

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 5 2017 (МАЙ)

Учредитель журнала

Общество с ограниченной ответственностью

**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

### Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 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](mailto: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.

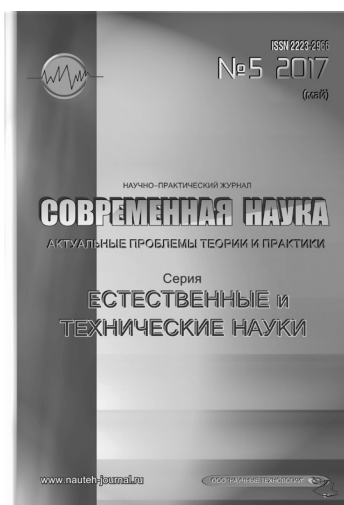
Свидетельство о регистрации

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 28.05.2016 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Зубкова В.М., Ханипова Э.Р., Сошенко М.В., Шмырев В.И.** — Биологические особенности овощных растений в накоплении тяжелых металлов  
*Zubkova V., Khanipova E., Soshenko M., Shmyrev V.* — Biological features of vegetable plants in the accumulation of heavy metals. .... 3

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Белалами С., Лиманов И.Я.** — Неразрушающий контроль деревянных опор ЛЭП методом свободных колебаний с применением RFID транспондеров  
*Belalami S., Limanov I.* — Non-destructive testing of wooden utility poles by the method of free oscillations with the use of RFID transponders. .... 9
- Иванов С.Н.** — Разработка методов повышения качества кварцевых резонаторов  
*Ivanov S.* — Development of methods to improve the quality of quartz resonators. .... 14
- Колобовникова Д. И., Майданюк Е. П., Петровский Э. А.** — Автоматизированная система управления гидравлической платформой при центровке валов приводов машин  
*Kolobovnikova D., Maidanyuk E., Petrovskiy E.* — Automating the process alignment the electric motor pump installation. .... 17
- Казмирук Ю.А.** — Получение импульсного сигнала с бытовых счетчиков воды не оборудованных импульсным выходом  
*Kazmiruk Yu.* — Obtaining a pulse signal from domestic water meters not equipped with a pulse output. .... 22
- Лепёшкин С.Н., Пукето М.М.** — Защищенный емкостной выключатель с цифровым интерфейсом  
*Lepeshkin S., Puketo M.* — Protected capacitive switch with digital interface. .... 26
- Лукша С.С.** — Метод комплексного сопоставления измерительной информации с лазерного сканирующего дальномера при перемещении мобильного робототехнического комплекса  
*Luksha S.* — Method for complex registration of measurement data from laser scanner during mobile robot movement. .... 31
- Черепанов А.Н., Тыщенко И.С., Попова М.А., Вахнин Д.О., Бочкарев Ю.В., Пестерев С.Н.** — Оптоэлектронный датчик профиля поверхности  
*Cherepanov A., Tyshchenko I., Popova M., Vakhnin D., Bockharev Yu., Pesterev S.* — Surface profile sensor. .... 36
- Ямпилев С.С., Полякова Л.Е., Воскресенская М.Л., Жигжитов А.О.** — Изучение уровня импеданса при лечении биологического объекта получившего ожог  
*Yampilov S., Polyakova L., Voskresenskaya M., Zhigzhitov A.* — A study of the impedance in the treatment of a biological object received a burn. .... 41

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Арунянц Г.Г., Воронин Т.А., Айрапетов С.А.** — Анализ и выбор среды программирования для построения комплекса автоматизированного формирования тарифов в сфере энергоснабжения региона

- Arunyants G., Voronin T., Ayrapetov S.* — The analysis and the choice of the programming environment for construction complex of the automated formation of tariffs in the sphere of power supply of the region. .... 46

- Гайнов А.Е., Заводцев И.В.** — Методика формирования значимого множества правил корреляции для выявления распределенных событий информационной безопасности  
*Gaynov A., Zavodtsev I.* — Methodology for forming a significant set of the rules of correlation to identify distributed events of information security. .... 53

- Густун О.Н., Бударагин Н.В.** — Модель жизненного цикла электронного учебного курса  
*Gustun O., Budaragin N.* — The lifecycle model of e-learning course. .... 62

- Романов В.А., Прусс Б.Н.** — Разработка программного обеспечения для определения объема выбросов вредных веществ при формировании лакокрасочных покрытий  
*Romanov V., Pruss B.* — Development of the software for definition of emissions of harmful substances during formation of paint-finishing coatings. .... 66

- Шелоник А.А., Смирнов А.С., Калистратов А.П., Колдобский В.И.** — Применение нейронных эхо-сетей для решения задачи прогнозирования временных рядов  
*Shelonik A., Smirnov A., Kalistratov A., Koldobskiy V.* — Application of echo state neural networks for time series forecasting. .... 70

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Бородулин А.В., Гуманенко Е.К., Ерофеев А.А., Родионов П.А.** — Травматические повреждения грудной аорты (обзорная статья)  
*Borodulin A., Gumanenko E., Erofeev A., Rodionov P.* — Traumatic injuries of the thoracic aorta (Review). .... 75

- Гатагажева З.М., Узденова З.Х., Гатагажева М.М., Сапралиева Д.О.** — Хронический эндометрит в практике акушера-гинеколога  
*Gatagazheva Z., Uzdenova Z., Gatagazheva M., Sapralieva D.* — Chronic endometritis in the practice of obstetrician-gynecologist. .... 79

- Кабалык М.** — Особенности формирования сердечно-сосудистой коморбидности у больных остеоартритом  
*Kabalyk M.* — Peculiarities of cardiovascular comