 0,3–0,6 мг/кг/ч.

2 группа: общая комбинированная анестезия (севофлуран и фентанил) с ИВЛ.

Поддержание анестезии осуществлялось ингаляцией паров севофлурана ($1,0 \pm 0,3$ МАК) и болюсным введением фентанила (50–100 мкг); тотальная миоплегия поддерживалась болюсами рокурония бромида в суммарной дозе 0,3–0,4 мг/кг/ч.

Интраоперационный мониторинг включал в себя:

- 1) Гарвардский стандарт мониторинга;
- 2) измерение артериального давления инвазивным методом;
- 3) изучение состояния центральной гемодинамики с помощью импедансной кардиографии (анализировали ударный объем, сердечный индекс, общее периферическое сосудистое сопротивление) с применением аппаратно-компьютерного комплекса «РПКА2–01 Медасс» (Москва);

5) регистрация и компьютерная обработка электроэнцефалограммы (BIS-мониторинг).

Статистический анализ полученных данных

Полученные результаты исследования обрабатывали с помощью пакета статистической программы STATISTICA 10 фирмы STATSOFT (www.STATSOFT.com).

Для проверки нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилка: распределение пациентов считали нормальным при p критерия Шапиро-Уилка больше 0,05, и отличным от нормального — при $p < 0,05$.

В каждой группе выборки определяли центральные тенденции и меры рассеяния. Для нормально распределенных количественных показателей рассчитывали среднее и стандартное отклонение. Для количественных показателей с ненормальным распределением рассчитывали медиану и 25% — 75% квартили. Сравнение групп и подгрупп пациентов по средним значениям проводили с помощью критерия Манна-Уитни. По временным интервалам показатели сравнивали с помощью критерия Вилкоксона, чтобы оценить статистическую значимость изменений показателей по времени.

Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования были получены данные гемодинамики (среднее артериальное давление, частота сердечных сокращений, инвазивное среднее артериальное давление, ударный объем, сердечный индекс, общее периферическое сосудистое сопротивление) и проведен сравнительный анализ изменений показателей в зависимости от вида общей анестезии (ТВА и КОА).

В Таблице 1 представлены центральные тенденции и меры рассеяния среднего артериального давления (СрАД).

После индукции анестезии в группе ТВА отмечалось снижение СрАД на 8,3% по сравнению с дооперационными значениями ($p=0,000$), однако на момент начала формирования манжеты СрАД соответствовало дооперационным значениям ($p=0,215$) без статистически значимых изменений на последующих этапах исследования ($p > 0,05$).

В группе КОА после индукции анестезии среднее артериальное давление снижается на 13,85% ($p=0,000$),

Таблица 1. Среднее артериальное давление в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	97,5 (87; 112)	94 (85; 104)
II	84 (74,5; 93,5)	77 (67; 86)
III	91,5 (85,5; 107)	87 (72; 96)
IV	95,5 (83; 103)	86 (74; 92)
V	94,5 (86,5; 105)	93 (83; 105)
VI	94 (84; 104,5)	92 (83; 103)

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

Таблица 2. Частота сердечных сокращений в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=33; 50%) M ± SD	ТВА (n=33; 50%) M ± SD
I	76,24±10,45	73,39±8,93
II	67,05±10,52	68,5±10,67
III	77,53±13,66	75,86±13,46
IV	74,89±12,41	70,25±12,24
V	77,24±10,07	72,93±9,28
VI	76,79±9,09	71,54±10,26

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

на основном этапе операции — на 6,15% по сравнению с этапом поступления в операционную ($p=0,004$); и к моменту перевода в отделение СрАД возрастает еще на 2,7% ($p=0,006$). При этом нет статистически значимой разницы между значениями СрАД на этапе поступления в операционную и на этапе перевода в отделение ($p=0,333$).

Следующим обязательно мониторируемым во время анестезии показателем является частота сердечных сокращений. Центральные тенденции и меры рассеяния частоты сердечных сокращений (ЧСС) представлены в Таблице 2.

После индукции анестезии отмечается статистически значимое снижение ЧСС в группе КОА на 12,05% ($p=0,000$), в группе ТВА — на 6,66% ($p=0,017$) по сравнению с ЧСС на дооперационном периоде. К моменту начала формирования фундопликационной манжеты ЧСС возрастает в группе КОА на 15,63% ($p=0,000$), в группе ТВА на 10,74% ($p=0,003$) по сравнению со вторым этапом. Однако, статистически значимых различий ЧСС на основном этапе по сравнению с дооперационным периодом (КОА — $p=0,305$; ТВА — $p=0,482$) и по сравнению с этапом перевода пациентов в профильное отделение

(КОА — $p=0,688$; ТВА — $p=0,073$) не выявлено. Значения ЧСС на шестом этапе сопоставимы с первым (КОА — $p=0,801$; ТВА — $p=0,597$).

На всех этапах исследования между группами ТВА и КОА не обнаружены статистически значимые различия по показателю ЧСС ($p>0,05$).

С целью сохранения психологического комфорта пациентов катетеризацию лучевой артерии осуществляли сразу после индукции анестезии и интубации трахеи, в связи с чем инвазивное артериальное давление фиксировали на 5 этапах: разрез, начало формирования фундопликационной манжеты, конец операции, экстубация и перевод в профильное отделение.

Центральные тенденции и меры рассеяния инвазивного среднего артериального давления (СрАДи) представлены в Таблице 3.

При сравнении групп ТВА и КОА по показателю СрАДи отмечается статистически значимое различие на этапе десуффляции газа из брюшной полости: в группе ТВА СрАДи выше на 12,2% ($p=0,018$).

Таблица 3. Инвазивное среднее артериальное давление (СрАДи) в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
II	79 (72; 84)	75 (71; 83)
III	81 (71; 95)	84 (79; 95)
IV	82 (77; 88)	92 (83; 101)
V	91 (88; 101)	95 (87; 104)
VI	89 (84; 95)	94 (87; 103)

* Этапы: II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

Таблица 4. Ударный объем в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	65 (48–78)	65 (57–72)
II	63 (46–75)	63 (51–68)
III	44 (36–61)	44 (40–50)
IV	50 (41–61)	50 (47–53)
V	63 (57–71)	63 (58–66)
VI	64 (61–71)	64 (47–75)

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

Показатели центральной гемодинамики оценивали с помощью импедансной кардиографии. Прежде всего, в данном исследовании представлял интерес не абсолютные значения таких показателей, как ударный объем (УО), сердечный индекс (СИ) и общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС), а их изменения в зависимости от этапа операции и от выбора анестезиологической тактики.

Динамика изменений ударного объема (УО) представлена в Таблице 4.

После вводной анестезии отмечалось снижение УО на 3,08% (ТВА — $p=0,000$, КОА — $p=0,000$), на момент начала формирования фундопликационной манжеты — еще на 30,16% (ТВА — $p=0,000$, КОА — $p=0,000$). При этом разница в степени снижения УО в группах пациентов КОА и ТВА статистически незначима ($p>0,05$).

После десуффляции газа из брюшной полости в группе ТВА отмечалось увеличение УО на 13,64% ($p=0,000$), при этом в группе КОА статистически значимых изменений УО на момент окончания операции не зарегистрировано ($p=0,080$). Обращает на себя внимание факт, что в группе ТВА УО сразу после десуффляции газа статистически сопоставим с предоперационными значениями ($p=0,140$). В то время, как в группе КОА только на этапе достижения пациентами состояния Aldrete 10 баллов,

значения УО статистически сопоставимы со значениями первого этапа ($p=0,795$).

Динамика изменений сердечного индекса (СИ) представлена в Таблице 5.

После индукции анестезии в группе ТВА отмечается статистически значимое снижение СИ на 5,78% ($p=0,041$); на этапе формирования фундопликационной манжеты (пневмоперитонеум+пневмомедиастинум) СИ снижается еще на 22,45% ($p=0,177$).

В группе КОА степень снижения СИ на момент начала формирования фундопликационной манжеты на 8,98% больше, чем в группе ТВА, при этом в группе КОА СИ статистически сопоставим с предоперационными значениями лишь на этапе достижения пациентами состояния Aldrete 10 баллов ($p=0,164$), в то время, как в группе ТВА непосредственно после десуффляции газа из брюшной полости СИ соответствует 1 этапу исследования ($p=0,864$).

Динамика изменений общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) представлена в Таблице 6.

После индукции анестезии до этапа начала формирования фундопликационной манжеты отмечается статистически значимое увеличение ОПСС на 33,85% в группе

Таблица 5. Сердечный индекс в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	5,2 (4,7; 5,8)	5,2 (4,7; 5,8)
II	5,1 (4,6; 5,4)	4,9 (4,5; 5,2)
III	3,3 (3,0; 3,9)	3,8 (3,1; 4,0)
IV	4,8 (4,3; 5,3)	5,1 (4,6; 5,3)
V	4,9 (4,3; 5,3)	5,1 (4,7; 5,5)
VI	5,1 (4,7; 5,4)	5,2 (4,7; 5,7)

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

Таблица 6. Общее периферическое сосудистое сопротивление в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	1364 (1258; 1478)	1368 (1269; 1469)
II	1426 (1325; 1545)	1423 (1324; 1545)
III	1831 (1630; 1928)	1831 (1635; 1931)
IV	1569 (1521; 1636)	1720 (1529; 1785)
V	1425 (1324; 1532)	1420 (1321; 1523)
VI	1362 (1287; 1478)	1362 (1325; 1478)

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

ТВА ($p=0,000$) и на 26,09% в группе КОА ($p=0,000$). К этапу экстубации пациентов статистически значимых различий ОПСС по сравнению с дооперационными значениями зарегистрированы не были (ТВА — $p=0,569$, КОА — $p=0,345$).

На всех исследуемых этапах операций статистически значимые различия по значению ОПСС между группами ТВА и КОА не установлены ($p>0,05$).

Заключение

Таким образом, при лапароскопических операциях по поводу АК и ГПОД в результате влияния сочетания пневмоперитонеума и пневмомедиастинума, а также положения стола в крайней позиции анти-Тренделенбурга происходят следующие изменения гемодинамики: снижение среднего артериального давления на 20%, ударного объема — на 33,24%, сердечного индекса — на 37,21% и увеличение ОПСС на 33,85% по сравнению с дооперационными значениями. Отсутствие ожидаемых более выраженных изменений гемодинамики во время данных операций связываем с применением определенной тактики наложения пневмоперитонеума, стандартной для хирургического торакального отделения ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского. Пнев-

моперитонеум накладывается через иглу Вереша в положении пациента на спине со скоростью подачи газа не более 5 л/мин до достижения интраабдоминального давления не более 12 мм рт.ст. После введения первого лапаропорта, осмотра органов брюшной полости лапароскопом, непосредственно перед установкой печеночного ретрактора операционный стол переводится в положение анти-Тренделенбург. Скорость подачи газа увеличивается только на этапе применения электроаспиратора с последующим снижением до первоначальных значений с целью профилактики развития гиперкапнии.

Кроме того, в результате исследования было установлено, что разница в степени патофизиологических изменений гемодинамики (СрАД, ЧСС, СрАДи, УО, СИ, ОПСС) в случае проведения ТВА и КОА статистически не значима ($p>0,05$). Исключение касается сердечного индекса: на этапе начала формирования фундопликационной манжеты в группе КОА сердечный индекс снижается на 8,98% больше, чем в группе ТВА ($p<0,05$).

Однако, соответствие значений исследуемых параметров гемодинамики (СрАД, СрАДи, УО, СИ) дооперационным уровням в группе ТВА наступало достоверно раньше по сравнению с группой КОА.

Таким образом, можно предположить, что тотальная внутривенная анестезия (на основе пропофола) предпочтительнее по сравнению с комбинированной общей анестезией (пропофол+севофлуран) для обеспечения

лапароскопических операций по поводу АК и ГПОД у пациентов с сопутствующей кардиальной патологией. Однако, данное предположение требует дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев, А. А. Способ профилактики нарушений регуляции сердечного ритма в ходе выполнения лапароскопических оперативных вмешательств / А. А. Голубев, В. А. Зуева, В. В. Артемов // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2012. — №4 — С. 95–98.
2. Пути прогнозирования и профилактики послеоперационных осложнений лапароскопической холецистэктомии у больных с сопутствующей кардиореспираторной патологией / А. Г. Хитарьян [и др.] // Эндоскопическая хирургия. — 2011. — № 1. — С. 56.
3. Grabowski, J. E. Physiological effects of pneumoperitoneum / J. E. Grabowski, M. A. Talamini // J. Gastrointest Surg. — 2009. — № 13(5). — P. 1009–1016.
4. Hedenstierna, G. Respiratory function during anesthesia: effects on gas exchange / G. Hedenstierna, H. U. Rothen // Compr. Physiol. — 2012. — P. 69–96.
5. Gurusamy, K. S. Low pressure versus standard pressure pneumoperitoneum in laparoscopic cholecystectomy / K. S. Gurusamy, J. Vaughan, B. R. Davidson // Cochrane Database Syst. Rev. — 2014. — № 18. — P. 3.
6. Haemodynamic, acid-base and blood volume changes during prolonged low pressure pneumoperitoneum in rabbits / R. Sümpelmann [et al.] // Br. J. Anaesth. — 2006. — № 96(5). — P. 563–568.
7. Karbonskiene, A. Comparison of electrocardiographic parameters during pneumoperitoneum in patients without cardiovascular diseases and in patients with ischemic heart disease / A. Karbonskiene, I. Marchertiene // Medicina. — 2002. — № 2. — P. 197–204.
8. Pathophysiological and clinical aspects of the CO₂ pneumoperitoneum (CO₂-PP) / H. Gebhardt [et al.] // Surg. Endoscopy. — 1997. — № 11. — P. 864–867.
9. Sfez, M. Cardiorespiratory changes during laparoscopic fundoplication in children / M. Sfez, A. Guérard, P. Desruelle // Paediatr. Anaesth. — 1995. — № 5(2). — P. 89–95.
10. Gutt, C. N. Circulatory and respiratory complications of carbon dioxide insufflation / C. N. Gutt, T. Oniu, A. Mehrabi // Dig Surg. — 2004. — № 21(2). — P. 95–105.
11. Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance / R. Rauh [et al.] // J. Clin. Anesth. — 2001. — № 13. — P. 361–365.

© Анипченко Наталья Николаевна (dottor.na@gmail.com),

Овезов Алексей Мурадovich (amolex@mail.ru), Аллахвердян Александр Сергеевич (allahverdyan@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ ПРИ ЛАПАПОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ НА ПИЩЕВОДНО-ЖЕЛУДОЧНОМ ПЕРЕХОДЕ

PATHOPHYSIOLOGICAL CHANGES IN THE BIOMECHANICS OF RESPIRATION DURING LAPAROSCOPIC OPERATIONS ON THE ESOPHAGEAL-GASTRIC TRANSITION

N. Anipchenko
A. Ovezov
A. Allakhverdyan

Summary. A characteristic feature of laparoscopic operations on the esophageal-gastric junction is the combination of pneumoperitoneum and pneumomediastinum, which exerts a pathophysiological effect on the biomechanics of respiration. Changes in the parameters of respiration biomechanics (pulse oximetry, aerodynamic resistance of the airways, compliance, carbon dioxide content in the exhaled air, partial pressure of oxygen and carbon dioxide in the arterial blood) are described in the article, a comparative analysis of these changes depending on the type of general anesthesia was made.

Key words: cardiac achalasia, hernia of the esophageal opening of the diaphragm, respiratory biomechanics, pneumoperitoneum, pneumomediastinum.

Анипченко Наталья Николаевна

Аспирант, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
dottor.na@gmail.com

Овезов Алексей Мурадович

Д.м.н., ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
atolex@mail.ru

Аллахвердян Александр Сергеевич

Д.м.н., профессор, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»,
allakhverdyan@rambler.ru

Аннотация. Характерной особенностью лапароскопических операций на пищеводно-желудочном переходе является сочетание пневмоперитонеума и пневмомедиастинума, оказывающего патологическое влияние на биомеханику дыхания. В статье описаны изменения показателей биомеханики дыхания (пульсоксиметрия, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей, комплайнс, содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе, парциальное давление кислорода и углекислого газа в артериальной крови), проведен сравнительный анализ данных изменений в зависимости от вида общей анестезии.

Ключевые слова: ахалазия кардии, грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, биомеханика дыхания, пневмоперитонеум, пневмомедиастинум.

Введение

Лапароскопические операции на пищеводно-желудочном переходе, выполняемые чаще всего по поводу ахалазии кардии (АК) и грыжи пищеводного отверстия диафрагмы (ГПОД) характеризуются интраоперационным развитием сочетания пневмоперитонеума и пневмомедиастинума (карбоксиперитонеума и карбоксимедиастинума в случае интраабдоминальной инсуффляции углекислого газа).

Кроме влияния на гемодинамику, карбоксиперитонеум определяет изменения биомеханики дыхания. При инсуффляции газа в брюшную полость происходит смещение диафрагмы в краниальном направлении, что обусловливает уменьшение лёгочных объёмов, в том числе и функциональной остаточной ёмкости лёгких (ФОЕ) [1, 2]. Помимо этого, снижается комплайнс лёгких, возрастает давление в дыхательных путях [3; 4]. Карбоксипери-

тонеум приводит к развитию ателектазов, гиперкапнии, гипоксемии и респираторному ацидозу [5; 6; 7; 8].

Знание этих особенностей позволяет современной анестезиологии применять соответствующие меры профилактики ателектазирования и снижения ФОЕ [9; 10; 11; 6; 12]. Так, в исследовании E. Futier и соавт. [6] было показано влияние на функциональную остаточную ёмкость лёгких и оксигенацию крови применения положительного давления в конце выдоха (PEEP), равного 10 см вод. ст., и использования PEEP в сочетании с рекрутмент-маневром (по объёму, в конце выдоха) у пациентов при лапароскопических операциях. Авторами было отмечено, что применение PEEP=10 см вод. ст. при лапароскопических операциях увеличивает сниженное во время пневмоперитонеума ФОЕ, но не влияет на оксигенацию. В случае использования PEEP в сочетании с рекрутмент-маневром ФОЕ увеличивается на 16% (p=0,04), при этом рекрутмент-маневр-индуцированные изменения

ФОЕ коррелируют с изменениями оксигенации ($r = 0,42$, $p < 0,01$).

G. Cinnella и соавт. [10] в своем исследовании сделали вывод о целесообразности применения при ИВЛ во время лапароскопических операций, так называемой, стратегии «открытых легких», заключающейся в выполнении рекрутмент-маневра после наложения карбоксиперитонеума с последующим применением РЕЕР (5 см вод. ст.) с целью профилактики формирования ателектазов и улучшения оксигенации крови. Было отмечено, что гемодинамика во время выполнения стратегии «открытых легких» оставалась стабильной: сердечный выброс уменьшался примерно на 20% во время рекрутмент-маневра с последующим возвратом к исходным значениям, несмотря на применение РЕЕР.

Ряд авторов указывают на целесообразность применения инверсии фаз дыхательного цикла для предотвращения снижения ФОЕ и оксигенации крови, особенно в случае рестриктивного синдрома у пациентов с ожирением, когда применение РЕЕР ограничено из-за критичного влияния на гемодинамику [9; 14; 15; 12].

Выбор конкретной стратегии ИВЛ во время лапароскопических операций по поводу АК и ГПОД, предполагающего сочетание карбоксиперитонеума и карбоксимедиастинума, требует дальнейшего изучения и представления с позиции доказательной медицины.

Цель исследования

Оценить состояние биомеханики дыхания при лапароскопических операциях по поводу АК и ГПОД.

Материалы и методы

Проведено рандомизированное клиническое исследование, включающее 66 пациентов, которым были выполнены лапароскопические операции по поводу АК и ГПОД. Все пациенты (66; 100%), согласно Протоколу рандомизации (seed 6556 от 04.01.2013, www.randomization.com), были разделены на равные группы: тотальная внутривенная анестезия на основе пропофола (33 пациента) и комбинированная общая анестезия на основе севофлурана (33 пациента).

Интраоперационный мониторинг включал в себя:

- 1) Гарвардский стандарт мониторинга;
- 2) контроль за скоростью подачи инсуффлируемого газа и уровнем внутрибрюшного давления;
- 3) регистрация и компьютерная обработка электроэнцефалограммы (BIS-мониторинг);
- 4) полный газовый состав дыхательной смеси (оксиметрия, капнография, капнометрия, содержание

севофлурана в свежей газо-наркотической смеси, в альвеолярном газе и конце выдоха);

- 5) на трех фиксированных этапах (разрез, начало формирования фундопликационной манжеты и после десуффляции газа из брюшной полости) проводился анализ кислотно-основного состояния (КОС) и газового состава артериальной и венозной крови рутинным методом;
- 6) изучение биомеханики дыхания: дыхательный объем, частота вентиляции, минутный объем вентиляции, соотношение продолжительности фаз дыхательного цикла (I: E), конечное экспираторное давление (РЕЕР), пиковое инспираторное давление (Ppeak), вычисление статического комплайенса, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей (Raw), регистрация петель поток-давление, поток-объем и кривых давление/поток/объем-время.

Статистический анализ полученных данных

Полученные результаты исследования обрабатывали с помощью пакета статистической программы STATISTICA 10 фирмы STATSOFT (www.STATSOFT.com).

Для проверки нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилка. В каждой группе выборки определяли центральные тенденции и меры рассеяния. Для нормально распределенных количественных показателей рассчитывали среднее и стандартное отклонение. Для количественных показателей с ненормальным распределением рассчитывали медиану и 25% — 75% квартили. Сравнение групп и подгрупп пациентов по средним значениям проводили с помощью критерия Манна-Уитни. По временным интервалам показатели сравнивали с помощью критерия Вилкоксона, чтобы оценить статистическую значимость изменений показателей по времени. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Общепринятым параметром, рутинно мониторируемым во время анестезии, является пульсоксиметрия (SpO₂). Следует отметить, что в обеих группах (ТВА и КОА) использовали одинаковое значение фракции кислорода во вдыхаемой смеси (FiO₂), равной 50% (Таблица 1).

После индукции анестезии и перевода пациентов на ИВЛ отмечалось статистически значимое увеличение SpO₂: в группе ТВА — на 0,72% ($p=0,045$), в группе КОА — на 0,56% ($p=0,004$). На последующих этапах статистически значимых изменений SpO₂ отмечено не было ($p > 0,05$).

Таблица 1. Пульсоксиметрия в периоперационном периоде

Этап *	КОА (n=33; 50%) M ± SD	TBA (n=33; 50%) M ± SD
I	97,87 ± 1,95	98,43 ± 1,35
II	98,42 ± 1,7	99,14 ± 1,18
III	97,82 ± 2,08	98,79 ± 1,49
IV	98,16 ± 1,98	99,11 ± 1,45
V	98,76 ± 1,46	99,32 ± 1,63
VI	98,66 ± 1,28	99,57 ± 1,03

* Этапы: I — поступление в операционную; II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции; V — экстубация трахеи; VI — перевод в отделение (состояние пациента соответствует 10 баллам по шкале Aldrete).

Таблица 2. Частота дыхания во время искусственной вентиляции легких в зависимости от этапа операции

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	TBA (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
II	10 (10; 11)	10 (10; 12)
III	12 (12; 14)	13 (12; 15)
IV	12 (12; 14)	13 (12; 15)

* Этапы: II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции.

Таблица 3. Аэродинамическое сопротивление дыхательных путей (Raw)

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	TBA (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
II	15 (14; 16)	15 (14,5; 17)
III	24 (21; 27)	29 (28; 31)
IV	19,5 (18; 21)	19 (18; 20)

* Этапы: II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции.

При этом группы TBA и КОА по уровню сатурации были статистически сопоставимы на всех исследуемых этапах ($p > 0,05$).

Всем пациентам, вошедшим в исследование, проводили ИВЛ по объему (ДО=4–6 мл/кг). Однако, параметры ИВЛ во время лапароскопических операций на пищеводно-желудочном переходе требуют коррекции в зависимости от этапа операции и в случае развития гиперкапнии и/или карбокситоракса. Прежде всего, мы проводили коррекцию частоты дыхания (ЧД) и в группе TBA увеличивали скорость потока свежего газа (Таблица 2). После интубации трахеи в группе TBA скорость потока свежего газа была равна минутному объему дыхания. При возникновении гиперкапнии поток свежего газа увеличивали в среднем на 25%. В группе КОА скорость потока свежего газа была равна 1 л/мин на всех этапах операции.

Рассмотрим динамику изменений параметров, характеризующих механические свойства легких, во вре-

мя лапароскопических операций по поводу АК и ГПОД (Таблица 3).

К началу формирования фундопликационной манжеты резистанс (Raw) возрастает в группе TBA на 93% ($p=0,000$), в группе КОА на 60% ($p < 0,05$). После десуффляции газа из брюшной полости Raw снижается в группе TBA на 34,8% ($p=0,000$) и в группе КОА на 18,75% ($p=0,000$), без статистически значимой разницы между группами ($p > 0,05$).

Учитывая наличие пневмоперитонеума и пневмомедиастинума во время лапароскопических операций на пищеводно-желудочном переходе, патофизиологические изменения биомеханики дыхания носят рестриктивный характер. В связи с этим, важное значение имеет оценка комплайнса (Таблица 4).

На основном этапе операции (начало формирования фундопликационной манжеты — сочетание карбоксиперитонеума и карбоксимедиастинума) отмечается сниже-

Таблица 4. Статический комплайнс

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
II	74,5 (69,0; 81,0)	76,5 (71,0; 83,0)
III	38,0 (28,0; 54,0)	35,0 (28,0; 46,0)
IV	74,0 (64,0; 79,0)	66,5 (61,0; 73,0)

* Этапы: II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции.

Таблица 5. Содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе (PetCO₂)

Этап *	КОА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=33; 50%) Me (Q ₁ ; Q ₃)
II	32 (30; 35)	34,5 (32; 38)
III	39 (37; 41)	39,5 (38; 41,5)
IV	40 (38; 43)	38,5 (36; 42)

* Этапы: II — разрез; III — начало формирования фундопликационной манжеты; IV — конец операции.

Таблица 6. pH артериальной крови

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	7,43 (7,42; 7,47)	7,46 (7,45; 7,48)
II	7,34 (7,31; 7,34)	7,35 (7,34; 7,38)
III	7,34 (7,3; 7,37)	7,34 (7,32; 7,35)

* Этапы: I — разрез; II — начало формирования фундопликационной манжеты; III — после десуффляции газа из брюшной полости.

ние уровня статического комплайенса на 45,75% в группе ТВА (p<0,05) и на 51% в группе КОА (p<0,05).

После десуффляции газа из брюшной полости статический комплайнс увеличивается в обеих группах (p<0,05), причем в группе КОА после окончания операции значение комплайенса статистически значимо выше по сравнению с группой ТВА (p=0,042).

Одной из главных особенностей любой лапароскопической операции, во время которой для наложения пневмоперитонеума используют углекислый газ, является развитие гиперкапнии. Таким образом, обязательным компонентом мониторинга является капнография/капнометрия (Таблица 5).

На этапе начала формирования фундопликационной манжеты в обеих группах отмечалось статистически значимое повышение PetCO₂ в группе ТВА на 14,49%

(p=0,000); в группе КОА — на 21,88% (p=0,000), при этом на момент окончания операции значение PetCO₂ статистически значимо выше по сравнению со вторым этапом (до разреза): в группе ТВА — на 11,59% (p=0,001); в группе КОА — на 25% (p=0,000).

Рассмотрим кислотно-основное состояние и газовый состав артериальной крови на 3-х фиксированных этапах операции.

В группе ТВА отмечается статистическое значимое снижение pH после наложения карбоксиперитонеума (p=0,000) и после десуффляции газа из брюшной полости (p=0,013).

В группе КОА на втором этапе исследования отмечается статистически значимое снижение pH (p=0,000), при этом на третьем этапе значение pH не изменяется (p=0,000).

Таблица 7. Стандартный бикарбонат артериальной крови

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	20,2 (19,4; 21,3)	23,9 (21,6; 24,8)
II	22,6 (21,5; 23,4)	23,8 (22,6; 24,3)
III	22,4 (21,4; 23,5)	24,1 (21,6; 25,6)

* Этапы: I — разрез; II — начало формирования фундопликационной манжеты; III — после десуффляции газа из брюшной полости.

Таблица 8. Парциальное давление углекислого газа в артериальной крови (PaCO₂)

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	34,0 (32,0; 35,0)	35,1 (31,1; 36,3)
II	42,3 (40,6; 43,2)	40,0 (39,5; 42,0)
III	42,0 (39,8; 43,7)	39,5 (38,2; 39,9)

* Этапы: I — разрез; II — начало формирования фундопликационной манжеты; III — после десуффляции газа из брюшной полости.

Таблица 9. Парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO₂)

Этап *	КОА (n=23) Me (Q ₁ ; Q ₃)	ТВА (n=17) Me (Q ₁ ; Q ₃)
I	223,9 (216,0; 237,5)	218,4 (198,1; 243,4)
II	191,3 (187,8; 198,5)	208,4 (181,0; 221,5)
III	199,8 (191,2; 205,4)	226,7 (223,4; 231,2)

* Этапы: I — разрез; II — начало формирования фундопликационной манжеты; III — после десуффляции газа из брюшной полости.

Статистически значимых различий между группами КОА и ТВА по показателю pH на всех этапах исследования обнаружены не были ($p > 0,05$) (Таблица 6).

В группе КОА после наложения карбоксиперитонеума отмечается рост значения стандартного бикарбоната на 11,88% ($p = 0,000$), на остальных этапах и на всех этапах в группе ТВА не было статистически значимых различий в значении стандартного бикарбоната (Таблица 7).

На всех исследуемых этапах операций статистически значимые различия в уровне стандартного бикарбоната в артериальной крови между группами ТВА и КОА не установлены ($p > 0,05$).

На момент начала формирования фундопликационной манжеты было отмечено статистически значимое воз-

растание значений PaCO₂ в обеих группах: в группе ТВА на 13,96% ($p = 0,000$), в группе КОА — на 24,41% ($p = 0,000$), при этом после десуффляции газа из брюшной полости значения PaCO₂ статистически значимо выше по сравнению с дооперационными значениями в группе ТВА на 12,53% ($p = 0,000$) и на 23,53% в группе КОА ($p = 0,000$) (Таблица 8).

При сравнении данных парциального давления двуокиси углерода в артериальной крови в группах ТВА и КОА установлено, что в группе ТВА статистически значимо ниже значение PaCO₂ на этапе начала формирования фундопликационной манжеты ($p = 0,037588$) и после десуффляции газа из брюшной полости ($p = 0,004$).

В группе ТВА не обнаружено статистически значимое различие PaO₂ в послеоперационном этапе по сравнению с предоперационным ($p > 0,05$) (Таблица 9).

В группе КОА отмечается статистически значимое интраоперационное снижение парциального давления кислорода в артериальной крови, при этом PaO₂ на момент окончания операции ниже на 14,56% по сравнению с этапом разреза (p=0,000).

При сравнении значений PaO₂ между группами ТВА и КОА обнаружены статистически значимые различия в послеоперационном периоде: в группе ТВА значение PaO₂ выше на 13,46% (p=0,000).

Заключение

Таким образом, на момент начала формирования фундопликационной манжеты во время лапароскопических операций по поводу АК и ГПОД (сочетание карбоксиперитонеума и карбоксимедиастинума) развиваются

следующие изменения биомеханики дыхания и газового состава крови относительно дооперационных значений: увеличение резистанса на 93%, снижение комплайенса на 51%, увеличение PetCO₂ на 25%, PaCO₂ — на 24,41% и снижение PaO₂ на 14,56%. Данные изменения диктуют необходимость коррекции параметров ИВЛ в зависимости от этапа операции.

Следует отметить, что полученные в результате нашего исследования данные, касающиеся изменений биомеханики дыхания при лапароскопических операциях по поводу АК и ГПОД, актуальны в случае отсутствия сопутствующей сердечно-сосудистой и легочной патологии. Нам представляется важным дальнейшее изучение патофизиологических изменений гемодинамики и биомеханики дыхания при данных операциях у пациентов с сопутствующей кардиальной и легочной патологией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography / L. E. Andersson [et al.] // *Anesthesiology*. — 2005. — P. 293–299.
2. Pneumoperitoneum deteriorates intratidal respiratory system mechanics: an observational study in lung-healthy patients / S. Wirth [et al.] // *Surg. Endosc.* — 2017. — № 31 (2). — P. 753–760.
3. Alijani, A. Abdominal wall lift versus positive-pressure capnoperitoneum for laparoscopic cholecystectomy: randomized controlled trial / A. Alijani, G. B. Hanna, A. Cuschieri // *Ann Surg.* — 2004. — № 3. — P. 388–394.
4. Effect of intraabdominal pressure elevation and positioning on hemodynamic responses during carbon dioxide pneumoperitoneum for laparoscopic donor nephrectomy: A prospective controlled clinical study / I. R. Mertens zur Borg [et al.] // *Surg. Endosc.* — 2004. — № 18. — P. 919–923.
5. Hedenstierna, G. Respiratory function during anesthesia: effects on gas exchange / G. Hedenstierna, H. U. Rothen // *Compr. Physiol.* — 2012. — P. 69–96.
6. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy / E. Futier [et al.] // *Anesthesiology*. — 2010. — P. 1310–1319.
7. Moderate intra-abdominal hypertension is associated with an increased lactate-pyruvate ratio in the rectus abdominis muscle tissue: a pilot study during laparoscopic surgery / L. Maddison [et al.] // *Ann. Intensive Care*. — 2012. — № 5. — P. 14.
8. Pneumoperitoneum deteriorates intratidal respiratory system mechanics: an observational study in lung-healthy patients / S. Wirth [et al.] // *Surg. Endosc.* — 2017. — № 31 (2). — P. 753–760.
9. Аброськин, О. И. Обоснование инверсии фаз дыхательного цикла у пациентов с ожирением при лапароскопической холецистэктомии: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20 / Аброськин Олег Иванович. — Саранск, 2007. — 124 с.
10. Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery / G. Cinnella [et al.] // *Anesthesiology*. — 2013. — № 118(1). — P. 114–122.
11. Gurusamy, K. S. Low pressure versus standard pressure pneumoperitoneum in laparoscopic cholecystectomy / K. S. Gurusamy, J. Vaughan, B. R. Davidson // *Cochrane Database Syst. Rev.* — 2014. — № 18. — P. 3.
12. Zhang, W. P. The effects of inverse ratio ventilation on cardiopulmonary function and inflammatory cytokine of bronchoalveolar lavage in obese patients undergoing gynecological laparoscopy / W. P. Zhang, S. M. Zhu // *Acta Anaesthesiol. Taiwan.* — 2016. — № 1. — P. 1–5.
13. Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery / G. Cinnella [et al.] // *Anesthesiology*. — 2013. — № 118(1). — P. 114–122.
14. Амеров, Д. Б. Некоторые аспекты выбора вида оптимальной респираторной поддержки / Д. Б. Амеров, В. В. Казеннов, В. В. Лихванцев // *Анестезиология и реаниматология*. — 2002. — № 3. — С. 56–58.
15. Балыкова, Е. В. Анестезиологическое обеспечение лапароскопических колоректальных операций у пожилых онкологических больных: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20 / Балыкова Елена Валерьевна. — М., 2015. — 111 с.

© Анипченко Наталья Николаевна (dottor.na@gmail.com),

Овезов Алексей Мурадovich (amolex@mail.ru), Аллахвердян Александр Сергеевич (allahverdyan@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСЛОЖНЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ У ГОСПИТАЛИЗИРОВАННЫХ ЖЕНЩИН ГОРОДОВ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

PREGNANCY'S COMPLICATIONS AMONG OF URBAN AND RURAL HOSPITALIZED WOMEN OF DAGESTAN REPUBLIC

G. Gatina

Summary. Objective: to estimate features of the structure of pregnancy's complications among hospitalized women of urban and rural areas. **Materials and methods:** A comparative analysis of the structural features of complications of pregnancy was done among 732 hospitalized women from 2011 to 2013. For statistical processing of information was applied Microsoft Excel XP. **Results:** two thirds of urban and rural women have complications of pregnancy. The most frequent complications of pregnancy are: the threat of termination of pregnancy — 60.1%, the early and late toxicosis — 2.1%, spontaneous abortion — 2.6%. **Conclusion:** A place of living has not effect to the distribution of pregnancy's complications. The pregnancy's complications increase with age among urban and rural women.

Keywords: pregnancy, women, complications, age, reproductive health.

Гатина Гузель Амировна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России (Махачкала)
guzel-gatina@list.ru

Аннотация. Цель — оценить особенности структуры осложнений беременности у госпитализированных женщин села и города. **Материал и методы.** Проведен сравнительный анализ особенностей структуры осложнений беременности у 732 госпитализированных женщин с 2011 по 2013 гг. Для статистической обработки данных применялась программа Microsoft Excel XP. **Результаты.** Две трети городских и сельских женщин имеют осложнения беременности. Наиболее частые: угроза прерывания беременности — 60,1%, ранний и поздний токсикоз — 2,1%, самопроизвольное прерывание беременности — 2,6%. **Заключение.** Место жительства на распределение осложнений беременности не влияет. Осложнения беременности увеличиваются с возрастом у сельских и городских женщин.

Ключевые слова: беременность, женщины, осложнения, возраст, репродуктивное здоровье.

Актуальность

Многими исследованиями доказано влияние осложненного течения беременности и родов на состояние здоровья населения [1–3, 6, 7, 9, 10]. Оценка здоровья беременных женщин с учетом региональных особенностей приобретает особое значение, поскольку неблагоприятные последствия осложнений беременности и родов представляют риск как для женщины, так и для ее ребенка [4, 5, 8, 11].

Цель работы

Оценить особенности структуры осложнений беременности у госпитализированных женщин села и города.

Материал и методы

Нами были проанализированы данные из медицинской карты и специального опросника 2173 женщин, госпитализированных в различные отделения роддома № 2 г. Махачкалы за 3 года (с 2011 по 2013 гг.) по поводу беременности и ее осложнений. Среди обследуемых были выявлены 732 (33,7%) женщины с осложнениями

беременности, 53 (2,4%) с осложненным течением родов и 98 (4,5%) с осложнениями плода (табл. 1). Для статистического анализа использовались элементы описательной и сравнительной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

Как следует из табл. 1, самое большее число осложнений беременности наблюдалось у женщин 20–24 лет. Их частота была в 5,9 раз выше, чем у 15–19 летних женщин, в 2 раза выше чем у 25–29 летних женщин, в 3,6 раза выше, чем у 30–34 летних, 6,8 раза выше, чем у 35–39 летних. Осложнения родов наблюдались в 3 раза чаще у 20–24 летних женщин, чем у 15–19 летних, в 1,5 раза чаще, чем у 25–29 летних. Осложнения плода были отмечены в 4 раза чаще у 20–24 летних женщин, чем у 15–19 летних и 25–29 летних обследуемых, в 8 раз чаще, чем у 30–34 летних и в 7 раз чаще, чем у 35–39 летних женщин.

Таким образом, осложнения беременности, родов и плода чаще всего имели место у женщин 20–24 и 25–29 лет.

Таблица 1. Количество женщин, госпитализированных в РД № 2 в 2011–2013 гг. с осложнениями беременности, родов и плода

Возраст, лет	Осложнения беременности	Осложнения родов	Осложнения плода
15–19	59	7	14
20–24	347	23	56
25–29	168	15	13
30–34	94	7	7
35–39	51	1	8
>40	13	0	0
Итого	732	53	98

Таблица 2. Распределение осложнений беременности по возрасту и месту жительства (%)

Возраст	15–20	20–24	25–29	30–34	35–39	>40	Всего
Города	7,4	47,7	23,1	13,6	6,5	1,7	100,0
Гестоз	4,5	52,3	19,7	13,6	8,3	1,5	100,0
Угрожающий аборт	8,7	49,3	23,6	12,2	5,0	1,2	100,0
Самопроизвольный аборт	0,0	50,0	16,7	22,2	11,1	0,0	100,0
Погибшее плодное яйцо	0,0	50,0	33,3	16,7	0,0	0,0	100,0
Резус-иммунизация	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0	100,0
Многоплодие	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Токсикоз	6,7	33,3	40,0	6,7	13,3	0,0	100,0
Олигогидрамнион	33,3	50,0	0,0	16,7	0,0	0,0	100,0
Многоводие	0,0	20,0	40,0	40,0	0,0	0,0	100,0
Предлежание плаценты	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез	4,3	34,8	23,2	20,3	11,6	5,8	100,0
Преждевременная отслойка плаценты	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Преждевременный разрыв плодных оболочек	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Село	14,1	45,1	21,1	5,6	11,3	2,8	100,0
Гестоз	26,7	26,7	26,7	0,0	20,0	0,0	100,0
Угрожающий аборт	13,2	50,0	18,4	7,9	7,9	2,6	100,0
Погибшее плодное яйцо	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Предлежание плаценты	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез	0,0	50,0	21,4	7,1	14,3	7,1	100,0
Самопроизвольный аборт	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Многоводие	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Изучение распределения патологии беременности среди женщин села и города показало (таб.2), что чаще всего у городских жительниц 15–19 лет течение беременности осложнялось угрозой прерывания, ранним и поздним токсикозом. Другие акушерские осложнения выявлены в единичных случаях, поэтому статистическому анализу не подлежат. Гестоз отягощал течение беременности в 2,6 раза чаще у 20–24 летних женщин, чем у 25–29 летних, 3,8 раза чаще, чем 30–34 летних и в 6 раз чаще, чем у 35–39 летних. Суммарно частота гестоза у обследуемых 20–29 лет и 30–39 лет составила 71,6% и 20,1%, гестоз у 20–29 летних женщин встречался в 3,5 раза чаще, чем у 30–39 летних. Угроза прерывания бе-

ремени констатирована в 2 раза чаще 20–24 летних наблюдаемых, чем у 25–29 летних, в 4 раза чаще, чем у 30–34 летних и 9,8 раза чаще, чем 35–39 летних. Общая частота угрозы прерывания беременности у 20–29 летних и 30–39 летних составила 72,9% и 21,9%, в возрастной группе пациенток 20–29 лет угрожающий аборт выявлялся в 3,3 раза чаще. Самопроизвольное прерывание беременности в 3 раза чаще наблюдалось у 20–24 летних, чем у 25–29 летних, в 2 раза чаще, чем у 30–34 летних и в 4,5 раза чаще у 35–39 летних. Самопроизвольный аборт в возрастной группе женщин 20–29 лет был отмечен в 66,7%, у 30–39 летних в 33,3% случаях, т.е. в 2 раза чаще у 20–29 летних женщин. Замершая бере-

менность в 1,5 раза чаще наблюдалась у 20–24 летних, чем у 25–29 летних и в 3 раза чаще, чем у 30–34 летних. У женщин 20–29 лет частота замершей беременности была 83,3%, а у 30–39 летних — 16,7%, в 5 раз меньше, чем у 20–29 летних. Ранний токсикоз несколько чаще наблюдался у женщин 25–29 лет, чем у 24–29 летних, хотя достоверных различий не получено, в 5 раз чаще, чем у 30–34 летних, в 2,5 раза чаще, чем у 35–39 летних. Общая частота токсикоза у обследуемых 20–29 лет — 73,3%, у 30–39 летних — 20%, т.е. в 3,6 раза меньше. Доля маловодия у 20–29 летних составила 50%, у 30–39 летних — 16,7%, т.е. в 3 меньше. Отягощенный акушерский анамнез в 1,5 раза чаще выявлялся у 20–24 летних женщин, чем 25–29 летних, в 1,7 раза, чем у 30–34 летних, в 3 раза чаще, чем у 35–39 летних.

Сумма частоты отягощенного акушерско — гинекологического анамнеза у 20–29 летних пациенток была 58%, у 30–39 летних — 31,9%, в 1,8 раза меньше. Другие выявленные акушерские осложнения были представлены единичными случаями, поэтому их статистический анализ не представляет интереса.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшая частота осложнений в довольно высоком проценте наблюдается у женщин в возрасте 20–29 лет, особенно у 20–24 летних обследуемых. В целом у обследуемых 20–29 лет осложнения беременности наблюдались в 70,8% числе наблюдений.

Анализируя распределение осложнений беременности у сельских жительниц обнаружено, что у женщин 15–19 лет наиболее часто встречались угроза прерывания беременности и гестоз, который в одинаковом проценте случаев распределился как у женщин 15–19 лет, так и у 20–24 и 25–29 летних. В несколько меньшем проценте он обнаружен у 35–39 летних женщин. Общая частота гестоза у 20–29 летних и 30–39 летних женщин составила соответственно 53,4% и 20%. Следовательно, гестоз у 20–29 летних встречается в 2,7 раза чаще. Угроза прерывания беременности в 2,7 раза чаще наблюдается у 20–24 летних, чем у 25–29 летних женщин и в 6 раз чаще, чем у 30–34 летних и 35–39 летних пациенток. Суммарно частота угрожающего абортa у 20–29 летних и 30–39 летних была соответственно 68,4% и 25,8%. При сравнении у 20–29 летних она была в 2,6 раза больше. Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез был выявлен бы в 2,3 раза чаще у 20–24 летних женщин, чем у 25–29 летних, в 7 раз чаще у 30–34 летних и в 3 раза чаще у 35–39 летних обследуемых. Общая частота отягощенного акушерско-гинекологического анамнеза у 20–29 летних констатирована 71,4%, а у 30–39 летних — 21,4%. Сопоставляя эти частоты было обнаружено, что у 20–29 летних отягощенный акушерско-гинекологический анамнез имел место в 3 раза больше.

Таким образом, наше исследование позволяет утверждать, что наибольший процент осложнений беременности сельские женщины имеют в возрасте 20–29 лет, особенно в возрастных границах 20–24 лет. В общем процент осложнений беременности в группе женщин 20–29 лет составил 66,2%.

Сопоставление распределения осложнений беременности у городских и сельских женщин позволяет прийти к умозаключению, что наибольший процент осложнений наблюдается у женщин 20–29 лет с преобладанием их числа у 20–24 летних женщин. Частота осложнений беременности как у городских, так и сельских женщин колеблется примерно в одинаковых пределах, соответственно 70,8% и 66,2%.

При определении распределения частоты осложнений беременности по Республике Дагестан выяснено, что у 15–19 летних женщин наиболее часто встречаются патология плодных оболочек, токсикоз первой и второй половины беременности и угроза прерывания беременности. Гестоз диагностировался в 2,4 раза чаще у 20–24 летних наблюдаемых, чем у 25–29 летних, в 4 раза чаще, чем у 30–34 летних и в 5 раз чаще, чем у 35–39 летних женщин. В сумме частота гестоза у 20–29 летних составила 70,1%, у 30–39 летних — 21,7%, т.е. у 20–29 летних его частота была в 3 раза выше. Угроза прерывания беременности в 2 раза чаще встречалась у 25–29 летних, чем у 20–24 летних, в 4 раза чаще, чем у 30–34 летних и в 9 раз чаще, чем у 35–39 летних женщин. Общая частота угрожающего абортa у 20–29 летних составила 72,5%, у 30–39 летних — 17%, в 4 раза меньше, чем у 20–29 летних. Самопроизвольное прерывание беременности у 20–24 летних наблюдалось в 2 раза чаще, чем у 25–29 и 30–34 летних, в 4,5 раза чаще, чем у 35–39 летних обследуемых. Суммарно частота угрожающего абортa у 20–29 летних была равна 68,5%, у 30–39 летних — 31,6%, в 2 раза выше была у 20–29 летних пациенток. Замершая беременность выявлялась в 2 раза чаще у 20–24 летних женщин, чем у 25–29 летних, в 4 раза чаще, чем у 30–34 летних. Доля замершей беременности у 20–29 летних составила 85,7%, у 30–39 летних 14,3%, в 6 раз больше была у 20–29 летних. Ранний токсикоз несколько чаще наблюдался у женщин 25–29 лет, чем у 24–29 летних, хотя достоверных различий не получено, в 5 раз чаще, чем у 30–34 летних, в 2,5 раза чаще, чем у 35–39 летних. Общая частота токсикоза у обследуемых 20–29 лет — 73,3%, у 30–39 летних — 20%, т.е. в 3,6 раза меньше. С одинаковой частотой и в 2 раза чаще, чем у 20–24 летних женщин многоводие встречалось у 25–29 и 30–34 летних пациенток. Общая частота многоводия у 20–29 летних равнялась 50%, у 30–39 летних — 33%, в 1,5 раза меньше, чем у 20–29 летних. Отягощенный акушерский анамнез в 1,6 раз чаще обнаруживался у 25–29 летних, чем у 20–24 летних, в 2 раза чаще, чем у 30–34 летних, в 3 раза

Таблица 3. Нозологическая структура осложнений беременности по месту жительства и возрасту (%)

Возраст	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	>40	Всего
Города	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Гестоз	12,2	21,9	17,0	20,0	25,6	18,2	20,0
Угрожающий аборт	71,4	62,9	62,1	54,4	46,5	45,5	60,8
Самопроизвольный аборт	0,0	2,9	2,0	4,4	4,7	0,0	2,7
Погибшее плодное яйцо	0,0	1,0	1,3	1,1	0,0	0,0	0,9
Резус-иммунизация	2,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3
Многоплодие	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3
Токсикоз	2,0	1,6	3,9	1,1	4,7	0,0	2,3
Олигогидрамнион	4,1	1,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,9
Многоводие	0,0	0,3	1,3	2,2	0,0	0,0	0,8
Предлежание плаценты	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2
Отягощенный анамнез	6,1	7,6	10,5	15,6	18,6	36,4	10,4
Преждевременная отслойка плаценты	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Преждевременный разрыв плодных оболочек	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Село	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Гестоз	40,0	12,5	26,7	0,0	37,5	0,0	21,1
Угрожающий аборт	50,0	59,4	46,7	75,0	37,5	50,0	53,5
Погибшее плодное яйцо	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Предлежание плаценты	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Отягощенный анамнез	0,0	21,9	20,0	25,0	25,0	50,0	19,7
Самопроизвольный аборт	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	1,4
Многоводие	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4

чаще, чем у 35–39 летних. В сумме частота отягощенного акушерско-гинекологического анамнеза у 20–29 летних была 60,2%, у 30–39 летних –30,1%, т.е. в 2 раза выше у 20–29 летних, чем у 30–39 летних.

Полученные результаты нашего исследования позволяют сделать заключение: основной процент осложнений беременности у женщин Республики Дагестан приходится на возраст 20–29 лет (70,4%), особенно на возрастную группу 20–24 года (49,7%).

Изучение нозологической структуры осложнений беременности у городских женщин показало (табл. 3), что из всех осложнений чаще всего имели место угрожающий аборт, ранний и поздний токсикоз, самопроизвольный аборт. Чаще всего угроза прерывания беременности наблюдалась у женщин 15–19 лет. Несколько меньше, но с одинаковой частотой она диагностировалась у женщин 20–24 и 25–29 лет. В 1,3 раза реже угрожающий аборт встречался у 30–34 летних, в 1,5 раза у 35–39 и старше 40 лет женщин. Хотя статистически достоверной разницы не получено. Гестоз чаще всего констатировался у 35–39 летних, немного меньше примерно с одинаковой частотой у 20–24 и 30–34 летних, еще реже и с частотой, колеблющейся в примерно в одних пределах у 25–29 летних и старше 40 лет женщин без существенных различий. Самопроизвольное прерывание беременности чаще всего и с одинаковой частотой

выявлялось у 30–34 и 35–39 летних пациенток, в 2 раза реже у 20–24 и 25–29 летних без достоверных различий. Замершая беременность не была диагностирована у женщин 15–20 лет и старше 40 лет, а в других возрастных группах от 20 до 39 лет наблюдалась с одинаковой частотой. Резус –иммунизация чаще выявлялась у 15–19 летних и, но с меньшей частотой у 25–29 летних женщин без существенных различий. Многоплодие обнаружено у 20–24 и 25–29 летних женщин с примерно равной частотой. Ранний токсикоз чаще всего выявлялся у 35–39 и 25–29 летних обследуемых с примерно одинаковой частотой. Его частота была в 2 раза меньше у 15–19 летних, у 20–24 летних в 3 раза меньше, у 30–34 летних его частота была в 4 раза ниже. Маловодие чаще обнаруживалось у 15–19 летних женщин, в 3,7 раза реже оно встречалось у 20–24 и 30–34 летних пациенток. Многоводие в 1,6 раза чаще наблюдалось у 30–34 летних, чем у 25–29 летних пациенток. Отягощенный акушерский анамнез чаще всего выявлялся у женщин старше 40 лет. Прослеживается тенденция увеличения его частоты с возрастом. Предлежание плаценты, преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, преждевременный разрыв плодных оболочек наблюдались у женщин 20–29 лет.

Таким образом, изучение распределения нозологической структуры осложнений беременности у городских женщин выявило ряд наиболее часто встречающихся осложнений беременности у городских женщин. Ими

явились: угроза прерывания беременности — 60,8%, ранний и поздний токсикоз — 22,3%, самопроизвольное прерывание беременности — 2,7%, отягощенный акушерско-гинекологический анамнез — 10,4%. Угроза прерывания беременности, самопроизвольное прерывание беременности одинаково часто встречались во всех возрастных группах. Для раннего и позднего токсикоза, отягощенного акушерско-гинекологического анамнеза обнаружена тенденция увеличения их частоты с возрастом.

Анализируя распределение нозологической структуры у сельских женщин констатировано, что поздний гестоз чаще всего наблюдался у 15–19 и 35–39 летних женщин, в 3 раза реже он был у 20–24 летних и в 1,5 раза реже у 25–29 летних. В сумме частота гестоза у женщин 20–29 лет составила 38,2%, у 30–39 летних — 37,5%, т.е. была примерно одинаковой, что позволяет сделать вывод, что гестоз одинаково часто встречался у женщин 15–19 лет, 20–29 и 30–39 лет. Угроза прерывания беременности чаще всего выявлялась у 30–34 летних обследуемых, в 2 раза реже у 35–39 летних, 1,6 раза реже у 25–29 летних, хотя достоверных различий между обследуемыми группами не обнаружено. Замершая беременность, предлежание плаценты наблюдались только у 20–25 летних пациенток, самопроизвольное прерывание беременности у 25–29 летних, а многоводие у 15–19 летних женщин. Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез примерно с равноценной частотой встречался во всех наблюдаемых группах.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что у сельских жительниц самыми частыми осложнениями беременности были угроза прерывания беременности — 53,5%, гестоз — 21,1%, отягощенный акушерско-гинекологический анамнез — 19,7%. В распределении осложнений беременности по возрастным группам существенных различий не обнаружено.

Сопоставление распределения нозологической структуры осложнений среди городских и сельских жительниц показало, что наиболее частыми осложнениями беременности как в городе, так и в селе были угроза прерывания беременности, поздний гестоз, отягощенный акушерско-гинекологический анамнез.

Частота этих осложнений колебалась примерно в одних и тех же пределах. Однако, в городе чаще встречались ранний токсикоз и самопроизвольное прерывание беременности. Для городских женщин характерно увеличение частоты осложнений с возрастом.

Интересен факт распределения нозологической структуры осложнений в целом по Дагестану (табл. 2). Гестоз чаще всего обнаруживался у 35–39 летних жен-

щин, с некоторым снижением его частоты в остальных группах, хотя существенных различий не обнаружено. Угроза прерывания беременности чаще всего наблюдалась с примерно одинаковой частотой у женщин от 15 до 29 лет, с небольшим снижением у 30–39 летних пациенток, но без достоверной разницы. Самопроизвольный аборт чаще всего имел место и с равноценной частотой у женщин 30–34 и 35–39 лет, в 2 раза реже, но с одинаковой частотой он встречался у 20–24 и 25–29 летних обследуемых. Замершая беременность диагностирована с равной частотой только у женщин от 20 до 34 лет. Резус-иммунизация в 3 раза чаще выявлялась у обследуемых 15–19 лет. Многоплодие обнаружено у женщин 25–29 лет 2 раза чаще, чем у 20–25 летних. Чаще всего и с одинаковой примерно частотой ранний токсикоз наблюдался у 25–29 и 30–39 летних пациенток и в 4 раза реже во всех остальных возрастных группах. Маловодие чаще всего выявлялось у 15–19 летних пациенток, в 3 раза реже оно было у 20–25 и 20–24 летних женщин. Многоводие у 15–19 и 30–35 летних выявлялось примерно с равной частотой, в 2 раза реже у 25–29 летних и очень редко у 20–24 летних наблюдаемых. Предлежание плаценты в 2 раза чаще обнаруживалось у 25–29 летних, у 20–24 летних женщин. Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты в 5,6 раза чаще диагностировалась у 15–19 летних обследуемых, чем у 20–24 летних. Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез чаще всего констатировался у женщин старше 40 лет, реже — у 15–19 летних обследуемых с постепенным нарастанием к 20 годам.

Полученные данные гласят, что у женщин Республики Дагестан наиболее частыми осложнениями беременности являются: угроза прерывания беременности — 60,1%, ранний и поздний токсикоз — 22,1%, самопроизвольное прерывание беременности — 2,6%. Отчетливо выявляется нарастание частоты осложнений беременности и отягощенного акушерско-гинекологического анамнеза с возрастом.

ВЫВОДЫ

Изучение распределения осложнений беременности у городских и сельских женщин позволило прийти к выводу, что наибольший процент осложнений наблюдается у женщин 20–29 лет с преобладанием их числа у 20–24 летних женщин. Частота осложнений беременности как у городских, так и сельских женщин колеблется примерно в одинаковых пределах, соответственно 70,8% и 66,2%. Однако, в городе чаще встречались ранний токсикоз и самопроизвольное прерывание беременности. Для городских женщин характерно увеличение частоты осложнений с возрастом. Наиболее частыми осложнениями беременности у женщин Республики Дагестан являются: угроза прерывания беременности — 60,1%,

ранний и поздний токсикоз — 22,1%, самопроизвольное прерывание беременности — 2,6%. Прослеживается тенденция увеличения частоты осложнений беременности и отягощенного акушерско-гинекологического анамнеза с возрастом. На основании нашего исследования можно сделать заключение, что в распределении осложнений

беременности место жительства женщин существенного значения не имеет. Высокий процент осложнений беременности у женщин города и села свидетельствует о наличии неблагоприятного фона для вынашивания беременности и исхода родов, что может негативно отразиться на воспроизводстве и здоровье будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбицкий В. Ю., Юсупова А. Н., Шарапова В. И., Волков И. М. Репродуктивное здоровье и поведение женщин России. М., 2001
2. Белобородов И. И. Демографическая ситуация в мире. Прогнозы и решения // Демография.ру, (дата обращения 24.05.2011)
3. Бердникова Л. В. Охрана здоровья семьи и проблемы обеспечения родовспоможения в Нижегородской области // Актуальные проблемы управления здоровьем населения: сб. науч тр. Н. Новгород. 2009. Вып. II: 62–67
4. Васильева Т. П., Булучевская В. Н., Чаплыгина М. В. и др. Поведенческие факторы, определяющие репродуктивные процессы у женщин в ранний репродуктивный период // Проблемы соц. гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2007. № 5: 7–12
5. Данишевский К. Д. Наиболее важные для России приоритеты в области здоровья населения трудоспособного возраста // Проблемы управления здравоохранением. 2010: 13–19
6. Демографический кризис в Российской Федерации. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Демографический кризис в Российской Федерации](http://ru.wikipedia.org/wiki/Демографический_кризис_в_Российской_федерации) (дата обращения 08.04.2014)
7. Каткова Н. Н. Медико-социальная характеристика женщин репродуктивного возраста и перспективы реструктуризации акушерско-гинекологической службы на примере регионального центра и крупного индустриального города: автореф. дис. канд. мед. наук. Екатеринбург, 2008. 25 с.
8. Кулаков, В. И. Руководство по охране репродуктивного здоровья. — М.: Триада — X, 2001
9. Медведева О. В., Коновалов О. Е., Кича Д. И. Здоровье и демографические процессы в России. М., 2010: 83–92
10. Охрана здоровья населения в России: Материалы Межведомственной комиссии Совета безопасности Российской Федерации по охране здоровья населения, март 1994 г. М.: Юрид. лит-ра, 1995. URL: [boors/ google.ru/books?isbn=572600793X](https://books.google.ru/books?isbn=572600793X) (дата обращения 08.04.2014)
11. Ушакова Г. А., Николаева Л. Б. Репродуктивное здоровье и репродуктивное поведение женщин высокоурбанизированного региона // Здравоохранение Российской Федерации. 2010. № 3: 14–17

© Гатина Гузель Амировна (guzel-gatina@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПЕРСонифицированный подход в лечении болевых синдромов

PERSONALIZED MEDICINE IN PAIN MANAGEMENT

**E. Golubenko
E. Silina
A. Orlova**

Summary. The effectiveness and specificity of modern analgesics are insufficient. Studies of genetic polymorphisms associated with pain syndromes and the metabolism of drugs foreshadow a new therapeutic approach with targeted analgesia and fewer side effects. The purpose of this work is to assess the association of the patient's genetic profile and its response to perception, the onset of pain and the therapeutic response to analgesics.

Keywords: pain syndrome, targeted analgesia, genetic profile, pain pharmacogenetics, opioid analgesics, antiepileptic drugs, cyclic antidepressants.

Голубенко Екатерина Олеговна

ФГБОУ ВО Первый московский государственный
медицинский университет им. И. М. Сеченова Минздрава
России (Сеченовский университет)
kate.akorova@yandex.ru

Силина Екатерина Владимировна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО Первый московский
государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский университет)
silinaekaterina@mail.ru

Орлова Александра Сергеевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Первый московский
государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский университет)

Аннотация. Несмотря на достижения здравоохранения, существующие на сегодняшний день анальгетики не всегда обладают достаточной специфичностью и эффективностью в отношении пациента. Исследования генетических полиморфизмов, связанных с болевыми синдромами и метаболизмом лекарственных средств, предвещают новый терапевтический подход с целевым обезболиванием и меньшим количеством побочных эффектов. В данной связи цель настоящей работы — провести оценку ассоциации генетического профиля пациента и его реакции на восприятие, возникновение боли и терапевтического ответа на анальгетики.

Ключевые слова: болевой синдром, целевое обезбоживание, генетический профиль, фармакогенетика боли, неопиоидные анальгетики, опиоидные анальгетики, противоэпилептические препараты, циклические антидепрессанты.

Введение.

Согласно определению экспертов Международной ассоциации по изучению боли, боль — это неприятное ощущение и эмоциональное переживание, связанное с реальным или потенциальным повреждением тканей или описываемое в терминах такого повреждения [3]. Несмотря на негативизм, боль является одним из главных компонентов защитной системы, проявляя реакции организма, мобилизующие различные функциональные системы для его защиты от воздействия патогенного фактора. Однако при определённых условиях, боль, сыграв свою информационную роль, становится частью патологического процесса, нередко более опасного, чем вызвавшее её повреждение. Длительная боль сопровождается изменением физиологических параметров (артериальное давление, ЧСС, вегетативные, гормональные изменения и др.), что, в свою

очередь, нарушая гомеостаз, приводит к расстройству функций и систем органов, порождая, таким образом, порочный круг развития различных заболеваний — «болевого болезни» [4].

Формирование боли можно разделить на 4 последовательных этапа: 1) Инициация и восприятие боли, болевое раздражение; 2) Передача боли от болевых рецепторов по нервным окончаниям распространяется к спинному и головному мозгу; 3) Преобразование боли; 4) Осознание боли в головном мозге, который воспринимает болевой сигнал и анализирует его. Важная роль в этом процессе отводится антиноцицептивной системы, с которой связан индивидуальный порог болевой чувствительности.

Каждый из этапов является мишенью для фармакологического воздействия на боль, которую, как извест-

Таблица 1. Белки, экспрессия генов которых участвует в уменьшении интенсивности боли.

COMT	Катехол-О-метилтрансфераза
GCH1	Гуанозинтрифосфат — циклогидролаза1
MC1R	Меланокортин-1 рецептор
TRPV1	Рецептор транзиторного катионного потенциала
OPRM1	m-опиоидный рецептор

Таблица 2. Участки хромосом, ассоциированные с возникновением боли и зависимости от анальгетиков

Участок хромосомы 5p15.2	Ассоциирован с 30% возникновением хронических болей
Участок хромосомы 1p31	Ассоциирован с болями в тяжелых стадиях остеоартрита
Гены, кодирующие серин / треонин протеинкиназы	Коррелируется с увеличением частоты возникновения послеоперационных болей
Участки хромосом 2q33–2q34	Стойко связаны с необходимостью назначения послеоперационных опиоидных анальгетиков
Метаботропные глутаматные рецепторы mGluR6 и mGluR8, ядерный рецептор NR4A2	Доказано участие в возникновении героиновой зависимости
Гены метаболических путей кальция и калия	Множественные ассоциации с опиоидной зависимостью

но, терпеть нельзя. Однако несмотря на достижения здравоохранения, существующие на сегодняшний день анальгетики не всегда обладают достаточной специфичностью и эффективностью в отношении пациента. Исследования генетических полиморфизмов, связанных с болевыми синдромами и метаболизмом лекарственных средств, предвещают новый терапевтический подход с целевым обезболиванием и меньшим количеством побочных эффектов [3].

В данной связи **цель** настоящей работы — провести оценку ассоциации генетического профиля пациента и его реакции на восприятие, возникновение боли и терапевтического ответа на анальгетики.

Фармакогенетическую терапию болевых синдромов можно разделить на два аспекта: генетическая основа чувствительности к боли и генетические особенности эффективности анальгезии [15].

Генетическая основа чувствительности к боли

Индивидуальная чувствительность и переносимость болевого синдрома связана с множеством причин. Одной из основных является генетические вариации, влияющие на восприятие боли, включая определяемые ими различные механизмы ноцицептивной, невропатической и висцеральной боли. Это означает, что в будущем значительно повысить эффективность лечения может подбор препарата и его дозы в зависимости от генотипа пациента [5].

Возраст, пол, тяжесть патологии, окружающая среда, уровень активности и внимания, адекватность циркад-

ного ритма, дистресс — факторы, которые объясняют некоторые различия в восприятии боли. Например, фибромиалгия, головные боли напряжения, синдром раздраженного кишечника являются функциональными болевыми состояниями. В то же время, далеко не все болевые синдромы могут быть объяснены вышеперечисленными причинами. Сегодня все шире признается, что сложные взаимодействия генетических и экологических факторов могут формировать индивидуальные особенности обработки и восприятия боли [9]. Ожидается, что генетические исследования прольют свет на то, почему боль сохраняется у некоторых пациентов и проходит у других после одинакового повреждения тканей и лечения [13].

На сегодняшний день выделено 200 генов-кандидатов, которые могут участвовать в восприятии и обработке боли. Эти гены могут кодировать цитокины (IL6, IL10, TNF), ферменты (COMT, GCH1, CYP2D6), ионные каналы (KCNJ1, CACNG2), рецепторы (OPRM1, ADRA2, DRD2), белки-транспортёры (DAT1, 5HTT, ABCB1) и др. Интересно, что экспрессия некоторых из этих 200 генов уменьшает интенсивность боли [17]. В табл. 1 представлены примеры таких веществ.

Сегодня определены участки хромосом, экспрессия генов которых может влиять на возникновение и интенсивность боли, а также формирование зависимости от анальгетиков [17] (табл. 2).

В качестве примера рассмотрим наличие генетического компонента в возникновении нескольких распространенных заболеваний, сопровождающихся болевым синдромом.



Рис. 1. Схематичное представление концепции «Адаптация дозы на основе фармакогенетики»

Мигрень

Доказано X-хромосомное наследование мигрени, в частности, в локусе хромосомы Xq24–28. Это заболевание действительно чаще встречается у женщин (17,1%), чем у мужчин (5,6%). Но выявлено также и некоторое количество локусов, локализованных в соматических хромосомах: 8q22.1, 2q37.1, 12q13.3, 1p36.32.34. Известно также, что мигрень с аурой чаще встречается у женщин, тогда как мигрень без ауры — у мужчин, что демонстрирует разнонаправленное проявление одного и того же болевого синдрома у разных полов [16]

Дорсопатия

Боль в пояснице является широко распространенной проблемой. Причин много, но чаще всего основную роль отводят механическим факторам, которые приводят к дегенерации позвоночника и межпозвоночных дисков. В исследованиях последних лет выяснено, что важны также генетические и биохимические механизмы. В частности, определенный полиморфизм аллеля Trp2 COL9A2, кодирующий α2 цепь коллагена IX, связан с 4-кратным увеличением риска развития дегенеративной болезни межпозвоночного диска и формированием грыж [7]. Кроме того, для генов, связанных с возникновением и восприятием боли, была выявлена высокая конкордантность в монозиготных по сравнению с дизиготными близнецами, что соответствует до 68% наследуемости для боли в пояснице и до 58% при боли в шее.

Фибромиалгия

Фибромиалгии (ФМ) характеризуются диффузными мышечно-скелетными болями и наличием тендерных точек. Страдают примерно 2% населения; женщины более восприимчивы, чем мужчины. Исследования показывают, что ФМ более распространены в определенных семьях, чем в разнородной популяции. Существует ряд доказательств того, что ФМ является аутосомно-доминантным расстройством. Ассоциация гена этого заболевания с человеческим лейкоцитарным антигеном подтверждается исследованиями, проведенными в 40 семьях с ФМ. Полиморфизм T102C гена серотонинового рецептора 5-HT_{2A} может способствовать снижению порога восприятия боли. Гены, затронутые в патогенезе фибромиалгии: транспортера серотонина (SLC6A4), интерлейкин-1 (IL1RN), меланокортин-1 (MC1R), гены (IL6 и TNF-α), ген катехол-О-метилтрансферазы [11].

Генетические особенности эффективности анальгезии

Существует несколько способов воздействия на фармакогенетику боли: через ферменты метаболизма лекарственного средства; опиоидные или другие рецепторы болеутоляющих средств; транспортные системы; структуры, участвующих в восприятии и обработке боли [3,4,5]. При этом реакция на анальгетики варьирует в широких пределах. Изменчивость клинического эффекта у различных групп пациентов подчеркивает необходимость проводить фармакогенетические тесты перед на-

значением препарата. В данной связи концепция «Адаптация дозы на основе фармакогенетики» [16] является чрезвычайно перспективной (рис. 1).

Ферменты метаболизма, влияющие на фармакогенетику боли

Метаболизм препаратов и других ксенобиотиков часто разделяется на несколько фаз. Ферменты фазы I отвечают за химические модификации препаратов. Они включают такие вещества, как цитохром P450 (CYP), цитохром b5 и никотинамидадениндинуклеотидфосфат, P450 редуктазы. Ферменты фазы II участвуют в конъюгации активных метаболитов (S-трансферазы глутатиона, арилсульфатаза и уридинглюкуронозил-трансфераза) [9].

Печеночные цитохромы являются мультигенным семейством ферментов, которые играют критическую роль в метаболизме многих лекарственных средств. При этом каждый изотип цитохрома демонстрирует восприимчивость к индукции и ингибированию определенных экзогенных химических веществ. Один из наиболее распространенных цитохромов, вовлеченных в метаболизм лекарственных средств, представляет собой цитохром P450, семейство 2, подсемейство D, 6 (CYP2D6). Скорость его метаболизма может различаться в 100 раз между аллельными вариантами, выраженными в разных этнических группах. Например, примерно 10% населения Кавказа несет аутосомно-рецессивный признак, который приводит к низкой функциональности этого пептида. Пациенты, гомозиготные по этому варианту, известны как «медленные» метаболизаторы. Они могут иметь либо более высокий риск неблагоприятных побочных эффектов из-за передозировки препарата, либо отсутствие лекарственной эффективности из-за плохой трансформации пролекарства в активный метаболит. Напротив, в ультрабыстрых метаболизаторах амплификация гена CYP2D6 коррелирует с повышенной ферментативной активностью и ультрареактивным метаболизмом, что может снизить оптимальную дозировку [10].

Рассмотрим влияние генетического профиля пациента на фармакогенетику боли на примере M-опиоидного рецептора (OPRM1) — основной сайт связывания опиоидных препаратов. Он является трансмембранным белком, который принадлежит к семейству родопсинов. Передача сигналов M-опиоидных рецепторов в нисходящем направлении осуществляется через взаимодействие с гетеротримерными G-белками.

Более 100 генетических полиморфизмов были обнаружены в гене OPRM1. Наиболее распространенный и изученный — нуклеотидный полиморфизм rs1799971, который расположен в экзоне 1. Он приводит к замене

аденозина (A) на гуанозин (G). Было обнаружено, что полиморфизм связан с эффектами опиоидных препаратов. Функциональное исследование показало, что создается новый сайт метилирования. В результате подавляется увеличение уровня экспрессии OPRM1, что, как правило, происходит после длительного применения опиоидов. Пациенты с таким полиморфизмом могут извлечь выгоду из k-агониста, такого как бупренорфин вместо m-агониста, такого как морфин. В зависимости от этнической принадлежности полиморфизм может быть обнаружен в пропорции от 2% до почти 50% [11].

Неопиоидные анальгетики

Нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) представляют собой группу неопиоидных анальгетиков, используемых для лечения острой или хронической боли. Их применение ограничено всем известными побочными эффектами, включая желудочно-кишечные кровотечения и сердечно-сосудистые осложнения после длительного приема. Доказано, что полиморфизмы CYP2C9 может играть значительную роль в эффективности и токсичности традиционных НПВП. Для НПВП, используемых в качестве анальгетиков, лечение должно начинаться с половины самой низкой рекомендованной дозы для «медленных» метаболизаторов, чтобы избежать неблагоприятных осложнений [13].

Циклические антидепрессанты в качестве ко-анальгетиков

Циклические антидепрессанты подавляют депрессию, регулируя уровни нейротрансмиттеров в мозге. В настоящее время основная проблема лечения трициклическими антидепрессантами — их узкий терапевтический спектр, что приводит к их замене другими антидепрессантами, таких как селективные ингибиторы обратного захвата серотонина. Однако из-за значительной эффективности циклических антидепрессантов для лечения боли, их часто используются в качестве «ко-анальгетиков» в лечение хронической боли, особенно нейропатической и профилактики мигрени. Некоторые из наиболее часто встречающихся amitриптилин, дезипрамин, имипрамин, нортриптилин, доксефин, кломипрамин и протриптилин. Мапротилин и амоксапин являются более новыми соединениями.

Циклические антидепрессанты активируются в печени после гидроксирования CYP2D6 и деметилирования CYP2C19.62 CYP2D6. «Медленные» метаболизаторы имеют более высокие концентрации циклических антидепрессантов в плазме, чем «экстенсивные» метаболизаторы, а значит риск побочных эффектов для них наиболее высок. Поэтому «медленные» метаболизаторы должны снизить дозу на 60%, чтобы избежать аритмии

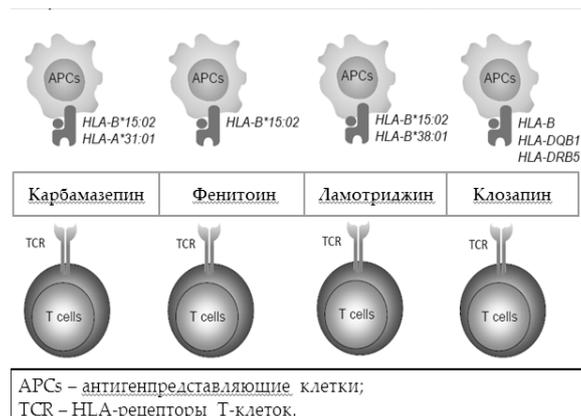


Рис. 2. HLA-ассоциация лекарственно-индуцированной цитотоксичности.

и миелосупрессии. У «ультрабыстрых» метаболизаторов, напротив, наблюдаются более низкие концентрации лекарственного средства и менее эффективный терапевтический ответ. [15]

Противоэпилептические препараты обычно назначают при эпилепсии или для лечения некоторых психических расстройств. Эти ЛС, в частности карбамазепин, трилептал, ламотриджин, габапентин и топирамат, также могут быть использованы для лечения некоторых болей, таких как постгерпетическая невралгия, фибромиалгия, профилактика мигрени. Однако противосудорожные средства часто являются причиной кожных побочных эффектов. Спектр их варьируется от экзантемы до опасных для жизни тяжелых реакций, таких как токсический эпидермальный некролиз, синдром Стивенса Джонсона (смертность до 35%). Эти опасные для жизни состояния нельзя было предсказать и предотвратить до недавнего продвижения фармакогеномики и обнаружения сильной ассоциации между аллелем HLA (HLA-B*15:02) и индуцированным карбамазепином токсическим эпидермальным некролизом [8].

Сильная генетическая ассоциация предполагает непосредственное участие HLA в патогенезе гиперчувствительности к препарату. Было показано, что такая молекула HLA приводит к клональному расширению и активации цитотоксических Т-клеток CD8. Фармакогеномическое исследование также идентифицировало необычную форму гранулизына, секретируемую этими цитотоксическими Т-лимфоцитами и NK-клетками, ответственных за быструю кератиноцитарную смерть при токсическом эпидермальном некролизе.

Высокая чувствительность и специфичность генетических маркеров обеспечивает правдоподобную основу для разработки тестов с целью выявления лиц, подверженных риску гиперчувствительности к данным лекарственным средствам. Большое проспективное

исследование показало, что скрининг на эти типы HLA до назначения карбамазепина может эффективно снизить заболеваемость индуцируемым карбамазепином токсическим эпидермальным некролизом. Применение генотипирования HLA-B*15:02 в качестве инструмента для скрининга в настоящее время рекомендуются группам высокого риска, принимающим карбамазепин многими регулирующими органами по всему миру, включая США, Тайланд, Гонконг и Сингапур. Эта генетическая ассоциация, хотя и слабее, также была обнаружена с фенитоином и ламотриджином [8] (рис. 2).

Клозапин и HLA-ассоциированный индуцированный клозапином агранулоцитоз

Клозапин является антипсихотическим средством второго поколения, которое принадлежит к бензодиазепиновой группе. Он применяется для лечения резистентной шизофрении или шизоаффективного расстройства и других психотических состояний. Хотя клозапин обладает несколькими преимуществами по сравнению с традиционными антипсихотиками, риск агранулоцитоза ограничивает его использование. Исходя из ретроспективного исследования, индуцированный клозапином агранулоцитоз связан с двумя редкими полиморфизмами: HLA-DQB1 (126Q) и HLA-B (158T). Фармакогенетический тест с использованием этих двух полиморфизмов имеет чувствительность 36% и специфичность 89% [16].

Хотя польза от фармакогенетических исследований высока и уже были достигнуты явные успехи в клинической реализации фармакогенетики, есть ряд факторов, которые замедляют ее внедрение в ежедневную клиническую практику [1]. Например, длительное время обработки генетических тестов, их дороговизна и недостаточное количество персонала, умеющего с ними работать [2,6].

Заключение

Таким образом, не вызывает сомнения, что индивидуальный генетический профиль влияет на восприятие и возникновение боли, поэтому подбор адекватной таргетной терапии боли является чрезвычайно перспективным направлением, требующим проведения фундаментальных и клинических исследований в кооперации со специалистами различного профиля. Так,

исследования генетики боли и метаболизма лекарственных средств могут обеспечить возможность целевого обезболивания и предотвращение возникновения побочных эффектов. Чем точнее будут известны эффекты определенных групп препаратов в зависимости от генетического профиля пациентов, тем шире возможность подобрать индивидуальную дозу с максимальным терапевтическим эффектом и минимальными побочными эффектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедов И.И., Тюльпаков А. Н., Чехонин В. П. Персонализированная медицина: современное состояние и перспективы. Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова МЗ РФ, Москва, Российская Федерация.
2. Манак Н. А. Персонализированная и трансляционная медицина: новые подходы к лечению. «Актуальные проблемы медицины 9\2014, стр. 41–45.
3. Министерство Здравоохранения РФ «О направлении методических рекомендаций «Фармакотерапия хронического болевого синдрома у взрослых пациентов при оказании паллиативной медицинской помощи в стационарных и амбулаторно-поликлинических условиях» от 26 февраля 2015 года N17-7/10/1-797.
4. Силина Е.В., Котов А. С., Елисеев Ю. В. Боль (учебное пособие). М.: МНИКИ, 2013. — 42 с
5. Сычев Д.А., Клиническая фармакогенетика: Учеб. пособие. Москва 2007, стр. 20.
6. Шляхто Е.В., Трансляционная медицина: от науки к практике. Электронный ресурс: <https://www.internist.ru/>
7. Battie MC, Videman T, Levalhti E, et al. Heritability of low back pain and the role of disc degeneration. Pain 2015;131(3):272–80.
8. French L. E. Toxic epidermal necrolysis and Stevens-Jonson syndrome our current understanding. Allergol Int. 2006; 55: 9–16.
9. Lariviere WR, Young EE, Belfer I. Genetic basis of pain variability: recent advances. J Med Genet 2012;49(1):1–9.
10. Manworren RC. Multimodal pain management and the future of a personalized medicine approach to pain. AORN J. 2015 Mar;101(3):308–14;
11. Nishizawa D, Fukuda K, Kasai S, et al. Genome-wide association study identifies a potent locus associated with human opioid sensitivity. Mol Psychiatry 2014; 19(1):55–62.
12. Peters M.J., Broer L, Willems HL, et al. Genome-wide association study metaanalysis of chronic widespread pain: evidence for involvement of the 5p15.2 region. Ann Rheum Dis 2013;72(3):427–36.
13. Relling M.W., Evans W. E. Pharmacogenomics in the clinic. Nature 2015; 526: 343–50.
14. Seltzer Z, Wu T, Max MB, et al. Mapping a gene for neuropathic pain-related behavior following peripheral neurectomy in the mouse. Pain 2001;93(2): 101.
15. Spina E., Scordo M. G. Clinically significant drug interactions with antidepressants in the elderly. Drug Aging 2002; 19: 299–320.
16. Tai-Ming K., Chih-Shung W. Pharmacogenomics for personalized pain medicine. Acta Anaesthesiologica Taiwanica xxx (2016) 1–7.
17. Webster L. R., Belfer I. Pharmacogenetics and Personalized Medicine in Pain Management. Clin Lab Med. 2016 Sep;36(3):493–506. doi: 10.1016/j.cl.2016.05.007. Epub 2016 Jun 22.

© Голубенко Екатерина Олеговна (kate.akorova@yandex.ru), Силина Екатерина Владимировна (silinaekaterina@mail.ru), Орлова Александра Сергеевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет)

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЭТИОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ, КЛИНИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛОЙ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

MODERN ASPECTS OF ETIOLOGICAL DIAGNOSTICS, CLINICAL PICTURE AND TREATMENT OF SEVERE COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA IN SOLDIERS

**V. Ivanov
B. Chumak
M. Kharitonov**

Summary. The problem of community-acquired pneumonias (CAP) is one of the most urgent in military medicine. The importance of CAP is explained by high incidence in conscripts, severe clinical course of the disease, serious complications, prolonged absence from work, the tendency towards epidemiological spread and the risk of fatalities. It is necessary to improve laboratory research methods implementing express-methods of verification of bacterial and viral agents, to determine specific features of clinical manifestations of viral-bacterial pneumonia and to justify the use of antiviral drugs in their scheme of treatment.

As a result of the conducted research, a more extensive complex of microbiological diagnostics of pneumonias was developed which combines the classical method and express-methods (PCR, enzyme immuno-assay (EIA), immunochromatography method), which gave the opportunity to determine not only bacterial agents, but atypical causative agents and viruses within a short time. These methods helped to discover the modern etiological structure of CAP in soldiers, to reveal the predominance of viral-bacterial pneumonias, to establish the dominance of adenoviral infection over other viruses, to show clinical laboratory peculiarities of the disease depending on the causative agents revealed and to justify the feasibility of additional administering of antiviral drugs besides antibiotics in the complex therapy of viral-bacterial pneumonia.

Keywords: community-acquired pneumonia, severe viral-bacterial pneumonia, immunochromatographic assays, enzyme immunoassay, polymerase chain reaction, viruses, antiviral therapy.

Иванов Владимир Владимирович

К.м.н., капитан медицинской службы,
Государственный научно-исследовательский
испытательный институт военной медицины
Министерства Обороны Российской Федерации
sea-89@yandex.ru

Чумак Борис Анатольевич

К.м.н., полковник медицинской службы, ФГБОУ ВО
«Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова»
Министерства обороны Российской Федерации
borchum07@yandex.ru

Харитонов Михаил Анатольевич

Д.м.н., профессор, полковник медицинской службы
запаса, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени
С. М. Кирова» Министерства обороны
Российской Федерации
micjul11@yandex.ru

Аннотация. Проблема внебольничных пневмоний (ВП) является одной из самых актуальных для военной медицины. Актуальность ВП определяется высоким уровнем заболеваемости военнослужащих по призыву, тяжестью клинического течения, наличием тяжелых осложнений, длительностью трудопотерь, склонностью к эпидемическому распространению, угрозой летальных исходов. Требуется совершенствование лабораторных методов исследования с внедрением экспресс-методов верификации бактериальных и вирусных агентов, определение особенностей клинической картины вирусно-бактериальных пневмоний, обоснование включения в схему этиотропного лечения противовирусных средств.

В результате проведенного исследования разработан расширенный комплекс микробиологической диагностики пневмоний, сочетающий классический бактериологический метод с экспресс-методами (ПЦР, иммуноферментный анализ (ИФА), иммунохроматографический метод), что позволило определять в короткие сроки помимо агентов бактериальной природы, атипичные возбудители и вирусы. С помощью этих методов установлена современная этиологическая структура ВП у военнослужащих, выявлено преобладание вирусно-бактериальных пневмоний, среди вирусов установлено лидерство аденовирусной инфекции, показаны клинико-лабораторные особенности заболевания в зависимости от выявленных возбудителей, обоснована целесообразность дополнительного назначения противовирусных средств помимо антибиотиков в комплексной терапии вирусно-бактериальной пневмонии.

Ключевые слова: внебольничная пневмония, тяжелая вирусно-бактериальная пневмония, иммунохроматографические тесты, иммуноферментный анализ, полимеразная цепная реакция, вирусы, противовирусная терапия.

Введение

На сегодняшний момент заболевания органов дыхания являются одной из самых актуальных проблем медицинской службы Вооруженных Сил (ВС) Российской Федерации (РФ). Традиционно подъем заболеваемости острыми респираторно-вирусными инфекциями, бронхитами и пневмониями связан с сезонными и климатическими факторами, с периодами и особенностями воинской службы (адаптация новобранцев, военно-профессиональные и экологические воздействия и др.) [1, 6, 9, 11]. Среди болезней органов дыхания внебольничная пневмония (ВП) — едва ли не самое распространенное соматическое заболевание человека инфекционной природы и наиболее частая причина смертности, причем в любом возрасте и независимо от климато-географического региона России [6, 11, 13, 15].

Летальность при ВП в РФ оказывается наименьшей у лиц молодого и среднего возраста без сопутствующих заболеваний и составляет 1–3%, при тяжелой — достигает 10%, а в ВС РФ не превышает 0,0005–0,001%. В возрастной группе больных старше 60 лет с серьезной сопутствующей патологией (онкология, сахарный диабет, алкоголизм и др.) она варьирует от 15 до 30%, а при ВП, осложненных сепсисом (бактериемией), достигает 50% и выше [8, 10, 11, 13, 14, 15].

В последние годы значительное распространение получили респираторные вирусные агенты, которые вследствие мутаций с образованием новых высокопатогенных подтипов смогли преодолеть межвидовой барьер. Так, в 1997 году возникла проблема «птичьего» А (H5N1), а в 2009 и 2016 годах «свиного» гриппа А (H1N1/09) [5, 6, 7]. По последней информации, с начала декабря по февраль 2016 г. на территории РФ была зарегистрирована очередная вспышка заболеваемости гриппом, вызванным вирусом А (H1N1), которая унесла жизни около 400 человек. Причиной летальных исходов была тяжелая вирусная или вирусно-бактериальная пневмония, осложняющая течение гриппа у 5–38% пациентов [5, 13]. Данные факты еще раз подчеркивают значение роли вирусных агентов в развитии тяжелой внебольничной пневмонией и необходимость проведения тщательной этиологической расшифровки инфекционных возбудителей в каждом конкретном случае болезни.

Цель исследования

Определить современную этиологическую структуру и клинико-лабораторные особенности внебольничной пневмонии у военнослужащих в осенне-зимний период для совершенствования вопросов лечения и профилактики заболевания.

Материал и методы исследования

В осенне-зимние периоды с октября 2013 по май 2016 гг. были обследованы все случаи тяжелой внебольничной пневмонии (ТВП) у военнослужащих Западного военного округа в количестве 50 человек на фоне сезонного подъема острой респираторно-вирусной инфекции (ОРВИ). Лечение проводилось в клиниках Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург) и в пульмонологическом отделении 442-го окружного военно-клинического госпиталя им. З. П. Соловьева (Санкт-Петербург). В исследование включались только лица мужского пола в возрасте 18–25 лет, проживающие в условиях организованных коллективов (казарма), без сопутствующих хронических заболеваний. Всем пациентам при поступлении, через 7 дней лечения и перед выпиской из стационара выполнялись следующие лабораторные исследования: общий клинический анализ крови, общий анализ мочи, биохимический анализ крови (глюкоза, креатинин, общий билирубин, аспартаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), фибриноген, С-реактивный белок, КФК-МВ). Исследование общеклинического и биохимического анализов крови проводилось согласно существующим стандартам. Забор венозной крови производился из локтевой вены: впервые часы от момента поступления пациента в лечебное учреждение, и в динамике на 6 и 12 сутки пребывания в стационаре и при необходимости. Исследование выполнялось на аппарате Sysmex KX21N (Япония).

Для этиологической расшифровки возбудителей ВП применяли одновременно четыре метода исследования [3, 4, 8, 12]:

- ♦ бактериологический посев мокроты или промывных вод бронхов, из полученной мокроты приготавливался мазок, который окрашивался по Грамму, проводилась его световая микроскопия. Исследование проводилось так называемым количественным методом, позволяющим определять число микробных клеток в 1 мл исследуемого материала. Диагностическим считались титры 10⁶ для мокроты и 10⁴ для промывных вод бронхов, при наличии которых выделенный возбудитель расценивался как причинно значимый. Параллельно проводилось определение чувствительности микроорганизмов к антибиотикам диско-диффузионным методом.
- ♦ полимеразная цепная реакция (ПЦР) мокроты и плазмы крови для обнаружения РНК/ДНК вирусов, бактерий, атипичных патогенов;
- ♦ иммуноферментный анализ (ИФА) сыворотки крови для обнаружения иммуноглобулинов класса М и G к вирусам и атипичным патогенам;
- ♦ иммунохроматографические тесты (ИХТ) мокроты (носоглоточного аспирата) для обнаружения

Таблица 1. Общая характеристика больных с ТВП (n=50)

Показатели	Больные с ТВП M±m
Возраст, лет	20,3±1,4
Рост (см)	174,4±4,3
Вес (кг)	57,4±4,7
Индекс Кетле	19,1±0,2
Срок службы, мес	2,41±0,2
День госпитализации (от начала болезни), сутки	5,5±2,8
Курение, абс	7,5±1,1
Количество пораженных сегментов	7,9±2,4
Наличие острого синусита, чел	24

Таблица 2. Рентгенологическая характеристика больных ТВП (n=50), абс. (%)

Показатели	Количество больных
Одностороннее поражение легочной ткани	11 (22)
Двустороннее поражение легочной ткани:	39 (78)
– субтотальное поражение легочной ткани	21 (54)
– тотальное поражение легочной ткани	18 (46)

антигенов вирусов гриппа А и В, аденовирусов, РСВ.

Для ПЦР использовали тест-системы производства ФГУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора с применением ПЦР оборудования: многоканального амплификатора «Терцик», детектирующего амплификатора ДТ-322, системы для гель-электрофореза, флуоресцентного ПЦР-детектора «Джин-4» (ООО «ДНК-Технологии, г. Москва).

Для ИФА применяли тест-системы NovaТес (Германия) и Вектор-Бест (Новосибирск). Результаты ПЦР и ИФА получали через 5–8 часов.

Для ИХТ с целью выявления нуклеопротеиновых антигенов вирусов гриппа А и В, аденовирусов, респираторно-синцитиального вируса (РСВ) использовали тест системы NOVAMED АденоСтик (респираторный), BinaxNOW® Influenza A&B (Грипп А и В), Binax NOW®RSV.

Общая характеристика обследованных больных приведена в таблице 1. Средний возраст пациентов с тяжелой ВП составил 20,3±0,4 лет. Все больные не имели дефицита массы тела, хронических заболеваний внутренних органов и в большинстве своем не отмечали вредных привычек. Обращает на себя внимание факт поздней госпитализации военнослужащих в среднем на 5,5±2,8 сутки от начала заболевания, что обуславливало развитие тяжелых форм пневмонии. По нашему мнению, задержка поступления пациентов на этапы специализированной медицинской помощи была связана с поздним обращением к врачу и неэффективным амбулаторным лечением в медицинском пункте части.

Рентгенография органов грудной полости для верификации диагноза выполнялась всем пациентам при поступлении в лечебное учреждение, через 7 и 14 дней лечения, а далее каждые 5–7 суток до полного разрешения пневмонии. Выписка больных осуществлялась позже и определялась не только клинко-рентгенологическим выздоровлением, но и нормализацией лабораторных данных, проведением реабилитационных мероприятий и военно-врачебной экспертизы. Рентгенографическое исследование в прямой проекции проводили на передвижных рентгеновских аппаратах Mobicet-Plus (Siemens, Германия) в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), в последующем в рентгеновских кабинетах клиник. Общая рентгенологическая характеристика объема поражения легочной ткани изложена в таблице 2.

Анализируя полученные рентгенологические данные пациентов, мы установили, что в большинстве случаев (78%) при тяжелом течении ВП наблюдались двусторонние поражения легочной ткани, из которых в 46% случаев воспалительная инфильтрация носила тотальный характер.

При поступлении в лечебное учреждение всем пациентам степень тяжести основного заболевания оценивалась по шкале «SMRT-CO» [2].

С помощью данной шкалы мы смогли определить степень тяжести основного заболевания и, соответственно, место размещения больного: общее отделение или отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). Из представленных данных в таблице 3 следует, что в 45% случаев (у 17 пациентов) внебольничной

Таблица 3. Применение ИВЛ и ЭКМО больных ТВП различной этиологии (n=50), абс. (%)

Показатели	ТВП (n=50)	
	ВВБП (n=38)	ВБП (n=12)
ИВЛ абс. (%)	17 (45)*	2 (13)
Продолжительность ИВЛ, дней	8,3±5,2*	6,1±0,2
Количество трахеостомий, абс. (%)	10 (26)*	2 (13)
ЭКМО, абс. (%)	2 (5)*	0

* — p < 0,05 при сравнении между группами ВВБП и ВБП

Таблица 4. Этиологическая характеристика инфекционных агентов у больных с ТВП (n=50),%

Возбудитель	Посев мокроты	ПЦР Мокроты	ПЦР плазмы крови	ИФА сыворотки крови	ИХТ
Аденовирусы	X	30,7	10,2	58,9	12,8
Вирус гриппа А	X	16,1	2,5	23,6	6,5
Вирус гриппа В	X	4,5	0	3,1	3,6
РСВ	X	7,8	0	55,3	4,5
S. pneumoniae	2,5	35,8	12,8	X	X
H. influenza	0	12,8	5,1	X	X
M. pneumoniae	X	20,5	10,2	25,6	X
Cl. pneumoniae	X	5,1	10,2	10,2	X
Kl. pneumoniae	7,8	X	X	X	X
S. aureus	7,6	8,1	0	X	X
A. baumannii	15,3	X	X	X	X
L. pneumoniae	X	0	0	X	X
Ps. aeruginosae	5,1	17,9	2,5	X	X
C. albicans	46,1	X	X	X	X
S. viridians	69,2	X	X	X	X

Примечание: X — исследование не проводилось в отношении данного возбудителя

вирусно-бактериальной пневмонии (ВВБП) пациенты на протяжении 8,3±5,2 суток находились на искусственной вентиляции легких (ИВЛ). При внебольничной бактериальной пневмонией (ВБП) количество больных на ИВЛ не превышало 13% (таблица 3).

У 2 больных с крайне тяжелым течением вирусно-бактериальной пневмонии искусственная вентиляция легких была не эффективной. Для предотвращения летального исхода впервые в лечебных организациях МО РФ успешно был применен метод экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО). Так называемый метод «искусственные легкие» позволил спасти данных военнослужащих и показал свою эффективность при терминальных формах дыхательной недостаточности.

При первичном осмотре врача и в последующем обследованном больным ежедневно проводилась оценка сатурации крови кислородом с помощью пульсоксиметрии. Кроме того, использовали спирометрию, которая

проводилась при поступлении в лечебное учреждение и перед выпиской из стационара.

Для статистической обработки результатов, полученных при обследовании пациентов, была создана электронная база данных с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010, с последующей обработкой с применением пакетов программ статистической обработки «Statistica» ver. 7.0. Install Shield Software Corporation (США) и представлением их в виде средних значений и стандартной ошибки (M±m). Проверка однородности групп проводилась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, которой показал статические значимые различия изучаемых показателей. Статистически значимыми различия считались при p<0,05.

Результаты и обсуждение

Сводные данные различных микробиологических исследований представлены в таблице 4. С помощью бак-

Таблица 5. Наиболее частые сочетания возбудителей у больных тяжелой ВП (n=50), %

Возбудитель	Посев мокроты + ПЦР мокроты + ПЦР плазмы крови + ИФА сыворотки крови + ИХТ мокроты
Аденовирусы + <i>S. pneumoniae</i>	22
Аденовирусы + <i>M. pneumoniae</i>	24
Аденовирусы + РСВ + др. бактерии	18

териологического анализа мокроты в 2,5% случаев был обнаружен пневмококк, золотистый стафилококк в 7,6% случаев, *Kl.pneumoniae* в 7,8% случаев (таблица 4). Кроме того, методом посева была выявлена в 5,1% случаев *Ps.aeruginosae*. В 15,3% случаев удалось определить такой грозный возбудитель, как *A.baumannii* в 15,3% случаев. Часто высевались условно-патогенные микроорганизмы: *S.viridians* — в 69,8% случаев, *C.albicans* — в 46,1% случаев, что вызывало заблуждения и некоторые затруднения при определении истинного возбудителя.

При исследовании мокроты методом ПЦР были верифицированы следующие микроорганизмы бактериальной природы: *S.pneumoniae* — 35,8%, *H.influenzae* — 12,8%, *S.aureus* — 8,1%. Обнаружены и атипичные возбудители *M.pneumoniae* — 20,5%, *Cl.pneumoniae* — 5,1. Вирусные агенты были представлены аденовирусы — 30,7%, вирусы гриппа А — 16,1%, вирусы гриппа В — 4,5%, респираторно-синцитиальный вирус (РСВ) — 7,8%.

Результаты ИФА позволили идентифицировать аденовирусную инфекцию почти у 60% больных, РСВ инфекцию — 55,3%, грипп А — у 23,6%, микоплазменную и хламидийную инфекции у 25,6% и 10,2% соответственно. При проведении ИХТ аденовирусы были обнаружены лишь в 12,8%, РСВ — 4,5%, вирусы гриппа А и В у 10% больных. Удалось установить наиболее часто встречающиеся сочетания возбудителей ВП, которые отражены в таблице 5.

Одновременное применение классического бактериологического метода исследования и трех современных экспресс-методов (полимеразная цепная реакция (ПЦР), иммуноферментный анализ (ИФА), иммунохроматографические экспресс-тесты (ИХТ), позволило выявить широкий спектр разнообразных возбудителей при тяжелой пневмонии:

- ♦ возбудители бактериальной природы: пневмококки у 24,1% больных, гемофильная палочка — у 8,3%, золотистый стафилококк — у 6,5%, клебсиелла — у 3,7% больных; синегнойная палочка — в 7,4% случаев, акинетобактер бауманни — в 5,6% случаев;
- ♦ из атипичных возбудителей часто выявлялись микоплазма — в 21,3% случаев и — хламидии — в 10,2% случаев;

- ♦ из агентов вирусной природы преобладали аденовирусы, определяемые у 51,9% больных, респираторно-синцитиальный вирус (РСВ) — у 34,3%, вирусы гриппа А — у 16,7%, вирусы гриппа В — у 2,8% больных.

Таким образом, в 75% случаев тяжелой ВП имела место смешанная вирусно-бактериальная этиология.

Применение экспресс-методов этиологической диагностики позволило верифицировать возбудители в течение первых суток от момента поступления пациентов в лечебное учреждение. Такая современная микробиологическая диагностика позволяет своевременно скорректировать эмпирическую терапию.

Однако, необходимо подчеркнуть, что вышеописанные современные экспресс методы диагностики не отменяют применение классического бактериологического посева мокроты для выявления инфекционных агентов. Это обусловлено тем, что, несмотря на замедленные сроки получения результатов посева (не ранее 3–5 суток) после отправки материала в лабораторию, посев мокроты позволяет определять возбудителей, для которых экспресс тест-системы пока не разработаны (*Kl.pneumoniae*, *A.baumannii* и др.).

Среди экспресс-методов диагностики, примененных в данной работе, ИХТ являются самой оперативной методикой, позволяющей установить результат в течение 15 минут, и доступной даже для среднего медицинского персонала. При анализе результатов, полученных методом ИХТ, у обследованных больных не всегда удавалось обнаружить вирусные агенты, которые выявлялись с помощью ПЦР мокроты и ИФА сыворотки крови у этих же больных. Однако, в определенных случаях это единственный метод, позволяющий выявить наличие вирусного агента в мокроте в течение 15 минут, что делает возможным назначение дополнительной противовирусной терапии без каких-либо промедлений и задержек при поступлении больного в лечебное отделение. Целесообразно внедрять данный метод в практику отечественного здравоохранения.

После проведенной этиологической диагностики у всех обследованных больных была проанализирована

Таблица 6. Клиническая характеристика больных ТВП различной этиологии (n=50)

Показатели	ТВП	
	ВВБП (n=38) M±m	ВБП (n=12) M±m
Проявление СОИИ, дней	11,5±1,4*	8,8±1,8
Одышка, дней	9,0±4,4*	7,3±2,9
Влажный кашель, дней	11,3±1,5*	9,2±1,8
Сухой кашель, дней	7,9±1,2	8,8±0,9
Влажные хрипы, дней	9,1±2,4	8,2±2,7
Сухие хрипы, дней	5,6±1,3	6,5±1,8

* — p < 0,05 при сравнении между группами больных ВВБП и ВБП.

Таблица 7. Частота выявленных осложнений у пациентов страдающих ТВП (n=50), абс, (%)

Наличие осложнений	ТВП (n=50)	
	ВВБП (n=38)	ВБП (n=12)
ОДН, абс (%)	8 (21)	4 (34)
Парапневмонический плеврит, абс (%)	6 (16)	1 (8)
ОРДС, абс (%)	12 (31)	2 (17)
Инфекционно-токсический миокардит, абс (%)	6 (16)	2 (17)
Нефропатия, абс (%)	3 (8)	1 (8)
Осложнения отсутствуют	3 (8)	2 (16)

клиническая картина в зависимости от выявленных возбудителей с учетом наличия вирусного и бактериального компонента и степени тяжести заболевания (таблица 6).

Анализируя клинические проявления у больных ТВП вирусной и бактериальной этиологии, следует отметить, что синдром общей инфекционной интоксикации (СОИИ) длился в среднем на 3 дня больше среди пациентов с вирусно-бактериальной ВП. Кроме того, у обследуемых больных этой группы были выявлены значимые различия в длительности сохранения одышки и влажного кашля, которые составили в среднем — 9,0±4,4 и 11,3±1,5 дней соответственно.

К наиболее частым осложнениям ТВП относились: острая дыхательная недостаточность (ОДН), острый респираторный дистресс синдром (ОРДС), парапневмонический плеврит, инфекционно-токсический миокардит, нефропатия.

При этом в группе ВВБП осложнения наблюдались у 35 (92%) больных, из которых у 17 (56%) пациентов наблюдалось одновременное сочетание четырех осложнений — ОДН, ОРДС, парапневмонического плеврита и инфекционно-токсического миокардита, что значительно усугубляло состояние больных и требовало помимо длительного курса антибактериальной терапии допол-

нительных патогенетических мероприятий для купирования жизнеугрожающих состояний.

Количество осложнений в группе ВБП наблюдалось также у 10 (83%) больных. Однако, в отличие от пациентов ВВБП у них имелось преимущественно только по одному осложнению 5 (42%) пациентов и лишь у 1 больного наблюдалось сочетание трех осложнений одновременно.

В рамках проведенного исследования были проанализированы показатели общего анализа крови у больных ВП в зависимости от тяжести заболевания и этиологии на разных сроках лечения. В таблице 8 представлены результаты общего анализа крови в динамике заболевания. Анализ полученных данных показал существенные различия некоторых показателей в сравниваемых группах больных. Так у больных типичной ВБП наблюдался закономерный лейкоцитоз при поступлении и на 6 сутки лечения (15,8±5,8x10⁹/л и 10,4±3,69x10⁹/л), а в группе ВВБП, наоборот, уровень лейкоцитов был в пределах нормы (8,1±5,2x10⁹/л и 6,1±2,5x10⁹/л соответственно), причем у 25–30% больных с ВВБП была отмечена тенденция к снижению или лейкопении.

Отсутствие лейкоцитоза, а в ряде случаев лейкопении, в общем анализе крови у пациентов в группе ВВБП

Таблица 8. Динамика показателей общего клинического анализа крови больных ТВП различной этиологии (n=50)

Показатели	ВВБП (n=38) M±m			ВБП (n=12) M±m		
	при поступлении	на 6 день	на 12 день	при поступлении	на 6 день	на 12 день
Эритроциты, 10 ¹² /л	4,7±0,1	4,6±0,1	4,6±0,1	4,7±0,2	4,5±0,2	4,6±0,2
Гемоглобин, г/л	136,0±2,7	137,4±2,6	135,8±1,6	134,1±4,9	135,2±5,7	136,0±3,2
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,1±5,2*	6,1±2,5*	5,4±0,3	15,8±5,8	10,4±3,69	6,7±2,0
П/Я нейтрофилы,%	2,2±1,2*	2,5±0,9*	1,7±0,7	8,2±3,6	4,6±1,0	2,1±1,2
С/Я нейтрофилы,%	65,9±1,67	66,7±1,16	65,6±2,07	62,3±2,07	64,1±2,8	68,6±1,97
Эозинофилы,%	0,74±0,15	0,83±0,16	1,32±0,63	0,75±0,25	1,62±0,65	1,12±0,29
Базофилы,%	1,16±0,14	1,29±0,13	1,12±0,12	0,87±0,22	1,12±0,12	1,62±0,53
Лимфоциты,%	28,6±6,3*	25,3±5,4*	18,7±5,1*	13,2±4,8	14,2±5,6	13,8±4,9
Моноциты,%	3,3±0,3	3,8±0,2	4,0±0,2	3,5±0,8	4,0±0,9	4,1±0,8
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	275,1±17,3	265,0±14,6	257,9±5,8	264,5±20,4	294,8±17,5	314,1±18,3
СОЭ, мм/час	23,5±2,1*	20,0±6,6*	17,2±6,8*	18,1±6,4	17,9±1,8	10,0±1,1

* — p < 0,05 при сравнении больных в группе ВВБП и ВБП в соответствующие сроки лечения

Таблица 9. Динамика показателей биохимического анализа крови больных ТВП различной этиологии (n=50)

Показатели	ВВБП (n=38) M±m			ВБП (n=12) M±m		
	при поступлении	на 6 день	на 12 день	при поступлении	на 6 день	на 12 день
Глюкоза, ммоль/л	5,2±0,2	4,8±0,2	5,1±0,1	5,1±0,2	5,2±0,2	4,9±0,1
Билирубин, мкмоль/л	9,3±0,5	7,9±0,6	8,8±0,5	9,7±1,9	6,3±1,2	7,7±0,8
КФК-МВ, МЕ/л	37,4±4,7*	45,1±5,1*	18,6±1,9	27,2±6,5	24,7±4,9	14,5±4,3
Креатинин, кмоль/л	79,4±2,7	78,8±1,5	77,6±2,7	87,3±5,7	82,1±2,6	84,0±2,1
АСТ, МЕ/л	59,1±8,7*	63,8±9,5*	26,5±2,2	24,2±5,2	22,1±7,1	24,0±4,9
АЛТ, МЕ/л	61,9±7,6*	62,9±17,3*	36,9±5,7	33,5±6,6	30,2±5,1	28,7±5,7

* — p < 0,05 при сравнении больных в группе ВВБП и ВБП в соответствующие сроки лечения

объяснялось наличием доказанного вирусного компонента и его влиянием на основные показатели периферической крови.

Такие же различия между группами были выявлены со стороны уровня палочкоядерных нейтрофилов.

Кроме того, в группе ВВБП при поступлении на 6 и 12 сутки стационарного лечения у больных наблюдался существенный лимфоцитоз в отличие от показателей в группе ВБП. Уровень СОЭ у пациентов с ВВБП в сравнимых контрольных точках был значимо выше, что свидетельствовало о более выраженном и длительном воспалительном процессе в организме больных пневмонией со смешанной флорой возбудителей.

Результаты биохимического анализа крови при поступлении в стационар и в динамике на 6 сутки лечения

свидетельствовали о существенно более высокой ферментемии у пациентов в группе ВВБП (КФК-МВ, АСТ, АЛТ) в сравнении с группой ВБП (таблица 9).

Динамика величин острофазовых показателей в обследованных группах представлена в таблице 10.

Полученные результаты свидетельствуют о повышении острофазовых показателей в группах ВВБП и ВБП в начальном периоде болезни. Однако у пациентов с ВВБП уровень фибриногена при поступлении составил 5,8±0,6 г/л, а с ВБП был существенно ниже — 4,8±0,3 г/л. Далее в динамике развития заболевания показатели фибриногена в сравниваемых группах существенно не отличались.

Уровень СРБ при поступлении, а также на 6 сутки лечения был существенно выше в группе ВВБП

Таблица 10. Динамика острофазовых показателей крови больных ВП различной этиологии (n=50)

Показатели	Референтные значения	ТВП	
		ВВБП (n=38)	ВБП (n=12)
		M±m	M±m
Фибриноген при поступлении, г/л	2–4	5,8±0,6*	4,8±0,3
Фибриноген на 6 день, г/л	2–4	4,8±0,6	4,9±0,5
Фибриноген на 12 день, г/л	до 5	4,3±0,8	4,0±0,5
СРБ при поступлении, мг/л	до 5	50,4±15,7*	33,5±11,3
СРБ на 6 день, мг/л	до 5	26,5±7,8*	15,5±6,2
СРБ на 12 день, мг/л	до 5	10,4±3,1	9,8±3,7

* — p < 0,05 при сравнении больных в группе ВВБП и ВБП в соответствующие сроки лечения

Таблица 11. Оценка сатурации кислорода SpO₂, крови в динамики заболевания у больных ВП различной этиологией (n=50),%

Показатели	Референтные значения	ТВП	
		ВВБП (n=38)	ВБП (n=12)
		M±m	M±m
При поступлении,%	95% и выше	86,7±4,6*	91,9±5,5
Через 24 ч,%	95% и выше	88,4±4,8*	93,2±4,5
Через 48 ч,%	95% и выше	92,5±2,3*	96,1±2,5

* — p < 0,05 при сравнении больных в группе ТВП

(50,4±15,7 мг/л и 26,5±7,8 мг/л), чем в группе ВБП (33,5±11,3 мг/л и 15,5±6,2 мг/л).

Пульсоксиметрия проводилась всем пациентам ежедневно с момента поступления в стационар. По результатам измерения получена динамика сатурации кислородом крови, данные которой представлены в таблице 11.

Представленные результаты свидетельствуют об исходно более низкой сатурации у больных с ВВБП в сравнении с пациентами с ВБП, а также торпидной нормализации данного показателя в группе с вирусной этиологией.

Всем больным с тяжелой ВП с первых дней назначалась антибактериальная терапия в соответствии с методическими рекомендациями [3, 5, 7, 12]. При ее неэффективности и при получении результатов микробиологического анализа она корректировалась в соответствии с выявленной флорой.

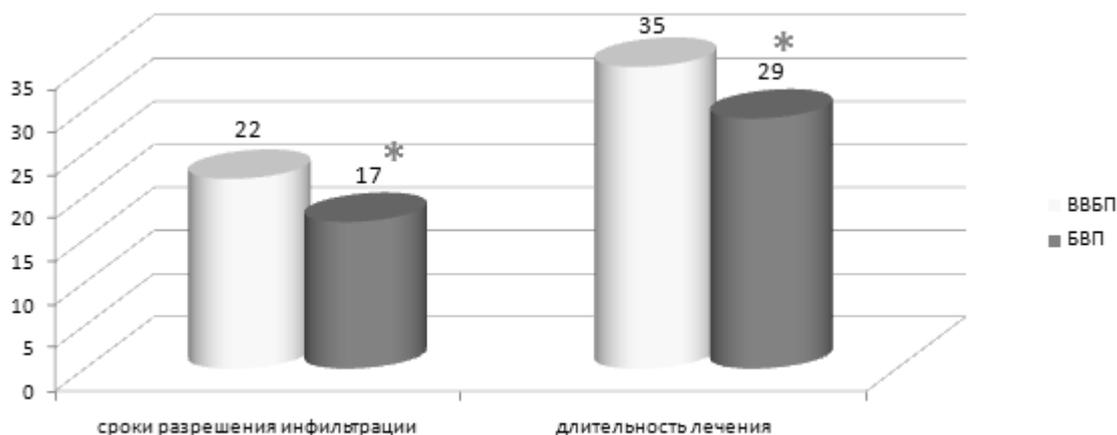
При выявлении вирусных агентов в этиотропную терапию включались противовирусные препараты прямого действия: осельтамивир, умифеновир, рибавирин. При верификации вирусов гриппа А и В — применялся осельтамивир 150 мг в сутки в течение 5–7 дней. В случаях выявления РСВ и аденовирусов применялись умифеновир 800 мг в сутки или рибавирин

800 мг в сутки в течение 3–5 дней. Необходимо отметить, что назначение противовирусных препаратов в первые 48 часов от момента поступления больного приводило к контролируемому и прогнозируемому течению ТВП, а при более позднем назначении (в силу объективных причин) в большинстве случаев удавалось выявить явную положительную динамику в клинической и рентгенологической картине у тяжелых больных, в том числе у находящихся на искусственной вентиляции легких в ОРИТ.

В зависимости от этиологии нами получены данные, отражающие различия и в сроках рентгенологического разрешения инфильтрации и лечения в сравниваемых группах (рисунок 1).

Рентгенологическое разрешение инфильтративных изменений у военнослужащих с тяжелой вирусно-бактериальной пневмонией наступило позже в среднем на 4–5 суток в сравнении с пациентами с тяжелой бактериальной пневмонией, что несомненно удлиняло и сроки пребывания в стационаре (рис. 1.).

Полученные данные свидетельствовали о многообразном влиянии смешанной вирусно-бактериальной микрофлоры на патогенез, клиническую картину и динамику течения заболевания.



* - $p < 0,05$ достоверное изменение показателя в сравнении между группами

Рис. 1. Сроки разрешения инфильтративных изменений и длительности лечения у больных ТВП различной этиологии

Выводы

1. Применение современных методов этиологической диагностики внебольничной пневмонии у военнослужащих, таких как ПЦР и ИФА, позволяет выявить в ранние сроки заболевания широкий спектр возбудителей пневмонии, в том числе вирусы и трудно культивируемые атипичные возбудители.

2. Этиологическая структура возбудителей **тяжелой** внебольничной пневмонии у военнослужащих осенне-зимнего периода 2013–2015 годов в 75% случаев представлена сочетанием вирусной и бактериальной флоры лишь в 25% случаев — различными бактериальными агентами. Наиболее значимыми бактериальным возбудителем **тяжелой** ВП остается, по-прежнему, *S.pneumoniae* — 35,8%, среди атипичных возбудителей лидирует *M.pneumoniae* — 25,6%, среди вирусных агентов аденовирусы были верифицированы в 58,9% случаев, респираторно-синцитиальный вирус в 55,3% и вирус гриппа А — 23,6% случаев.

3. Ведущими этиологическими агентами смешанной вирусно-бактериальной пневмонии в осенне-зимние периоды 2013–2016 годов было сочетание аденовиру-

сов с *M. pneumoniae* в — 24% случаев; аденовирусов с *S.pneumoniae* — в 22%, и вирусы гриппа А, В, аденовирусы в комбинации с различными бактериальными агентами в 23–30% случаев.

4. Клиническое течение тяжелой **вирусно-бактериальной** пневмонии по сравнению с пациентами, страдающими типичной бактериальной пневмонией, имело свои существенные особенности в виде более длительного лихорадочного периода и синдрома общей интоксикации, явлений дыхательной и сердечной недостаточности с нарушениями вентиляционной функции легких и гемодинамики, большим объемом воспалительной инфильтрации в легких, выраженными нарушениями биохимического гомеостаза, и сопровождалось более частым развитием острых жизнеугрожающих осложнений: ОРДС, плевритов, инфекционно-токсических миокардитов и нефритов.

5. Обнаруженные особенности этиологической структуры возбудителей внебольничных вирусно-бактериальных пневмоний тяжелого течения у военнослужащих позволяет назначить своевременную стартовую антибактериальную терапию в комбинации с противовирусными препаратами, эффективными в отношении различных вирусных агентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов, К. В. Профилактика, диагностика и лечение острых респираторных заболеваний и гриппа / К. В. Жданов [и др.] // Указания по диагностике, лечению и профилактике ВС РФ. — М.: МО РФ главное военно-медицинское управление, 2013. — 64 с.
2. Зайцев, А. А. Применение шкал оценки тяжести состояния больных внебольничной пневмонией у пациентов молодого возраста / А. А. Зайцев, Ю. В. Овчинников, Чернов С. В. — М. Воен. — мед. жур. — Т. 24—2014 С. 31–34.

3. Зайцев, А. А. Диагностика и лечение тяжелых поражений легких при гриппе А(Н1N1/09): практические рекомендации / А. А. Зайцев, А. В. Щеголев // Военно-медицинский журнал. — 2016. — Т. 337, № 3 — С. 39–46.
4. Кучмин, А. Н. Диагностика, лечение и профилактика внебольничной пневмонии у военнослужащих МО РФ: метод. указания / А. Н. Кучмин, В. Г. Акимкин, А. И. Синопальников — М.: ГВКГ им. Н. Н. Бурденко, 2010. — 66 с.
5. Зайцев, А. А. Трудная пневмония: вопросы дифференциальной диагностики / А. А. Зайцев, А. И. Синопальников // Военно-медицинский журнал. — 2015. — Т. 36, № 5 — С. 21–28
6. Диагностика, лечение и профилактика внебольничных пневмоний тяжелого течения у военнослужащих: методические рекомендации / А. Н. Бельских, Н. Н. Рыжман, Ю. В. Овчинников [и др.]. — СПб., 2014. — 60 с.
7. Синопальников, А. И. Диагностика и антибактериальная терапия тяжелой внебольничной пневмонии / А. И. Синопальников, А. А. Зайцев // Военно-медицинский журнал. — 2015. — Т. 336, № 4. — С. 16–25.
8. Клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике тяжелой внебольничной пневмонии у взрослых / А. Г. Чучалин [и др.] — М: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 91 с.
9. Чучалин, А. Г. Тяжелые формы гриппа: диагностические и лечебные алгоритмы / А. Г. Чучалин // Пульмонология. — 2009. — № 5. — С. 5–7.
10. Чучалин, А. Г. Пневмония: актуальная проблема медицины XXI века / А. Г. Чучалин // Пульмонология — 2015. — № 2 — С. 133–142.
11. Диагностика, лечение и вакцинопрофилактика внебольничной пневмонии у военнослужащих (Методические указания) / Ю. В. Овчинников [и др.] — М.: ГВКГ имени Н. Н. Бурденко. — 2016. — 58 с.
12. Харитонов, М. А. Пневмонии / М. А. Харитонов, В. А. Андреев, Т. И. Оболенская // Медицинская лабораторная диагностика: программы и алгоритмы. — Руководство для врачей. — М.: ГЭТАР-медиа. — 2014. — Глава 15. — С. 430–458.
13. Torres, A. The aetiology and antibiotic management of community-acquired pneumonia in adults in Europe: a literature review / A. Torres, F. Blasi, W. E. Peetermans [et al.] // Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. — 2014. — Vol. 33. — P. 1065–1079.
14. Chalmers, J. D. Severity assessment tools for predicting mortality in hospitalised patients with community-acquired pneumonia / J. D. Chalmers, A. Singanayagam, A. R. Akram [et al.] // Thorax. — 2010. — P. 13–16.
15. Rozenbaum, M. H. The role of Streptococcus pneumoniae in community-acquired pneumonia among adults / M. H. Rozenbaum, P. Pechlivanoglou., van der Werf T. S. // a meta-analysis. Eur. J. Clin. Microb. Infect. Dis. — 2013. — P. 305–316.

© Иванов Владимир Владимирович (sea-89@yandex.ru),

Чумак Борис Анатольевич (borchum07@yandex.ru), Харитонов Михаил Анатольевич (micjul11@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

ОСТРОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ

ACUTE KIDNEY INJIURY IN PATIENTS WITH ACUTE CORONARY SYNDROME

**A. Korostelev
A. Potapov**

Summary. Studied the frequency and the degree of impairment of renal function in 25 patients with acute coronary syndrome (ACS). Patients admitted with a diagnosis of ACS with ST-segment elevation— 12 (48,0%) patients; ACS without ST-segment elevation — 7 (28,0%) patients; unstable angina— 6 (24,0%) patients.

Analysis more meaningful measure of acute kidney injury (AKI) is a glomerular filtration rate (GFR), revealed a significant decrease in all patients in the 1st and 3rd day, when their values amounted, respectively, while $49,8 \pm 8,4$ and of $69,4 \pm 13,1$ ml/min/1,73m². The distribution of patients in 1 day according to the severity of AKI depending on the values of GFR showed that 7 (28,0%) patients had severe (GFR — 44–30 ml/min/1,73m²), 14 (56,0%) of the average (GFR is 45–59 ml/min/1,73m²), the remaining 4 (16,0%) — mild (GFR 60–80 ml/min/ 1,73 m²) degree of damage to renal function.

The study of the dependence of the AKI on the severity of the ACS showed high linear correlation ($r = -0,71$).

Keywords: Acute coronary syndrome, acute kidney injury, cardiorenal syndrome, glomerular filtration rate.

Коростелев Александр Сергеевич

Врач анестезиолог-реаниматолог, Республиканская больница № 2 — Центра экстренной медицинской помощи.

Bezbaroff@inbox.ru

Потапов Александр Филиппович

Д.м.н., ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова»
potapov-pav@mail.ru

Аннотация. Изучена частота развития и степень нарушения функции почек у 25 больных с острым коронарным синдромом (ОКС). Больные поступили с диагнозом: ОКС с подъемом сегмента ST— 12 (48,0%) больных; ОКС без подъема сегмента ST — 7 (28,0%) больных; нестабильная стенокардия— 6 (24,0%) больных.

Анализ более значимого показателя острого повреждения почек (ОПП) — скорости клубочковой фильтрации (СКФ), выявил существенное его снижение у всех больных в 1-е и 3-и сутки, когда их значения составили соответственно $49,8 \pm 8,4$ и $69,4 \pm 13,1$ мл/мин/1,73м². При этом распределение больных в 1-е сутки по тяжести ОПП в зависимости от значений СКФ показало, что у 7 (28,0%) больных имелась тяжелая (СКФ — 44–30 мл/мин/1,73м²), у 14 (56,0%) — средняя (СКФ — 45–59 мл/мин/1,73м²), у остальных 4 (16,0%) — умеренная (СКФ 60–80 мл/мин/1,73 м²) степень повреждения функции почек.

Изучение зависимости ОПП от тяжести ОКС показало высокую линейную корреляционную зависимость ($r = -0,71$).

Ключевые слова. Острый коронарный синдром, острое повреждение почек, кардиоренальный синдром, скорость клубочковой фильтрации.

Введение

Острое повреждение почек (ОПП) относится к одним из нежелательных и грозных осложнений при острой сердечной недостаточности. Сегодня отдельно выделяют кардиоренальный синдром (КРС) — патофизиологическое расстройство сердца и почек, при котором острая или хроническая дисфункция одного из этих органов приводит к острому или хроническому нарушению функции другого [6].

По литературным данным ОПП наблюдается при остром коронарном синдроме (ОКС) в 9–19% случаев [4], а при кардиогенном шоке — у 70% больных [3]. ОПП обычно развивается в первые дни госпитализации: у 50% — в первые 4 дня, у 70–90% — в первые 7 дней [6].

Развитие ОПП при ОКС приводит к удлинению сроков лечения больных и ухудшению прогноза,

а при наличии сопутствующей хронической патологии почек — к ее быстрому прогрессированию. ОПП протекает тяжелее у пациентов со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ФВЛЖ) по сравнению с пациентами, имеющими сохраненную фракцию выброса (ФВ). Установлено, что при сердечной недостаточности летальность обратно пропорциональна скорости клубочковой фильтрации (СКФ), которая является не менее значимым прогностическим фактором, чем ФВЛЖ. Более того, риск летального исхода у больных с острым коронарным синдромом ассоциируется со степенью нарушения функции почек [2].

Причины развития ОПП при ОКС обусловлены нарушением перфузии почек вследствие снижения сердечного выброса и/или значительного повышения венозного давления. Часто развивается резистентность к диуретической терапии: при этом применение высоко-

ких доз или комбинаций диуретиков может быть дополнительным ятрогенным механизмом прогрессирования ОПП. Наличие ОПП с гиперкалиемией или без нее ограничивает применение ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), антагонистов рецепторов ангиотензина II и антагонистов альдостерона среди пациентов с сердечной недостаточностью и инфарктом миокарда, что может отрицательно влиять на исход заболевания [6].

Кроме того, доказано отрицательное влияние контрастного вещества на функцию почек, используемого при коронарографии у пациентов с ОКС. Этот фактор более существенен для пациентов с исходно низкой СКФ, у которых достоверно чаще встречается контраст-индуцированная нефропатия по сравнению с больными с сохранной функцией почек (27,3 и 3,3% соответственно; $p=0,047$ [1]).

Таким образом, ОПП, несмотря на оказываемую роль на течение и исход острой коронарной патологии и являясь актуальной проблемой, остается недостаточно изученной, что требует анализа и применения методов ее целенаправленной профилактики и лечения.

Цель исследования

Изучить частоту развития и степень нарушения функции почек у больных с ОКС.

Материал и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 1229 больных, находившихся на стационарном лечении в отделении анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии № 2 (ОАРИТ № 2) и отделении неотложной кардиологии Республиканской больницы № 2- Центр экстренной медицинской помощи (РБ № 2-ЦЭМП) в период с 20.12.2015 г. по 20.12.2016 г. Из этого числа пациентов отобраны и детально анализированы результаты лечения 25 (2,0%) больных (мужчин – 20 (80%), женщин — 5 (20%)), у которых выявлены признаки ОПП. Возраст больных составил от 40 до 69 лет (средний возраст — $57,96 \pm 6,84$ лет).

Критерием включения в группу исследования явились: экстренные госпитализации с впервые установленным диагнозом ОКС; возраст до 70 лет; отсутствие до госпитализации заболеваний почек.

Больные поступили с диагнозом: ОКС с подъемом сегмента ST (ОКСпST) — 12 (48,0%) больных; ОКС без подъема сегмента ST (ОКСбпST) — 7 (28,0%) больных; нестабильная стенокардия (НС) — 6 (24,0%) больных.

Всем 25 больным выполнены экстренные чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ), из них 25 (92%) пациентам была проведена первичная коронарография со стентированием артерий сердца, 2 (8%) пациентам – после предварительной тромболитической терапии (ТЛТ).

Все пациенты были обследованы в соответствии с диагностическими и лечебными стандартами при ОКС, включающими в себя лабораторные (общий анализ крови, биохимическое исследование крови, кислотно-основное состояние крови, коагулограмма, маркеры повреждения миокарда) и инструментальные (электрокардиография, коронарография, рентгенография грудной клетки, эхокардиография, фиброгастроудоденоскопия) исследования.

У всех больных при коронарографии в качестве рентгенконтрастного вещества использован препарат «Ультравист-370».

В качестве критерия риска ОКС и степени его тяжести использована шкала GRACE (*Global Registry of Acute Coronary Events*) с подсчетом баллов с помощью электронного калькулятора [7].

Выраженность нарушений фильтрационной функции почек оценена путем расчёта скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле CKD-EPI (*The Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration*) [5].

Сравнительный анализ результатов исследования проводился на следующих этапах: при поступлении (1-е сутки), на 3-и, 7-е и 10-е сутки госпитализации. На первом этапе исследования (1-е сутки) представлены результаты до введения контрастного вещества.

Комплексное лечение больных проводилось согласно существующим рекомендациям по ведению ОКС-сПST и ОКСбпST и включало дезагрегантную терапию, антикоагулянтную терапию нефракционированным или низкомолекулярным гепарином (НМГ), статины. При относительно стабильных параметрах гемодинамики назначались бета-адреноблокаторы, ингибиторы АПФ, нитраты в виде умеренной внутривенной инфузии, наркотические анальгетики, петлевые диуретики, инотропная поддержка (по показаниям).

Обработка статистических данных проводилась в среде Windows 2010 с использованием программы Excel и включала: определение на 4 этапах исследования среднего значения и стандартного отклонения параметров; достоверность их отличий (критерий Стьюдента); степень линейной зависимости между двумя множествами данных (коэффициент корреляции Пирсона).

Таблица 1. Динамика клинико-лабораторных показателей больных

Показатель	норма	Сутки госпитализации			
		1	3	7	10
Шкала GRACE (баллов)	менее 109	130,7±20,3	122,2±15,4	116,4±13,88	109,8±12,6*
Тропонин I (нг/мл)	0–0,002	1,30±1,9	6,7±7,6*	1,27±1,7	0,136±0,2*
ФВЛЖ (%)	55–70	55,6±4,6	55,5±4,8	56,5±3,5	58,2±3,7
Мочевина (ммоль/л)	2,5–6,4	6,71±2,0	6,04±1,7	5,99±1,2	5,73±1,1
Креатинин (мкмоль/л)	71–115	132,6±8,8	100,4±13,0*	101,2±11,0*	100,7±10,4*
СКФ (мл/мин/1,73м ²)	80–120	49,8±8,4	69,4±13,1	74,5±12,2*	80,5±10,3*
Диурез (мл)	1000–2000	1511,2±195,7	1820,8±272,8	1902,4±262,6	1965,2±270,6

Примечание: * — показатель достоверно отличается от исходных (p<0,05)

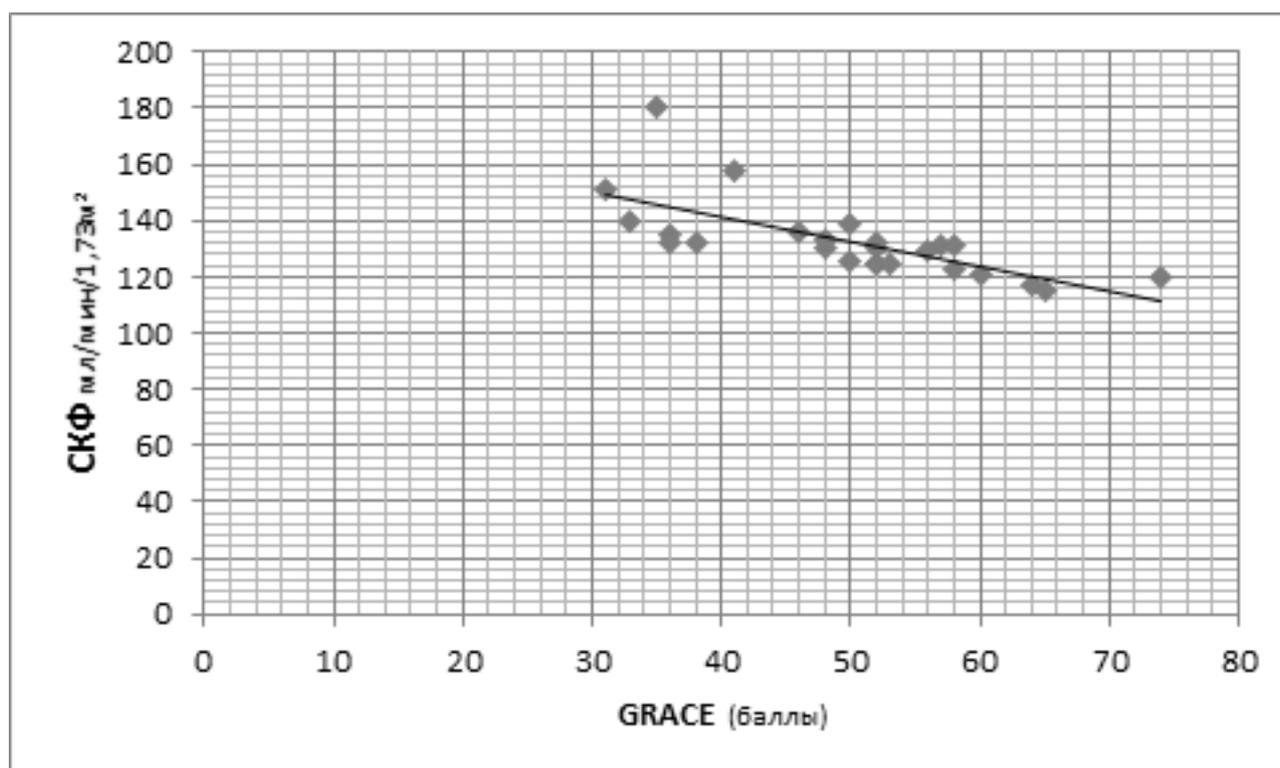


Рис. 1. Взаимосвязь расчетных значений СКФ и шкалы GRACE

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ клинических и лабораторных показателей на этапах исследования представлен в табл. 1. Значения тяжести ОКС по шкале GRACE при поступлении больных

составили от 68 до 160 баллов (в среднем, 130,7±20,3 баллов). При этом у большинства пациентов (18, т.е. 72,0%), их значения превышали 140 баллов, что соответствует высокому риску ОКС с летальностью более 3% [7]. Как видно из представленной таблицы, наиболее высокие баллы GRACE отмечены на 1-е и 3-е сутки и со-

ставили, соответственно $130,7 \pm 20,3$ и $122,2 \pm 15,4$ баллов. Данные цифры соответствуют среднему риску ОКС с летальностью от 1% до 3%. Заметим, что признаки острой сердечной недостаточности наблюдались в эти периоды у 5 (20%) больных, а 4 (16%) из них потребовалась инотропная поддержка путем микроструйной инфузии дофамина.

Уровень тропонина I при поступлении имел большой разброс значений и составил $1,30 \pm 1,9$ нг/мл. Число больных с повышенным уровнем маркеров острого повреждения кардиомиоцитов с момента госпитализации составило 10 (40%) пациентов. Более отчетливо их повышение отмечено на 3-и сутки, когда средние значения тропонина I составили $6,7 \pm 7,6$ нг/мл ($p < 0,05$ по сравнению с 1-ми сутками). На 7-е и 10-е сутки отмечается тенденция к нормализации значений.

При эхокардиографии ФВ у больных составила в 1-е сутки $55,6 \pm 4,6\%$ и была стабильной в течение всего периода наблюдения. Заметим, что только у 5 (20,0%) при поступлении отмечалось снижение ФВ.

Сывороточный креатинин является относительно поздним маркером ОПП. Несмотря на это, уже в первые сутки уровень креатинина превышал норму и составил $132,6 \pm 8,8$ мкмоль/л. Добавим, что креатинин сыворотки крови определялся в ОАРИТ сразу после госпитализации, до проведения коронарографии, что позволяет исключить контраст-индуцированную ОПП. На следующих этапах исследования уровень креатинина возвращался к норме.

Анализ более значимого показателя функции почек — СКФ, выявил существенное его снижение у всех больных в 1-е и 3-и сутки, когда их значения составили соответственно $49,8 \pm 8,4$ и $69,4 \pm 13,1$ мл/мин/1,73м².

При этом распределение больных в 1-е сутки по тяжести ОПП в зависимости от значений СКФ показало, что у 7 (28,0%) больных имелась тяжелая (СКФ — 44–30 мл/мин/1,73м²), у 14 (56,0%) — средняя (СКФ — 45–59 мл/мин/1,73м²), у остальных 4 (16,0%) — умеренная (СКФ 60–80 мл/мин/ 1,73 м²) степень повреждения функции почек.

Больных с выраженным снижением СКФ (29–15) и острой почечной недостаточностью (СКФ < 15 мл/мин/1,73м²), потребовавшей заместительной почечной терапии не выявлено.

Содержание мочевины сыворотки крови и диурез находились в пределах нормальных значений.

Изучение зависимости ОПП от тяжести ОКС показало высокую линейную корреляционную зависимость ($r = -0,71$) (рис. 1).

Длительность лечения больных в ОАРИТ № 2 составило — $1,92 \pm 0,95$ койко-дней, в отделении неотложной кардиологии — $7,48 \pm 0,65$ койко-дней. Умерших больных нет.

Заключение

Таким образом, в проведенном исследовании у 2% больных с ОКС отмечались явные признаки ОПП, которые были наиболее выражены в первые трое суток и сохранялись в течение 10-и суток. При этом его выраженность имеет высокую корреляционную связь с тяжестью течения ОКС ($r = -0,71$). В свою очередь, учитывая очевидное влияние выделительной функции почек на течение ОКС и развитие сердечной недостаточности, ранняя диагностика и профилактика нарушений функций почек актуальны и требуют внимания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Затейщиков Д. А. Функция почек у пациентов с острым коронарным синдромом при различной стратегии лечения./Д.А. Затейщиков, Е. Н. Иванцов, М. Н. Садыков и др.// Вестник современной клинической медицины. — 2015. — Т. 8, прил. 1. — С. 42–46.
2. Goldberg A. In-hospital and 1-year mortality of patients who develop worsening renal function following acute ST-elevation myocardial infarction/ A. Goldberg, Hammerman H., Petcherski S. et al. // Am. Heart. J. — 2005. — 150. — P. 330–307.
3. Jose P. Increase in Creatinine and Cardiovascular Risk in Patients with Systolic Dysfunction after Myocardial Infarction/ P. Jose, H. Skali, N. Anavekar et al. // J. Am. Soc. Nephrol. — 2006. — 17. — 2886–2891
4. Latchamsetty R. Prognostic Value of Transient and Sustained Increase in In-Hospital Creatinine on Outcomes of Patients Admitted With Acute Coronary Syndrome./ R. Latchamsetty, J. Fang, E. Kline-Rogers et al. // Am. J. Cardiology. — 2007. — 99(7). — P. 939–942.
5. Levey A.S. A New Equation to Estimate Glomerular Filtration Rate. / Levey A. S., Stevens L. A., Schmid C. H., et al.//Ann. Intern. Med. — 2009. — Vol. 150 (9). P.604–612.
6. Ronco C. Cardiorenal Syndromes in Critical Care/ C. Ronco., R. Bellomo, P. A. McCullough // Contribution to Nephrology. — 2010. — Vol. 165. — 377 p.
7. <https://medicalc.ru/grace>

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ХРОНОЛОГИИ ПЕРВИЧНЫХ ОБРАЩЕНИЙ К СТОМАТОЛОГУ ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ДИСФУНКЦИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНЫХ СУСТАВОВ И ДИСПЛАЗИЕЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE CHRONOLOGY OF INITIAL APPLICATIONS BY THE DENTIST PATIENTS WITH SYNDROME OF TMJ DYSFUNCTION AND CONNECTIVE TISSUE DYSPLASIA

E. Statovskaia

Summary. A retrospective analysis of 364 ambulatory dental charts of patients aged 16 to 30 years was conducted. Patients primarily complained of functional disorders of different severity (disorders of occlusion, malocclusion, parafunction and dysfunction syndrome TMJ). The study demonstrated that the manifestation of the disease progressed in various chronological periods, the onset of the disease occurred at different ages. The nature of the treatment depends on the age, sex and the presence of connective tissue dysplasia (DCT). This fact must be taken into account for early and differential diagnosis, prevention and treatment planning of the dysfunction syndrome and DCT.

Keywords: manifestation of TMJ dysfunction syndrome, connective tissue dysplasia, age, gender, anamnesis of TMJ dysfunction syndrome and visits to the dentist.

Статовская Елена Евгеньевна;

*К.м.н., ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
elenastat22@mail.ru*

Аннотация. Проведен ретроспективный анализ 364 амбулаторных стоматологических карт пациентов в возрасте 16–56 лет, первично обратившихся к стоматологу с жалобами на функциональные нарушения различной степени выраженности (нарушения окклюзии, прикуса, парафункции, синдром дисфункции ВНЧС). У мужчин и женщин исследуемых групп синдром дисфункции ВНЧС манифестирует в различном возрасте. При этом, мужчины и женщины первично обращаются к врачу в различные возрастные периоды. Характер обращаемости пациентов исследуемых групп отличался распределением в возрастных периодах, обнаруживая гендерные различия во взаимосвязи с ДСТ. Данное обстоятельство необходимо учитывать при ранней и дифференциальной диагностике, планировании мер профилактики и лечения синдрома дисфункции на фоне ДСТ.

Ключевые слова: манифестация синдрома дисфункции ВНЧС, дисплазия соединительной ткани, возраст, пол, хронология обращаемости к стоматологу.

Введение

Биологический возраст, оцениваемый в медицине при анализе заболеваний, условен и базируется на гендерных, анатомических, физиологических особенностях организма.

Принципы классификации возрастных периодов в стоматологии учитывают несколько критериев:

- 1) внешний, основанный на принципе «онтогенез вторяет филогенез»;
- 2) внутренний с учетом выбранных специфических хронологических диапазонов, связанных с этапом развития (прорезывание зубов — детство, прорезыванием третьих моляров, формирование прикуса, височно-нижнечелюстных суставов — взросление);
- 3) несколько существенных особенностей развития, значимость которых меняется во времени и зависит от выбора системы возрастной стратификации (периодизации) [1].

Основным стоматологическим заболеваниями и ДСТ присущи такие особенности мультифакторных болезней (МФЗ) [7] как: популяционная распространенность при превышении «порогового эффекта наследственной предрасположенности», зависимость сроков манифестации, тяжести течения от пола и возраста [7, 2, 9]. Сроки манифестации и развития болезней, их сочетание генетически обусловлены [4]. Полиорганность поражений при ДСТ определяется широким распространением в организме соединительной ткани [5,6,8], корреляцией ассоциированных заболеваний [11]. Комплексная патология челюстно-лицевой области и системные заболевания наиболее часто характеризуются взаимным отягощением [3]. Многофакторность, полиорганность ДСТ влияют на диагностику и выявляемость ДСТ [10].

Гендерные и возрастные различия во многом определяют характер распределения ряда клинических признаков ДСТ [9,11], выраженность (количество) которых, как правило, нарастает прогрессирующе [5,6,7,8].

Таблица 1. Возрастная структура исследуемых пациентов с учетом традиционных хронологических периодов (p=0,07)

Возрастные группы (годы)	Число пациентов, группы					
	общая выборка		контрольная		основная	
	N=364		n=87		n=277	
	абс	%	абс	%	абс	%
16–20*	86	23,63	13	14,94	73	26,35
21–30	106	29,12	26	29,89	80	28,88
31–40	79	21,70	20	22,99	59	21,30
41–50	81	22,25	22	25,29	59	21,30
51–56*	12	3,30	6	6,90	6	2,17
Итого	364	100	87	100	277	100

Примечание, где: * — p<0,002

Поскольку биологический возраст отражает степень приспособленности пациента к условиям окружающей среды, он непосредственно влияет на лечебно-диагностические, профилактические и реабилитационные мероприятия [1,11].

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ 364 амбулаторных стоматологических карт пациентов в возрасте 16–56 лет, первично обратившихся к стоматологу с жалобами на функциональные нарушения различной степени выраженности: от нарушений окклюзии до синдрома дисфункции височно-нижнечелюстных суставов. Исследовано: 277 пациентов основной группы с MASS-подобным (MASS-ПФ), марфаноподобным (МПФ), элерсоподобным (ЭПФ), неклассифицируемым (НКФ) фенотипами дисплазии соединительной ткани (ДСТ) и 87 пациентов контрольной группы без ДСТ. Общая выборка состояла на 28,6% (n=104) из мужчин и на 71,4% (n=260) из женщин ($\chi^2=0,93$; p=0,338). Контрольная группа включала 22 мужчины (25,3%, n=87) и 65 женщин (74,71% n=87). В основной группе было — 82 мужчины (29,6% n=277) и 195 женщин (70,39%, n=277). Пациенты исследуемых групп, а также подгрупп основной группы сопоставимы по полу ($\chi^2=22,52$; p=0,212).

На первом этапе проведен сравнительный анализ между исследуемыми группами по количеству первичных посещений в традиционных возрастных периодах: 16–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–56 лет (n=364).

На втором этапе исследовано число посещения в исследуемых группах и подгруппах основной группы с учетом фенотипов и степени тяжести ДСТ(n=352). При объективном анализе вышло 12 клинических случаев из анализируемой выборки (n=364) в связи с неполными анамнестическими и объективными данными в картах. В процессе проведения исследований были проанализированы несколько отличающиеся подгруппы пациентов, что объясняет различную численность пациентов в конкретных результирующих таблицах: 86 (24,43%) пациентов контрольной группы без ДСТ и 266 (75,57%) пациентов основной группы с различными фенотипами ДСТ (4 подгруппы): 6 (1,70%) пациентов с MASS-ПФ, 68 (19,31%) человек с МПФ и по 96 (27,27%) человек в подгруппах с ЭПФ и НКФ фенотипами. В основной группе 172 пациента отличались легким течением ДСТ, 84 человека имели ДСТ средней тяжести, у 7 пациентов ДСТ в анамнезе указаны тяжелое течение болезни (в детстве) и длительная ремиссия на момент исследования.

На третьем этапе определены гендерные и возрастные различия характера обращаемости стоматологических пациентов в исследуемых группах (n=364).

Результаты и их обсуждение

Исследуемая выборка (n=364) характеризовалась неодинаковым распределением по возрасту первичных посещений. Анализ традиционных хронологических периодов показал достоверные различия между основной и контрольной группами и подгруппами ДСТ (t=3,12; p<0,002) в крайних возрастных диапазонах (16–20*, 51–56* лет по табл. 1).

На втором этапе исследований (n=352) было установлено, что пациенты основной группы (n=266) в сравнении с контрольной группой (n=86) обращались к стоматологу по поводу функциональных нарушений в более молодом возрасте. Средние значения возраста (M) и медиана (Me) составили: в общей выборке 31,15+ 0,59 (Me = 28,0), в контрольной группе M =34,28+1,23 (Me = 33,0), в основной 30,21+0,66 (Me = 28,0).

В подгруппах основной группы показатели среднего возраста обращений распределились от меньшего значения к большему следующим образом: 2 подгруппа ос-

новной группы (МПФ) $M = 25,0 \pm (Me = 26,8)$, 1 подгруппа (MASS-ПФ) 29,7 ($Me = 29,0$), 3 подгруппа (ЭПФ) $M = 31,0 \pm (Me = 29,0)$, 4 подгруппа (НКФ) $M = 32,0 \pm (Me = 31,0)$.

Возраст первично исследуемых больных имеет значительную вариабельность. Наибольшая величина стандартного отклонения (S.D) отмечена в контрольной группе 11,50 (в общей выборке 11,21) в сравнении с основной группой (10,95). В подгруппах основной группы величина S.D. распределилась от меньших к большим значениям в следующей последовательности: во 2-й подгруппе величина S.D. равна 10,00; в 4-й подгруппе — 10,50; в 3-й подгруппе — 11,50; в 1-й подгруппе — 12,10. Кроме того, S.D прямо пропорционально зависела от степени тяжести ДСТ: 10,20 при легком течении ДСТ, 11,80 — при выраженной ДСТ, 15,00 — при тяжелом течении (в анамнезе) ДСТ.

При первичном осмотре 25% стоматологических пациентов общей выборки находились в возрасте до 22 лет; больным основной группы было не более 20 лет, контрольной группы не более 24 лет. Самыми молодыми, (не старше 17,5 лет) оказались 25% пациентов 2-й подгруппы (МПФ), пациенты 1-й подгруппы основной группы (MASS-ПФ) находились в возрасте до 19 лет, 3-й подгруппы (ЭПФ) не старше 20 лет и 4-й подгруппы (НКФ) не старше 24 лет. При этом, 25% стоматологических пациента 16-ти лет имели в анамнезе тяжелое течение ДСТ (на момент обследования — в стадии ремиссии), а пациенты не старше 20 лет имели ДСТ легкой и средней степеней тяжести. Пациенты МПФ и MASS-ПФ фенотипов обращались к стоматологу в более молодом возрасте и наиболее часто имели ДСТ средней степени тяжести.

Возраст 50% пациентов общей выборки находился в диапазоне 22–41 год; в контрольной группе 24–45 лет; в основной группе 20–39 лет, в подгруппах основной группы: в 1-й — 19–39 лет, во 2-й — 17,5–32,5 года, в 3-й — 20–41,5 лет, в 4-й — 24–41,5 лет. С учетом степени тяжести ДСТ 50% пациентов с легким течением ДСТ находились в возрастном диапазоне 20–35 лет, с ДСТ средней тяжести в возрасте 16–41 год, с тяжелым течением ДСТ в анамнезе — 20–41 год.

75% пациентов общей выборки были старше 41 года, при этом, пациенты основной группы — старше 39,5 лет, контрольной — старше 46 лет. 75% пациентов 2-й подгруппы основной группы имели возраст от 32,5 лет, 1-й подгруппы — от 39 лет, 3-й и 4-й подгрупп основной группы — старше 41,5 лет.

Минимальный и максимальный возраст пациентов общей выборки и пациентов, включенных в контрольную группу, составил 16,0–56,0 лет (Range или размах

равен 40), пациентов основной группы — 16,0–55,0 лет (Range 39); 2-й, 3-й подгрупп ДСТ — 16,0–55,0 лет (Range 39), пациентов 4-й подгруппы 16,0–53,0 (Range 37), 1-й подгруппы 18,0–42,0 (Range 24) года; а также, при легкой и средней степени тяжести ДСТ — 16,0–55,0 лет (Range 39), при тяжелом течении ДСТ (в анамнезе) — 16,0–50,0 лет (Range 33). Минимальный возраст пациентов с ДСТ средней тяжести и ДСТ тяжелой степени одинаков.

Коэффициент асимметрии распределения данных случайной величины (A) пациентов общей выборки незначительно смещен вправо ($A=0,3$) за счет значений основной группы (где $A=0,4$), и в большей степени 2-й подгруппы ($A=0,96$) в сравнении с контрольной группой ($A=0,2$). В 3-й подгруппе $A=0,3$ и соответствует общей выборке. 4-я подгруппа отличается значениями, наиболее близкими к значениям контрольной группы ($A=0,1$). 1-я подгруппа отличается нормальным распределением, близким нулю ($A=0,01$). При ДСТ легкой степени коэффициент асимметрии $A=0,5$, при средней степени тяжести $A=0,1$, тяжелом течении $A=-0,1$. Таким образом, большее число активных обращений пациентов с ДСТ к стоматологу по поводу функциональных нарушений приходится на возраст 16–18 лет. При тяжелом течении ДСТ пациенты с синдромом дисфункции ВНЧС обращаются к стоматологу в более молодом возрасте.

Характер распределения первичных обращений стоматологических пациентов, изображенный в виде графиков, имеет ряд особенностей и различается в исследуемых группах по возрасту: начальным отрезком (отражающим число обратившихся в более молодом возрасте), по протяжению (характеризующим число обратившихся в среднем и старшем возрастах) и результирующей формой кривых. График распределения по возрасту (%) пациентов контрольной группы имеет форму прямой, в отличие от дугообразного графика основной группы с выпуклостью, обращенной вверх.

Графики контрольной и основной групп в большей степени различаются начальными отрезками, соответствующими возрастному периоду 16–17 лет, и, далее, различиями на участках 18–19 лет, 20–22 года, 28, 36–38 лет. График обращений пациентов основной группы начинается резким подъемом, иллюстрирующим большее количество обращений пациентов молодого и среднего возраста.

Участок графика контрольной группы, соответствующий возрастному периоду 36–51 год, имеет отличие в виде ломаной линии, отражающей переменное число обращений пациентов соответствующего возраста. В основной группе число обратившихся к стоматологу пациентов стабильно увеличивается с возрастом.

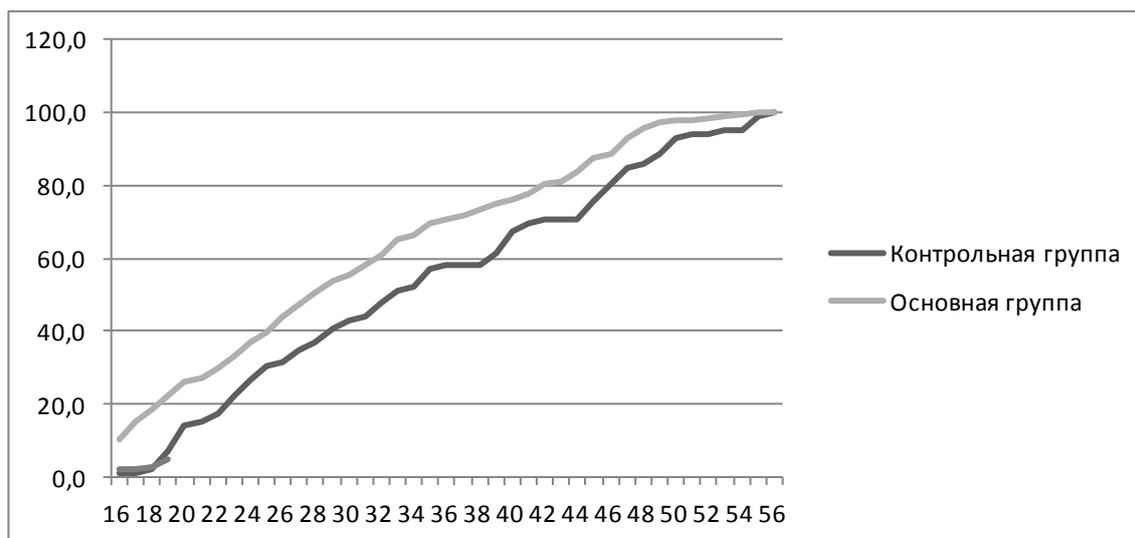


Рис. 1. Распределение по возрасту больных исследуемых групп

Таблица 2. Возрастные группы исследуемых пациентов с учетом клинических проявлений ДСТ (p<0,003)

Возрастные группы (годы)	Число пациентов, группы					
	общая выборка		контрольная		основная	
	N=364		n=87		n=277	
	абс	%	абс	%	абс	%
16–21*	90	24,73	14	16,09	76	27,44
22–39*	172	47,25	40	45,97	132	47,65
40–56*	102	28,08	33	37,93	69	24,91
Итого	364	100	87	100	277	100

Примечание, где: * — p<0,05

Анализ первичной обращаемости пациентов к стоматологу обнаруживает хронологические различия в исследуемых группах в зависимости от наличия или отсутствия ДСТ. По-видимому, хронология обращений или возрастные интервалы (16–21, 22–39, 40–56 лет), соответствуют специфике патологии, принципиально важным возрастным особенностям, а также изменениям, сопутствующим ДСТ. Пациенты с ДСТ обращаются к стоматологу в более раннем возрасте 16–21 лет, нарастание клинических проявлений происходит в возрасте 22–39 лет (в контрольной группе — после 42 лет).

На отрезке (рис. 1), соответствующем 46 годам, различия графиков основной и контрольной групп постепенно нивелируются и после 50 лет различия графиков незначительные или практически отсутствуют.

Средний возраст пациентов составляет: в общей выборке 31,15±0,59 год (n=352; P=0,003), в контрольной группе 34,50±1,2 (n=86), в основной группе 30,21±0,7 (n=266). Различия в группах статистически достоверны (p=0,002).

Таким образом, исследуемые пациенты группируются по первичной обращаемости и жалобам в определенные хронологические периоды, обнаруживая различия в клинических проявлениях и взаимосвязь с ДСТ (табл. 2).

Рассмотрим гендерные различия исследуемых групп в традиционные возрастные периоды (рис. 2) и в хронологических диапазонах с учетом клинических проявлений ДСТ.

Наибольшие гендерные отличия контрольной группы проявились в возрасте 31–45 лет (p=0,001) за счет изменений в численном соотношении женщин (значительное увеличение, достижение максимума) и мужчин (увеличения, достижение максимума) в сравнении с предыдущим периодом.

Таким образом гендерная структура активных обращений к стоматологу пациентов с синдромом дисфункции ВНЧС в исследуемых возрастных группах не постоянна (p=0,001) за счет различной численности мужчин (рис. 2).

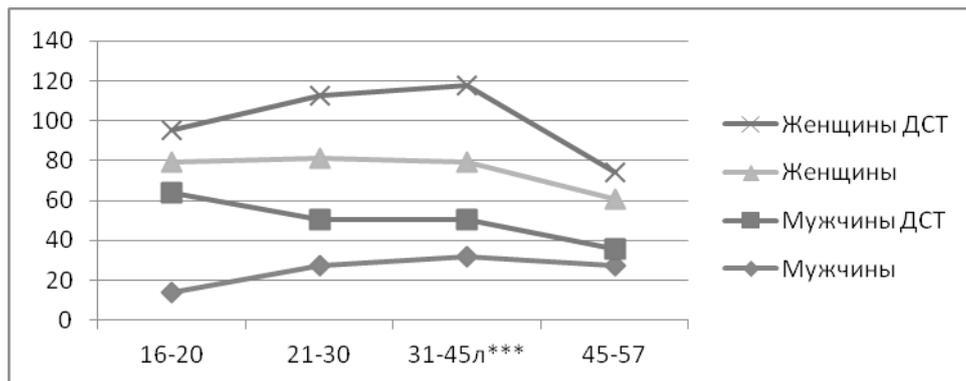


Рис. 2 Соотношение мужчин и женщин в традиционных возрастных группах (где *** — $p=0,001$)

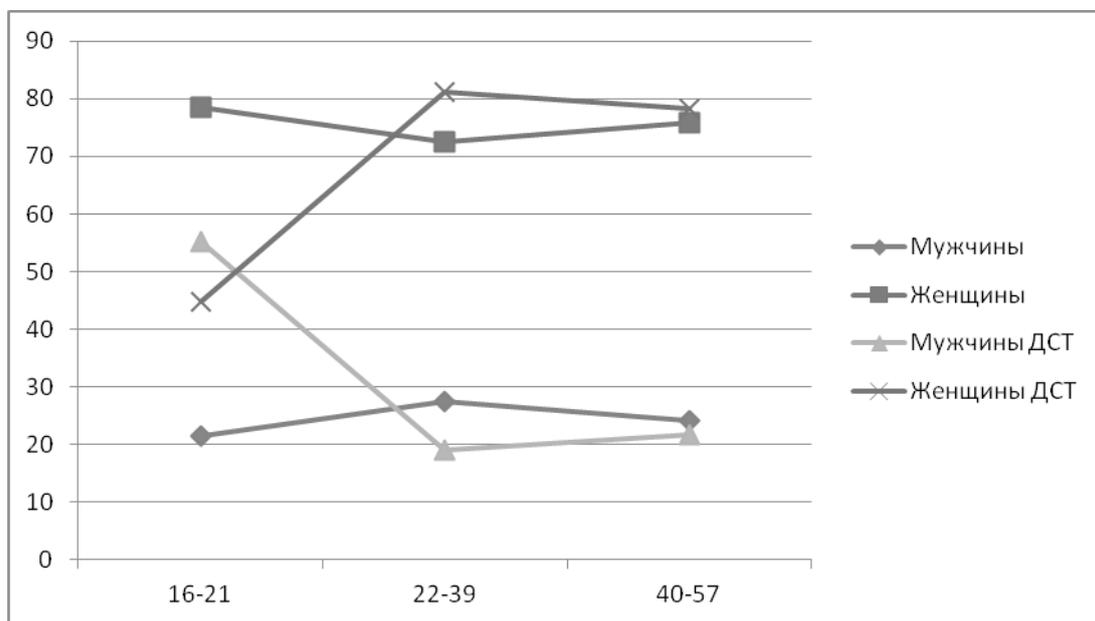


Рис.3 Гендерные различия и хронологические периоды активных обращений к стоматологу исследуемых пациентов

Хронология первичной обращаемости мужчин и женщин в связи с синдромом дисфункции ВНЧС иллюстрируется рис. 3 и табл. 3

В возрасте 16–21 года ($p=0,05$) больше обращаются к стоматологу женщины контрольной группы (78,57%, 11) и лица мужского пола с ДСТ (55,26%, $n=42$), чаще юношеского и переходного возрастов (16–17 лет).

В возрасте 22–39 лет достоверных гендерных различий между исследуемыми группами не выявлено ($p>0,05$): наиболее часто обращаются женщины, соотношение мужчин и женщин в контрольной группе 1:3, в основной 1:4.

Число обратившихся мужчин контрольной группы увеличивается после 31 года ($p=0,001$).

В возрасте 40–57 лет частота обращаемости женщин контрольной группы увеличивается в сравнении с более ранним возрастным периодом, соотношение мужчин и женщин в группах 1:3 ($p<0,05$). С 40–57 лет гендерные различия между группами в соотношении числа мужчин и женщин, обратившихся к стоматологу, менее выражены, несмотря на то, что после 45 лет тенденция активных обращений мужчин (29,23%) контрольной группы сохраняется.

Характер распределения обращений стоматологических пациентов в определенные возрастные периоды, обнаруживает гендерные различия во взаимосвязи с ДСТ. Характер обращаемости первичных пациентов исследуемых групп отличался распределением в установленных нами хронологических (возрастных) периодах, обнаруживая гендерные различия во взаимосвязи с ДСТ.

Таблица 3. Гендерная структура пациентов с функциональными нарушениями жевательного аппарата

Хронологический период (годы)	Число пациентов в группах			
	контрольная		основная	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
16–21 (p<0,05)	3(21,43)	11(78,57)	42(55,26)	34(44,74)
n=90	14(15,56)		76(84,44)	
22–39 (p>0,05)	11(27,50)	29(72,50)	25(18,94)	107(81,06)
n=172	40(23,26)		132(76,74)	
40–57 (p<0,05)	8 (24,24)	25(75,76)	15(21,74)	54(78,26)
n=102	33(32,35)		69(67,65)	

Установленные хронологические группы соответствуют индивидуальным значимым событиям онтогенеза и специфики клинических проявлений ДСТ. В период 16–21 год происходит окончательное формирование прикуса и височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС), переход в юношеский возраст, начинается взросление. Возраст 17 лет считается переходным или критическим, связанным с особенностями психофизиологического развития человека в рамках пубертатного (16–18 лет) или юношеского (16–21 лет) возраст-

ных диапазонов. Возраст 22–39 лет характеризуется началом процессов зрелости, наступлением среднего возраста и взрослости. В 40–57 лет осуществляется переход 1-го во 2-й периоды среднего возраста, появляются первые признаки инволютивных изменений, происходит их постепенное развитие. Возрастную стратификацию необходимо учитывать при ранней диагностике и ведении стоматологических пациентов с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстных суставов на фоне ДСТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова О. А. Возрастная анатомия и физиология. Изд-во: Высшее образование, 2006. — 192 с.
2. Арсентьев, В. Г. Дисплазии соединительной ткани как конституциональная основа полиорганных нарушений у детей: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.08 / Арсентьев Вадим Геннадиевич; [ГОУ ВПО «С.-Петерб. гос. педиатр. мед. акад.».]. — Санкт-Петербург, 2012. — 44 с.
3. Гажва, С. И. Проблема коморбидных заболеваний в стоматологии / С. И. Гажва, А. Ф. Еремеев, Д. А. Заплутанова // Совр. пробл. науки и образования. — 2015. — № 6. — С. 91.
4. Генетический паспорт — основа индивидуальной и предиктивной медицины / В. С. Баранов, А. С. Глотов, Т. Э. Иващенко [и др.]; под ред. В. С. Баранова. — Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2009. — 528 с.: ил., табл.
5. Кадурина, Т. И. Наследственные и мультифакторные заболевания соединительной ткани: учеб. пособие / Т. И. Кадурина; М-во здравоохранения Рос. Федерации, ГБОУ ВПО «Северо-Запад. гос. мед. ун-т им. И. И. Мечникова». — Санкт-Петербург, 2014. — 88 с. — (Медицинское образование).
6. Кадурина, Т. И. Оценка степени тяжести недифференцированной дисплазии соединительной ткани у детей / Т. И. Кадурина, Л. Н. Аббакумова // Мед. вестн. Сев. Кавказа. — 2008. — Т. 10, № 2. — С. 15–21.
7. Ключева, С. К. Мультифакториальные заболевания: учеб. пособие / С. К. Ключева; С.-Петерб. мед. акад. последиплом. образования. — Санкт-Петербург, 2002. — 50 с. — (Последипломное медицинское образование).
8. Нечаева Г. И. Дисплазия соединительной ткани: основные клинические синдромы, формулировка диагноза, лечение / Г. И. Нечаева, В. М. Яковлев, В. П. Конев и др. // Лечащий врач. 2010. — № 5. — С. 22–26.
9. Проявления неклассифицированной дисплазии соединительной ткани в зависимости от возраста: прогноз / Н. Я. Доценко, Л. В. Герасименко, С. С. Боев [и др.] // Укр. ревматол. журн. — 2012. — № 1 (47). — С. 19–23.
10. Пильх, А. Д. Состояние сердца и органов брюшной полости у детей с дисплазией соединительной ткани (клинико-эхографическое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук / Пильх Анна Даниловна; [Минздрав СССР; Первый Моск. мед. ин-т им. И. М. Сеченова]. — Москва, 1989. — 20 с.
11. Пузырев, В. П. Генетические основы коморбидности у человека / В. П. Пузырев // Генетика. — 2015. — Т. 51, № 4. — С. 491–502.

© Статовская Елена Евгеньевна (elenastat22@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСТЕОПРОТЕГЕРИНА SRANK-L И КИСЛОТНОГО ИЗОФЕРМЕНТА ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЯЖЕСТИ ПАРОДОНТИТА

A CHANGE IN THE CONTENT OF OSTEOPROTEGERIN SRANK-L AND AN ACID ISOENZYME OF ALKALINE PHOSPHATASE IN THE BLOOD SERUM IN DENTAL PATIENTS DEPENDING ON THE SEVERITY OF PERIODONTITIS

**E. Strelnikov
N. Slusar
V. Bogatov**

Summary. the Study of markers of bone metabolism osteoprotegerin and S-RANKL and CISF in the serum of dental patients most clearly reflects the nature of osteoclastogenesis. It is shown that the ratio osteoprotegerin S and RANKL reflect the processes of osteoclastogenesis in different periods of development of periodontitis. The use of quantitative indicators of these markers in the diagnosis of periodontal disease.

Keywords: Osteoprotegerin; S RANKL, periodontal disease, chronic localized periodontitis, chronic periodontitis generalizovanny, oral surgery, periodontics.

Стрельников Евгений Валерьевич

Врач, челюстно-лицевой хирург, аспирант,
ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава РФ
kurtgirny@mail.ru

Слюсарь Николай Николаевич

Д.м.н., профессор, ФДПО ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава РФ

Богатов Виктор Васильевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава РФ

Аннотация. Исследование маркеров метаболизма костной ткани остеопротегерина и S RANKL и КИЩФ в сыворотке крови у стоматологических пациентов наиболее ярко отражает характер остеокластогенеза. Показано, что соотношение остеопротегерин и S RANKL отражают процессы остеокластогенеза в различные сроки развития пародонтита. Возможно, использование количественных показателей этих маркеров в диагностике заболеваний пародонта.

Ключевые слова: Остеопротегерин, S RANKL, заболевания пародонта, хронический локализованный пародонтит, хронический генерализованный пародонтит, хирургическая стоматология, пародонтология.

Актуальность темы

В последние годы появились сообщения о том, что остеопротегерин и S RANKL играют основную роль в регуляции остеокластогенеза [8;9;13;15]. Известно так же, что характер ремоделирования костной ткани во многом определяется балансом между продукцией S RANKL и остеопротегерина [4;6;7;8;15]. Использование же этих маркеров регуляции остеокластогенеза при лечении стоматологических пациентов в различные сроки развития пародонтита практически отсутствует, что в определенной мере затрудняет изучение процессов ремоделирования костной ткани, в процессе развития генерализованных заболеваний пародонта [2;3;11;12;14;16].

Цель исследования

Определить возможность использования маркеров остеокластогенеза (OPG|SRANKL и КИЩФ) для диагно-

стики заболеваний пародонта у стоматологических пациентов.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 48 пациентов. Все пациенты включенные в исследование разделены на соответствующие группы:

- ◆ 1 группа — 16 из них с установленным более года назад диагнозом хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени;
- ◆ 2 группа — 16 с установленным более года назад диагнозом хронический генерализованный пародонтит легкой степени.
- ◆ Группа контроля — 16 пациентов без установленной стоматологической патологии заболеваний пародонта.

Из биохимических показателей в сыворотке крови определяли остеопротегерин, S RANKL.

Таблица 1. Показатели маркеров осеокластогенеза по группам (учитывая группу контроля)

	OPG	S RANKL	КИЩФ
1 группа	6,4 ± 1,6	2,3 ± 0,2	44,3 ± 3,5
2 группа	11,4 ± 1,3	1,9 ± 0,2	46,5 ± 2,6
Группа контроля	18,5 ± 1,5	0,7 ± 0,07	36,2 ± 1,02

* Достоверность различия показателей OPG SRANKL и КИЩФ у обследуемых 1,2 групп и группы контроля (p < 0,05).

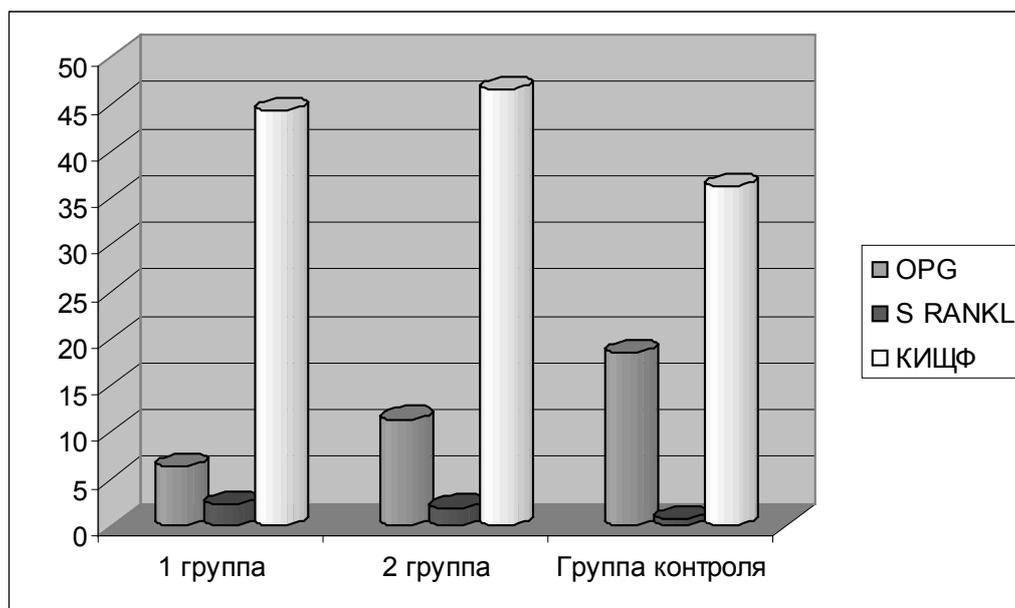


Рис. 1. Показатели маркеров остеокластогенеза у обследуемых

Исследование указанных маркеров остеокластогенеза проводится с помощью иммуноферментного метода, на анализаторе иммуноферментных реакций АИРФ — 01 «Униплан» (Россия) с использованием реагентов, фирм: Bender Medsystems; Biomedica (Австрия).

Единицы измерения для остеопротегерина S RANKL и КИЩФ — пмоль/л

Статистическая достоверность различий полученных средних величин определялась по критерию Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Из таблицы 1 видно что показатели остеопротегерина в 1,2 групп и группы контроля имеют статистически значимые различия, в то время как показатели S RANKL в группах 1 и 2 не имеют статистически значимых различий между собой но значительно отличаются от показателей в группе контроля. Показатели кислотного изофермента щелочной фосфатазы в сыворотке крови у пациентов 2 группы показали наивысший результат, однако статистически значимых различий между ними

у пациентов 1 группы не выявлено, в то время как у пациентов из группы контроля показатели значительно ниже, чем таковые у 1 и 2 групп.

На рисунке 1 изображен график который наглядно показывает различие показателей маркеров остеокластогенеза в группах 1, 2 и группе контроля.

Выводы

Обобщая полученные данные можно сделать следующие выводы. Остеопротегерин и S RANKL являются основными маркерами в регуляции остеокластогенеза и характер развития заболевания зависит как от количественных значений этих показателей в организме, так и от их соотношения. Следовательно, при уменьшении количества остеопротегерина и увеличение S RANKL нарушаются процессы молекулярной регуляции ремоделирования костной ткани. В совокупности с другими биохимическими показателями, участвующими в процессах формирования и резорбции кости их показатели необходимо использовать в мониторинге изменений состояния костной ткани в процессе лечения пародонти- тов разных степеней тяжести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова И. Л., Притыкина Т. В., Путинцев С. Б., Хришпенс И. П. // Способы диагностики пародонтита путем определения уровня остеопротегерина в сыворотке крови. — ОГМА ПАТЕНТ. С. 32.
2. Горбунова. И. Л. Определение остеопротегерина в сыворотке крови как новый метод донозологической диагностики генетической обусловленности стоматологических заболеваний. // Стомаология для всех. — Москва — 2007 — № 1.
3. Трофимова Т. Н., Гарапач И. А., Цимбалистов А. В., и др. Рентгенометрические характеристики нижней челюсти у больных генерализованным пародонтизом и системным остеопорозом// Пародонтология. — 2005 — № 2. — С. 23–26.
4. Зенков Н. К., Ланкин В. З., Менщикова Е. Б. Окислительный стресс. Биохимические и патофизиологические аспекты. — М., Наука, 2001, С. 343.
5. Киселева И. В., Стрельников В. Н., Слюсарь Н. Н., Кочуров О. В., Стрельников Е. В., Изменение показателей остеокальцина, костного изофермента щелочной фосфатазы и катепсина К, в сыворотке крови стоматологических пациентов с сопутствующей патологией. // Пародонтология 2014 — № (70) — с. 20–23.
6. Киселева И. В., Стрельников В. Н., Слюсарь Н. Н., Кочуров О. В., Стрельников Е. В., Использование маркеров метаболизма костной ткани при лечении стоматологических пациентов с применением искусственных опор. // Пародонтология 2014 — № (71) — с. 46–48.
7. Шепелькевич А. П. СОДЕРЖАНИЕ ОСТЕОПРОТЕГЕРИНА И RANKL У ПАЦИЕНТОВ С СД 2-ГО ТИПА.// УО «Белорусский государственный медицинский университет» 2013 — С. 33–37
8. Шипский А. В.. Комплексное лечение и реабилитация пациентов с генерализованным пародонтизом тяжелой степени. // Пародонтология — 2014 — № 1 С. 35–42.
9. Grigoropoulou, P. The role of the osteoprotegerin/RANKL/ RANK system in diabetic vascular disease / P. Grigoropoulou, I. Eleftheriadou, C. Zoupas, N. Tentolouris // Curr. Med. Chem. — 2011. — No18, Vol.31. — P. 4813–4819.
10. Tsuda E. Isolation of a novel cytokine from human fibroblasts that specifically inhibits osteoclastogenesis // Tsuda E., Goto M., Mochizuki S. et al. / Biochem Biophys Res Commun. — 1997. — Vol. 234. — P. 137–142.
11. O'Sullivan E.P. [et al.] // Osteoprotegerin and biomarkers of vascular inflammation in type 2 diabetes / Diabetes Metab. Res. Rev. — 2010. — No6, Vol.26. — P. 496–502.
12. Hofbauer LC, Schoppert M: Clinical implications of the osteoprotegerin/RANKL/RANK system for bone and vascular diseases. JAMA 2004, 292:490–495.
13. Jones D.H., Nakashima T., Sanchez O. H. et al. Regulation of cancer cell migration and bone metastasis by RANKL // Nature. — 2006. — Vol. 440. — P. 692–696.
14. Lee J. A., Jung J. S., Kim D. H. et al. RANKL expression is related to treatment outcome of patients with localized, high-grade osteosarcoma // Pediatr. Blood Cancer. — 2011. — Vol. 56(5). — P. 738–743.
15. Min H., Morony S., Sarosi I. et al. Osteoprotegerin reverses osteoporosis by inhibiting endosteal osteoclasts and prevents vascular calcification by blocking a process resembling osteoclastogenesis // J. Exp. Med. — 2000. — Vol. 192. — P. 463–474.
16. Roodman G.D., Dougall W. C. RANK ligand as a therapeutic target for bone metastases and multiple myeloma // Cancer Treat. Rev. — 2008. — Vol. 34. — P. 92–101.

© Стрельников Евгений Валерьевич (kurtgirny@mail.ru), Слюсарь Николай Николаевич, Богатов Виктор Васильевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ТРУДНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ГЕРПЕТИЧЕСКОГО МЕНИНГОЭНЦЕФАЛИТА НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

DIFFICULTIES OF DIAGNOSTICS OF HERPETHENIC MENINGOENCEFALITE ON THE EXAMPLE OF A CLINICAL CASE

**L. Khasanova
V. Martynov**

Summary. The analysis of a clinical case of a patient with herpetic meningoencephalitis was carried out, which was observed for a long time in the late follow-up period of convalescence. The main difficulties of timely diagnosis, late appointment of etiotropic therapy, which leads to disabling complications and are the cause of adverse outcomes, are identified.

Keywords: Meningoencephalitis, herpetic infection, magnetic resonance imaging, complications of meningoencephalitis.

Хасанова Людмила Александровна

Ассистент, ФДПО ФГБОУ ВО Ряз.ГМУ им. акад.
И. П. Павлова Министерства здравоохранения РФ.
lyudmila-khasanova@mail.ru

Мартынов Владимир Александрович

Д.м.н., профессор, ФДПО ФГБОУ ВО Ряз.ГМУ им. акад.
И. П. Павлова Министерства здравоохранения РФ.

Аннотация. Проведен анализ клинического случая пациентки с герпетическим менингоэнцефалитом, которая длительно наблюдалась в позднем катамнестическом периоде реконвалесценции. Выявлены основные трудности своевременной диагностики, поздним назначением этиотропной терапии, что приводит к инвалидизирующим осложнениям и являются причиной неблагоприятных исходов.

Ключевые слова: Менингоэнцефалит, герпетическая инфекция, магнитно-резонансная томография, осложнения менингоэнцефалитов.

Введение

Энцефалиты — одни из распространенных и тяжелых видов нейроинфекций. Ведущее место в структуре вирусных энцефалитов занимают поражения герпетической природы [1, 2]. Наиболее распространенной формой считается острый менингоэнцефалит с поражением передних отделов головного мозга [4]. Высокая летальность и тяжелые осложнения со стороны нервной и психической сферы у перенесших заболевание заставляет обращать на эту форму энцефалита еще большее внимание.

Цель

Повышение уровня диагностики на основе анализа клинического случая герпетического менингоэнцефалита.

Материалы и методы

Больная П. 20 лет, поступила в инфекционное отделение 5.03.16 с диагнозом: острый серозный менингит неуточненной этиологии. Заболела остро, за неделю до поступления обращалась к неврологу с жалобами на головную боль на фоне нормальной температуры. Был назначен внутримышечно мексидол и никотиновая кислота. 2.03.16 повысилась температура до 37,2–37,3 °С. 4.03.16 сделана МРТ (магнитно-резонансная томография) головного мозга — патологии не обнаружено. 5.03.16 самостоятельно обратилась в приемный покой инфекционного отделения. Была госпитализирована.

Состояние больной в стационаре оценено как средней тяжести. В сознании, вялая, адинамичная. Ригидности затылочных мышц нет. Симптомы Кернига, Брудзинского отрицательные. Очаговой неврологической симптоматики нет. При анализе ликвора выявлено снижение содержания белка 0,066 г/л, цитоз 682 клеток с преобладанием лимфоцитов 96%. Проводилась антибиотикотерапия и патогенетическая терапия с целью дегидратации, дезинтоксикации, десенсибилизации. На фоне лечения сохраняется повышенная температура до 38 °С, головная боль. Появляется рвота, тошнота и 7.03.16 — эпизод потери сознания, судороги генерализованного характера, менингеальные знаки (ригидность затылочных мышц +2 п/п, симптом Кернига положительный). Переведена в отделение реанимации. Повторный анализ ликвора от 9.03.16: нарастание лимфоцитарного плеоцитоза до 968 клеток, белок 0,132 г/л. При повторной нейровизуализации головного мозга от 10.03.16 определяется классическая картина проявления герпетического энцефалита, латеральная дислокация головного мозга (рисунки 1, 2).

Выставлен диагноз: Острый менингоэнцефалит предположительно герпетической этиологии с массивным двусторонним поражением височных долей (по данным МРТ); тяжелое течение; с развитием сопора, генерализованного судорожного приступа, умеренными когнитивными нарушениями; острый период; фаза прогрессирования.

Добавлена этиотропная терапия с внутривенным введением ацикловира 500 мг 3 раза в день. С 12.03.16 отмечается положительная динамика. 14.03.16 получен

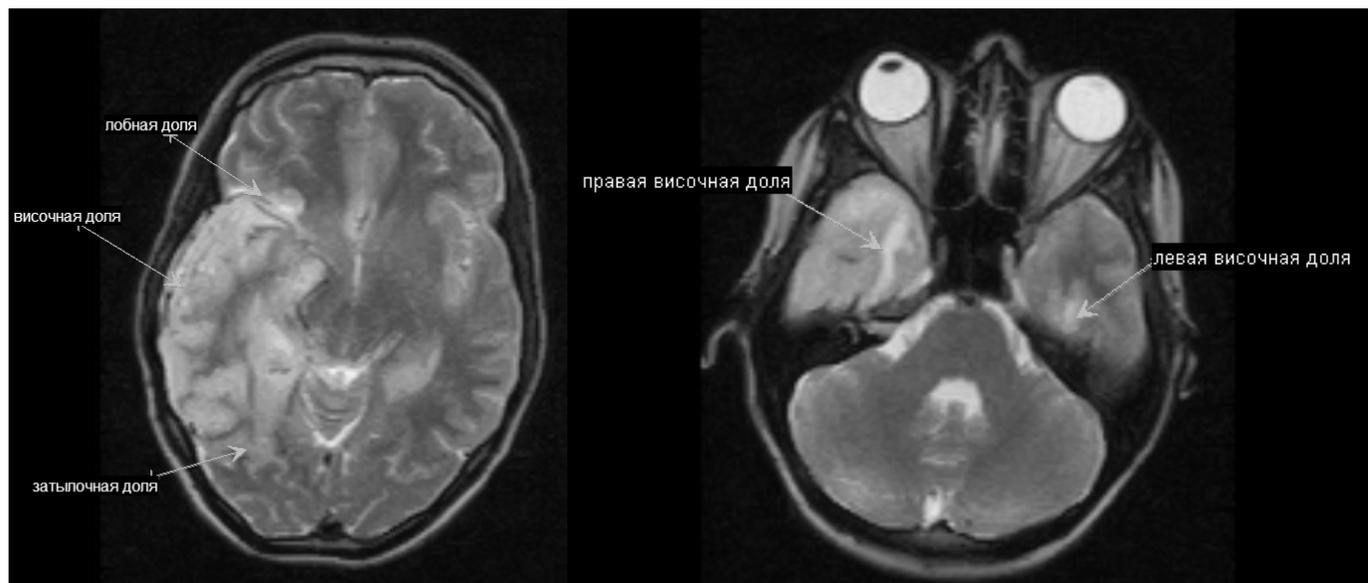


Рис. 1. Герпетическое поражение вещества головного мозга больной П

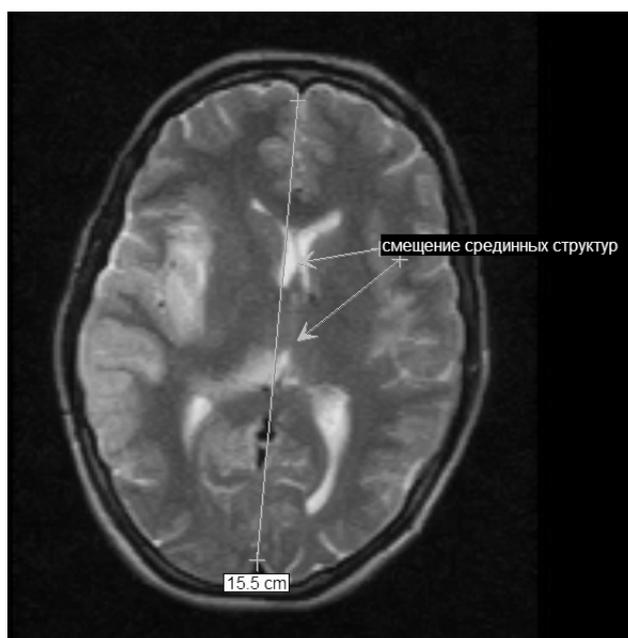


Рис. 2. Герпетическое поражение вещества головного мозга больной П. со смещением срединных структур

анализ на антитела к вирусам простого герпеса 1,2 типов IgG 1/1280, IgM-отрицательны; к цитомегаловирусу IgG 1/3200, IgM-отрицательны. Анализ ликвора от 22.03.11: цитоз 88 клеток, белок 0,165 г/л. 25.03.16 переведена в инфекционное отделение. Проведено дополнительное исследование когнитивных функций: тест MMSE, тест Лурии, таблицы Шульте, тест Векслера. Выявлены нарушения когнитивных функций в виде резкого снижения кратковременной памяти и памяти на текущие события,

что соответствует зонам поражения височных отделов коры головного мозга.

Результаты

Больная выписана в удовлетворительном состоянии. Сохраняются когнитивные мнестические расстройства. Картина МРТ головного мозга от 30.03.16 — начало формирования зон поствоспалительных

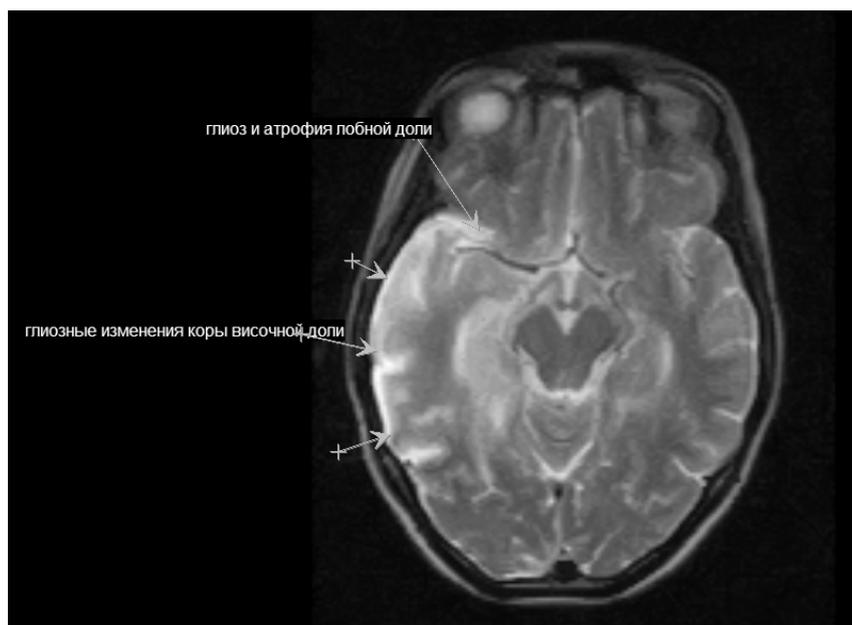


Рис. 3. Атрофические изменения вещества головного мозга после герпетического менингоэнцефалита у больного П.

глиозно-атрофических изменений вещества головного мозга (рисунок 3).

Через месяц после выписки из стационара больная дополнительно обследована. На акустических стволовых вызванных потенциалах от 25.04.16 умеренное нарушение функции по периферическому типу на медуллопонтинном уровне с обеих сторон. На транскраниальном триплексном сканировании сосудов головного мозга от 26.04.16 зарегистрировано значительное повышение скоростных показателей и снижение индексов сопротивлений во всех сосудах головного мозга, с преобладанием патологии по переднемозговым артериям и венам Розенталя с затруднением венозного оттока.

В процессе длительного катамнестического наблюдения больная частично клинически реабилитировалась за 2 года после перенесенного заболевания.

ВЫВОДЫ

МРТ головного мозга является одним из основных методов для диагностики и дифференциальной диагностики менингоэнцефалитов. При подозрении на герпетическую природу энцефалита с первых часов рекомендовано назначение ацикловира для предотвращения возникновения тяжелых когнитивных инвалидирующих осложнений.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Венгеров Ю. А. Менингиты // Лечащий врач. — 1999. — № 2. — С.3.
2. Лобзин Ю. В. Менингиты и энцефалиты. — СПб: Фолиант, 2003.
3. Магнитно-резонансная томография головного мозга. Нормальная анатомия [Текст]: атлас / [Науч. — произв. фирма «Аз»]; сост. А. А. Баев [и др.]. — М.: Медицина, 2000. — 128 с.
4. Сорокина М.Н., Безух С. М. Поражения нервной системы при герпетической инфекции. / М. Н. Сорокина, С. М. Безух — СПб., 1996. — 35 с.
5. Труфанов Г. Е. Норма КТ и МРТ изображений головного мозга и позвоночника. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2014. С. 7–100.
6. Llacer J.M.M. Meningitis por virus varicela zoster y neuralgia trigeminal oftalmica, sin lesiones cutaneas, en una mujer inmunocompetente / J.M.M. Llacer, R. P. Farriols; S.J.P. Perez, et al. // Med. clin. — 1998. V. 6. P. 238239
7. Marstrand J.R., Garde E., Rostrup E., Ring P., Rosenbaum S., Mortensen E. L., et al. Cerebral perfusion and cerebrovascular reactivity are reduced in white matter hyperintensities. Stroke. 2002;33:972–976.

ЛЕЧЕНИЕ СИНДРОМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ МЕТАТАРЗАЛГИИ

SYNDROME TREATMENT
CENTRAL METATARSALGIA

V. Cherencov
A. Tadzh
V. Procko
S. Tamoev

Summary. The aim of our study was to compare treatment outcomes of metatarsalgia using a modified Helal osteotomy for diaphyseal and distal mini-invasive osteotomy (DMMO). 69 patients were divided into two groups: 30 patients underwent surgery Helal, 39 — DMMO. Complex multi-plane deformation of the Central finger was observed in 12 patients (40%) in the group with Helal and 10 (26%) in the group DMMO. It was shown that despite high patient satisfaction with treatment in both groups (97 and 82%, respectively), patients in group DMMO longer swelling of the operated foot and the phenomenon of residual metatarsalgia. In addition, the method Helal was more reliable for the relief of symptoms of metatarsalgia in cases of pronounced multiplanar deformities of the toes: after 12 months the results were satisfactory in 92% of patients in the group with Helal and only 30% in the group DMMO. When performing x-ray control after 3 months the fusion was not detected in a significantly greater number of patients in the group DMMO (54% vs 7%), 12 months after the data became comparable in both groups. The results of this study led us to the restriction of indications for use DMMO in complex multiplanar deformities of the Central fingers; it was shown that modified osteotomy for Helal allows to expect a more reliable result. The role of the DMMO is the lead for the relief of the phenomena isolated metatarsalgia under a single metatarsal bone, and metatarsalgia expressed without rigid deformities of the fingers.

Keywords: metatarsalgia, at the Helal osteotomy, distal diaphyseal osteotomy minimally invasive, percutaneous foot surgery, Podiatry.

Черевцов Виталий Николаевич
Врач травматолог-ортопед,
МБУЗ ГКБ№ 3 г. Краснодар,
issled@list.ru

Тадж Артур Артемович
Аспирант, РУДН

Процко Виктор Геннадьевич
К.м.н., доцент, РУДН; ГБУЗ
«ГКБ№ 7 им С. С. Юдина ДЗМ» г. Москва

Тамоев Саргон Константинович
К.м.н., врач травматолог-ортопед,
ГБУЗ «ГКБ№ 7 им С. С. Юдина ДЗМ» г. Москва

Аннотация. Целью нашего исследования явилось сравнение результатов лечения метатарзалгии с помощью модифицированной остеотомии по Helal и дистальной миниинвазивной диафизарной остеотомии (DMMO). 69 пациентов были разделены на две группы: 30 пациентам была проведена операция по Helal, 39 — DMMO. Сложные многоплоскостные деформации центральных пальцев наблюдались у 12 человек (40%) в группе Helal и у 10 человек (26%) в группе DMMO. Было показано, что несмотря на высокую удовлетворенность пациентов лечением в обеих группах (97 и 82% соответственно), у пациентов в группе DMMO дольше сохранялся отек оперированной стопы и явления остаточной метатарзалгии. Кроме того, методика Helal была более надежной для купирования явлений метатарзалгии в случаях выраженных многоплоскостных деформаций пальцев стопы: спустя 12 месяцев результаты были удовлетворительны у 92% пациентов в группе Helal и лишь у 30% в группе DMMO. При проведении рентгенологического контроля спустя 3 месяца сращение не было обнаружено у достоверно большего числа пациентов в группе DMMO (54% против 7%), спустя 12 месяцев данные стали сопоставимы в обеих группах. Результаты данного исследования привели нас к сужению показаний для использования DMMO при сложных многоплоскостных деформациях центральных пальцев; было показано, что модифицированная остеотомия по Helal позволяет ожидать более надежный результат. Роль DMMO является ведущей для купирования явлений изолированной метатарзалгии под единственной плюсневой костью, а также метатарзалгии без выраженных ригидных деформаций пальцев.

Ключевые слова: метатарзалгия, остеотомия по Helal, дистальная миниинвазивная диафизарная остеотомия, чрескожная хирургия стопы, подология.

Сравнение 69 случаев лечения центральной метатарзалгии под 2,3 плюсневыми костями посредством техник DMMO и модифицированной остеотомии по Helal.

Краткое изложение

Модифицированная остеотомия по Helal с внутренней фиксацией является современной операцией, которая позволяет осуществить управляемое смещение головок плюсневых костей; целью является устранение депрессии и патологической позиции головок централь-

ной плюсны при синдроме центральной метатарзалгии. Модифицированная остеотомия по Helal является надежной, но довольно травматичной процедурой, требующей внутрисуставного вмешательства на плюснефаланговом суставе, что приводит у 10–20% пациентов к контрактурам и/или тугоподвижности плюснефаланговых суставов, но позволяет прогнозируемо купировать явления центральной метатарзалгии.

Напротив, DMMO (дистальная миниинвазивная диафизарная остеотомия) является внесуставной техникой. Длина и плюсневой кости и позиция ее головки уста-

навливается под нагрузкой весом автоматически, что не всегда может быть достаточным для исключения плантарной депрессии.

Целью этого исследования было сравнение этих двух методов по способности купированию клинических проявлений центральной метатарзалгии.

В статистическую выборку включены пациенты, у которых выполнялись остеотомии до 3 х малых плюсневых костей (2–3, 2–3–4). При изолированной метатарзалгии единственной плюсневой кости приоритет оставался за ДММО. При необходимости выполнения дополнительной остеотомии 4 плюсневой кости одновременно с остеотомиями 2,3 по Helal приоритет оставался за ДММО.

Группа 1 состояла из 30 пациентов, оперированных по методике модифицированной остеотомии по Helal.

Группа 2- большая часть пациентов –39 пациентов выполнены остеотомии ДММО.

Возраст пол и процедуры были сопоставимы для обеих групп. У большинства пациентов одновременно проводилась хирургическая коррекция недостаточности 1 плюсневой кости (SCARF, либо SD остеотомия). В случае проведения операций на обеих стопах учитывая симметричность патологии на одной стопе выполнялась ДММО, а на другой модифицированная остеотомия по Helal.

Всем пациентам перед операцией была проведена плантография, а также предоперационная оценка по шкале AOFAS. Результат лечения оценивался через год после операции.

Средняя послеоперационная оценка в группе 1 была 85,3 баллов по шкале AOFAS, купирование метатарзалгии 96%, в группе 2 (ДММО) послеоперационная оценка была равна 82,5 баллов, но степень купирования метатарзалгии составляла 82% (у 7 пациентов сохранялись клинические проявления метатарзалгии). Отеки были сопоставимы при последнем наблюдении в каждой из групп. Случаев несращения ни в одной из групп не наблюдалось. Выраженной тугоподвижности при последнем осмотре (через год после операции) в обеих группах также не наблюдалось.

Введение

Метатарзалгия это общий термин, который объединяет симптомы и состояния, проявляющихся болью в переднем отделе стопы под головками центральных плюсневых костей[1,2]. Эта проблема часто вторична,

так как может возникать из-за дефицита функции первой плюсневой кости, вследствие которого и происходит перегрузка головок «центральной» плюсны [3,4]. Первой линией помощи для данного патологического состояния является неоперативное лечение- ортезирование стопы индивидуальными стельками-ортезами. Если ортезы не обеспечивают достаточное снижение интенсивности болевого синдрома, необходимо оперативное лечение [5,6]. В литературе описаны различные хирургические подходы, направленные на уменьшение болевого синдрома и повышение функциональной активности пациентов [7–10]. Хирургические процедуры могут выполняться на малых лучах как изолированно, так и в сочетании с хирургическим лечением недостаточности первой плюсны. Тактика лечения основывалась на клиническом осмотре пациентов и предоперационной рентгенографии. Предоперационный план составлялся на основе клинического осмотра пациентов, предоперационной радиографии, а также плантографии. После проведения нагрузочной рентгенографии в передне-задней проекции. Предоперационное планирование привязывалось к коррекции длин плюсневых костей, а также при клиническом осмотре определялись показания к изменению положения головок «центральной» плюсны в тыльно-подошвенной плоскости.

Использовались как методы лечения, являющиеся стандартами в хирургии центральной плюсны- ДММО[11–13], так и сравнительно новые методики- модифицированная остеотомия по Helal [14–19]. Недостатком чрескожных методик является недостаточная управляемость коррекции, а также проблемы устранения сложных ригидных многоплоскостных деформаций стоп. Напротив, открытые методики позволяют устранить депрессию головок центральной плюсны, управляемо устранить ригидные деформации, ригидные вывихи пальцев, но при этом возрастает риск возникновения контрактуры, так как по сути производится внутрисуставное вмешательство.

Цель данного ретроспективного исследования — сравнить степень купирования явлений центральной метатарзалгии у групп людей которым проводились вышеперечисленные процедуры.

Материалы и методы

Критерии включения: показаниям к проведению какого-либо вида остеотомии была метатарзалгия с наличием или отсутствием деформации пальца (молоткообразный палец). У пациентов с метатарзалгией выполнялся тот или иной вид дистальной остеотомии 2–4 плюсневой кости. Данное ретроспективное исследование проведено среди пациентов МБУЗ ГКБ№ 3 г Краснодар в 2015–2016 году. Техника остеотомии у конкретного

Таблица 1. Основные характеристики исследуемой популяции

	Группа 1 (Helal) 30 человек	Группа 2 (dmmo) 39 человек
Средний возраст	43 года (32–73)	48 лет (35–72)
Мужчины\женщины	2\28	3\36
Средняя преоперационная оценка AOFAS	45	49
Хирургические вмешательства на 1 пальце	Scarf: 25 SD: 3 Артродез: 0	Scarf 35 SD: 0 Артродез: 4
Сложные деформации центральных пальцев (коготь)	12	10



Рис. 1. Вид стоп на операционном столе после проведенных остеотомий Helal 2,3 DMMO 4 слева, DMMO 2,3,4 справа.

пациента выбиралась случайно, примерно половина случаев чрескожных, другая часть открытые операции. Большинство выполненных остеотомий выполнялось симультантно с хирургией 1 луча (SCARF, SD, Артродез 1 пфс).

Если требовалась остеотомия единственной центральной плюсневой кости, либо дополнительная к открытому вмешательству (модифицированный Helal) остеотомия 4 плюсневой кости с целью ее укорочения предпочтение отдавалось чрескожному вмешательству, это были два исключения в выборе.

Преоперационное планирование осуществлялось после мануального осмотра, данных плантографии и рентгеновского исследования. После данных исследований определялся порядок и количество остеотомируемых костей. Процедура на первой плюсневой кости завершалась после коррекции «центральных» плюсневых костей

В исследование включено 69 пациентов, которые были разделены на две группы

Группа 1 выборка пациентов (30 пациентов) оперированных по Helal, пациентам проводились остеотомии от двух до трех центральных плюсневых костей (Helal 2–3 Helal 2–3 dmmo4)

Группа 2-выборка пациентов (39 пациентов) которые оперированы при помощи dmmo. Пациентам этой группы также проводились остеотомии от одной до трех центральных плюсневых костей (dmmo 2, dmmo2–3, dmmo 2–3–4).

Разделения по возрасту, половой принадлежности в группах не было.

В области шейки плюсневой кости осуществлялся распил близкий к поперечному длиннику плюсневой кости. Распил проводился возвратно-поступающими движениями насадки бура от подошвенно-медиального к тыльно-латеральному. Остеотомия завершалась циркулярным проходом буром зоны распила. Далее осуществлялся мануальный контроль проведенного распила, и проводилось необходимое смещение головки плюсны. Кожный доступ либо не закрывался, либо

закрывался нерассасывающимися нитями. Никакой внутренней фиксации не использовалось.

В области шейки плюсневой кости осуществлялся распил близкий к поперечному длиннику плюсневой кости. Распил проводился возвратно-поступающими движениями насадки бура от подошвенно-медиального к тыльно-латеральному. Остеотомия завершалась циркулярным проходом буром зоны распила. Далее осуществлялся мануальный контроль проведенного распила, и проводилось необходимое смещение головки плюсны. Кожный доступ либо не закрывался, либо закрывался нерассасывающимися нитями. Никакой внутренней фиксации не использовалось.

Для всех стоп с проведенными процедурами нефиксируемых остеотомий в послеоперационный период в течении трех дней осуществлялись перевязки, на этот период пальцы были фиксированы межпальцевыми тампонами, далее, для стабилизации плюсне-фаланговых суставов накладывались тейповые повязки до 14 суток, на 14 сутки снимались швы, и повторно накладывались тейповые повязки, фиксация которыми продолжалась до общего срока 28 суток после операции. Рекомендовался режим мгновенной нагрузки весом в послеоперационном периоде в обуви с ригидной подошвой.

Срок нахождения больного в стационаре диктовался необходимостью выполнения перевязок зоны остеотомии первой плюсны и составлял от 2–4 суток.

Модифицированная остеотомия по Helal

Модифицированная остеотомия по Helal также осуществлялась до внутренней фиксации остеотомии 1 плюсневой кости. Необходимый инструмент включал в себя наличие стандартных хирургических скальпелей, силового оборудования аналогичного для работы на 1 плюсневой кости и винтов БКС размерами от 18–22 мм диаметром 2,5 мм. С целью обескровливания операционного поля использовался турникет.

Для остеотомии Helal выполнялся тыльный доступ в зоне 2 межплюсневого промежутка.

Сухожилия разгибателей отводились в сторону, каждый плюснефаланговый сустав выделялся, коллатеральные связки оставляли нетронутыми. В осуществлялся поперечный распил плюсневой кости в зоне метадиафиза, в случае необходимости, для укорочения плюсневой кости, осуществлялась резекция метадиафизарной костной щепки, а также косо резецировался выступающий костный фрагмент плантар-

ной зоны укороченного диафиза для профилактики возможного давления в области подошвы. Головка плюсны выводилась в положение соответствующее положению коррекции пальца, по направляющей спице осуществлялась стабильная внутренняя фиксация винтом БКС. Удлинение сухожилия длинного разгибателя проводилось в случае наличия либо трудно устранимой дислокации пальца, либо ригидного вывиха основания пальца (в сочетании с укорочением плюсневой кости).

Внешняя фиксация биндом не проводилась. Рекомендовался режим мгновенной нагрузки весом в послеоперационном периоде в обуви с ригидной подошвой. Осуществлялись перевязки в течении 3–6 суток, больные выписывались из стационара на 3–6 сутки после операции.

Результаты

Все 69 пациентов были опрошены через 12 месяцев после проведенного оперативного лечения. Из первоначально включенных 74 пациентов 5 не пришло на окончательную явку, они были исключены из статистического анализа.

Осложнения

В 1 случае после ДММО у больной ревматоидным полиартритом возникло замедленное закрытие раны (4 недели), в дальнейшем купированное антибактериальной терапией, перевязками.

В 4 случаях после остеотомии ДММО Возникли рецидивы молоткообразной деформации пальцев, в данном исследовании не освещены.

После остеотомии по Helal в раннем периоде отмечалось возникновение отеков, фликтен кожи, что, возможно связано с ранней послеоперационной нагрузкой, и купировалось к 2 неделям после операции.

На последнем осмотре через год никаких явлений послеоперационного болевого регионарного синдрома (остаточный отек, послеоперационные боли) не отмечено ни в одной из групп не отмечено.

Клиническая и функциональная оценка

Оценка пациентов проводилась по шкале AOFAS в группе 1 она составила 85.3 в группе 2 82.5. В группе 1–29 пациентов, в группе 2 32 пациента были удовлетворены результатами лечения (купирование явлений метатарзалгии).



Рис. 2. Клинический пример результата после остеотомии dmto слева интраоперационный снимок справа 6 месяцев после операции.

Таблица 2. Остаточные послеоперационные проблемы в послеоперационном периоде 3 месяца

	Группа 1 (Helal) 30 человек	Группа 2 (dmto) 39 человек
Остаточный отек	8 (26%)	26(66%)
Остаточная метатарзалгия	2 (7%)	15 (38%)

Таблица 3. Остаточные послеоперационные проблемы в позднем послеоперационном периоде 12 месяцев

	Группа 1 (Helal) 30 человек	Группа 2 (dmto) 39 человек
Остаточный отек	0 (0%)	0 (0%)
Остаточная метатарзалгия	1 (4%)	7 (18%)

Таблица 4. Объем движений в плюснефаланговых суставах

	Группа 1 (Helal) 30 человек	Группа 2 (dmto) 39 человек
Нормальный (более 70 град)	17 (56%)	26 (66%)
Умеренное снижение объема движений (30–70 градусов)	20 (41%)	7 (18%)
Значительное снижение (менее 30 градусов)	1(3%)	0(0%)

Таблица 5. Купирование явлений метатарзалгии в группах со сложными многоплоскостными деформациями центральных пальцев типа коготь.

	Группа 1 (Helal) 12 человек	Группа 2 (dmto) 10 человек
Через 3 месяца	11(92%)	1 (10%)
Через 12 месяцев	11(92%)	3(30%)

Все пациенты отмечали изменение характера болевого синдрома после проведенного лечения.

Во время явки 3 месяца после оперативного лечения в группе dmto сохранялись значительные отеки, явления остаточной метатарзалгии,

Также сохранялся болевой синдром — 15 пациентов. В группе 1 болевой синдром сохранялся у 2 пациентов. Во время последнего наблюдения (12 мес.) не было отмечено разницы в наличии отека в обеих группах. У 7 больных со сложными ригидными деформациями сохранялась остаточная метатарзалгия в группе 2 (12 мес.).

При отсутствии у пациентов сложных ригидных деформаций данные оказались сопоставимы в обеих группах. При клинической оценке объема движений существенной разницы в обеих группах замечено не было (табл.4).

Радиологическая оценка=

Все стопы с проведенными процедурами (dmmo модифицированный helal) были подвергнуты рентгенографическому исследованию во время явок. Время рентгенологического сращения было заметно больше — до 6 мес и более в группе dmmo. В группе helal лишь в 2 случаях не наблюдалось сращение при исследовании 3 месяца. В Группе dmmo убедительного сращения на явке 3 месяца наблюдалось у 21 пациента. Во время последней явки 12 месяцев данные оказались сопоставимы в обеих группах.

Выводы

1. Отдаленные результаты DMMO для лечения синдрома статической метатарзалгии в отдаленном послеоперационном периоде сопоставимы с результатами остеотомии Helal.

2. Послеоперационное выздоровление и некомфортный послеоперационный период более продолжительный после DMMO, в особенности из-за выраженных отеков и остаточной метатарзалгии.
3. Купирование явлений метатарзалгии при выраженных многоплоскостных деформациях пальцев выше в группе Helal, так как при остеотомии DMMO позиция головки устанавливается автоматически под нагрузкой, что может привести к несбалансированной послеоперационной морфологии- сохранению дисбаланса поперечного свода стопы, но тем не менее приводит к уменьшению явлений метатарзалгии.
4. Результаты данного исследования привели нас к сужению показаний для использования DMMO при сложных многоплоскостных деформациях центральных пальцев, и использования остеотомии Helal в модификации как процедуры с более надежным результатом.
5. Роль DMMO является ведущей в изолированных метатарзалгиях- под единственной плюсневой костью, а также метатарзалгии без выраженных ригидных деформаций пальцев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Giannestras, N. J. Shortening of the metatarsal shaft in the treatment of plantar keratosis: an end-result study // *J. Bone Joint Surg.* 1958; 40A:61–7.
2. Viladot, A., Sr. The metatarsals / Jahss, M.H. (ed.) // *Disorders of the Foot Ankle: Medical and Surgical Management, Ed. 2.* — Philadelphia, WB Saunders, 1991 — pp. 1229–1268.
3. Bitzan, P., Giurea, A., and Wanivenhaus, A. Plantar pressure distribution after resection of the metatarsal heads in rheumatoid arthritis // *Foot Ankle Int.* — 1997; 18:391–397.
4. Coughlin, M. J. Subluxation and dislocation of the second metatarsophalangeal joint // *Orthop. Clin. North Am.* 1989;20:53555.
5. Scanton, P.E., Jr. Metatarsalgia: a clinical review of diagnosis and management // *Foot Ankle* 1981; 1:229–234.
6. Harper, M. C. Dorsal closing wedge metatarsal osteotomy: a trigonometric analysis // *Foot Ankle* 1990; 10:303–305.
7. Barouk, L.S.: Weil head-neck oblique osteotomies: possibilities // Presented at Techniques of Osteotomies on the Forefoot, Bordeaux (France), October 20–22, 1994.
8. Cracchiolo, A. IIIrd, Kitaoka, H.B., and Leventen, E. O. Silicone implant arthroplasty for second metatarsophalangeal joint disorders with and without hallux valgus deformities // *Foot Ankle* 1988; 9:10–18.
9. DuVries, H. L. Dislocation of the toe [letter] // *J.A.M.A.* 1956; 160:726.
10. Leventen, E.O, and Pearson, S. W. Distal metatarsal osteotomy for intractable plantar keratosis // *Foot Ankle* 1990; 10:247–251.
11. Winson, I.G., Rawlinson, J., and Broughton, N. S. Treatment of metatarsalgia by sliding distal metatarsal osteotomy // *Foot Ankle* 1988; 9:2–6.
12. Yeo N.E., Loh B., Chen J.Y., Yew A. K., Ng S. Y. Comparison of early outcome of Weil osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy for lesser toe metatarsalgia // *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2016 Dec; 24(3):350–353.
13. Haque S., Kakwani R., Chadwick C., Davies M. B., Blundell C. M. Outcome of Minimally Invasive Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy (DMMO) for Lesser Toe Metatarsalgia // *Foot Ankle Int.* 2016 Jan; 37(1):58–63.
14. Helal, B. Metatarsal osteotomy for metatarsalgia // *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57B:187–192.
15. Helal, B., and Greiss, M. Telescoping osteotomy for pressure metatarsalgia // *J. Bone Joint Surg.* 1984; 66B:213–217.
16. Mulier, T., Dereymaeker, G., Victor, J., Stuer, P, and Fabry, G. Long-term functional results after the Helal osteotomy // *Foot Diseases* 1994; 1:69–77.
17. Schmidt, K., and Becker, W. Treatment of splay foot with the Helal metatarsal osteotomy // *Z. Orthop.* 1989; 127:322–325.
18. Trnka, H.J., Kabon, B., Zettl, R., Kaider, A., Salzer, M., and Ritschl, P. Helal metatarsal osteotomy for the treatment of metatarsalgia: a critical analysis of results // *Orthopedics* 1996; 19:457–461.
19. Winkler, H., and Kelaridis, T. Helal's metatarsal osteotomy: indication and technic with reference to shape and function of the foot // *Z. Orthop.* 1989; 127:556–560.

НАШИ АВТОРЫ

OUR AUTHORS

Ahmed N. — Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»
Aboroan1987@yahoo.com

Alisevich E. — Military Academy of communications named Marshal of the USSR S.M. Budyonny

Allakhverdyan A. — Moscow Regional Research and Clinical Institute
allakhverdyan@rambler.ru

Anipchenko N. — Moscow Regional Research and Clinical Institute
dottor.na@gmail.com

Bogatov V. — Doctor of medical Sciences, Professor, head of Department of surgical stomatology and facial surgery Iacusta of the TSMU Russian Ministry of health

Cherencov V. — The doctor the traumatologist-orthopedist of traumatology and orthopedics, MBUZ city clinical hospital№3, Krasnodar
issled@list.ru

Chumak B. — PhD in Medicine, Colonel, Medical Service Corps, Federal State budgetary educational institution of higher professional education «Military medical Academy named after S.M. Kirov» of the Ministry of defence of the Russian Federation
borchum07@yandex.ru

Dmitriev A. — Russian University of Transport (Moscow); Institute of Problems of Chemical Physics, RAS (Chernogolovka)
alex-dmitriev2005@yandex.ru

Gadan O. — Military Academy of communications named Marshal Of the USSR S.M. Budyonny
gadan_op@mail.ru

Gatina G. — «Dagestan State Medical University» of Ministry of health Russian Federation, Makhachkala
guzel-gatina@list.ru

Golubenko E. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Russian Ministry of Health (Sechenov University); Moscow
kate.akopova@yandex.ru

Grebennikova A. — Postgraduate student, Volgograd State Medical University
greben50@rambler.ru

Gubskiy O. — Military Institute of Physical Culture
oksanochka23932393@mail.ru

Hussain O. — Master, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Peoples' Friendship»
Eng.nano.oubai@gmail.com

Ivanov V. — PhD in Medicine, Captain Medical Service Corps, State scientific-research testing Institute of military medicine of the Ministry of defence of the Russian Federation
sea-89@yandex.ru

kharonov M. — Doctor of Medicine, Professor, Colonel, Medical Service Corps, Federal State budgetary educational institution of higher professional education «Military medical Academy named after S.M. Kirov» of the Ministry of defence of the Russian Federation
micjul11@yandex.ru

Khasanova L. — Assistant to department of infectious diseases with FDPO FGBOU infektologiya course IN Ryaz.GMU of the academician I.P. Pavlov of the Ministry of Health of the Russian Federation.
lyudmila-khasanova@mail.ru

Khokhlov S. — Assistant, Bauman Moscow State Technical University

Kononov Yu. — Candidate of Technical Sciences, Director, Information and Consulting Center «Master Class Consult»
yktom1@gmail.com

Korostelev A. — Anesthesiologist of the Republican hospital №2-Center of emergency medical care
Bezazaroff@inbox.ru

Le T. — The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications
letranduc.telecom@gmail.com

Liu Z. — Postgraduate student, Saint-Petersburg mining university
zifeng.liu@mail.ru

Martynov V. — Doctor of medical sciences, professor, the manager of department of infectious diseases with FDPO FGBOU infektologiya course

IN Ryaz.GMU of the academician I.P. Pavlov of the Ministry of Health of the Russian Federation

Muraya E. — Candidate of engineering sciences, assistant professor, Far Eastern State Transport University
elena_muray22@mail.ru

Orlova A. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Russian Ministry of Health (Sechenov University); Moscow

Ovezov A. — Moscow Regional Research and Clinical Institute
amolex@mail.ru

Palatkin V. — Master program, Astrakhan State University
palatkin_vv@list.ru

Petuhova N. — Postgraduate student, Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg
1natasha_91@mail.ru

Ponizovkin D. — Programmer, IT-Aces
denis.ponizovkin@gmail.com

Potapov A. — Doctor of Medicine, Ammosov North-Eastern Federal University
potapov-pav@mail.ru

Procko V. — Candidate of medical Sciences, associate Professor of the Department of traumatology and Orthopaedics, PFUR, GBUZ «city clinical hospital№7 named after S. S. Yudin DZM», Moscow

Pruss B. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Russia, Bryansk
prussbor@gmail.com

Pupkov K. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Cybernetics and Mechatronics, Faculty of Engineering, PFUR

Romanov V. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Russia, Bryansk
vromanov62@mail.ru

Silina E. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Russian Ministry of Health (Sechenov University); Moscow
silinaekaterina@mail.ru

Simonina O. — The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications
simonina@bk.ru

Skorikova S. — Bauman Moscow State Technical University

Slusar N. — Doctor of medical Sciences, Professor, Department of biochemistry with the course of clinical laboratory diagnostics FDPO of the TSMU Russian Ministry of health.

Stakheev I. — The Bonch-Bruevich Saint - Petersburg State University of Telecommunications
kisasig@yandex.ru

Statovskaia E. — Candidate of Medical Sciences, State budget institution of higher education «North-Western State Medical University named after I.I.Mechnikov» under the Ministry of Public Health and Social Affairs of the Russian Federation
elenastat22@mail.ru

Stolyarov A. — Postgraduate student, Volgograd State University
stolyarovalex@list.ru

Strelnikov E. — Physician maxillofacial surgeon, graduate of the Department of surgical dentistry and facial surgery Iacusta of the TSMU Russian Ministry of health
kurtgirny@mail.ru

Tadzh A. — Postgraduate of chair of traumatology and orthopedics of the University medical faculty

Tamoev S. — Candidate of medical Sciences, doctor traumatologist orthopedist, GBUZ «city clinical hospital№7 named after S. S. Yudin DZM», Moscow

Zabashita A. — Bauman Moscow State Technical University
orangealex25@gmail.com

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).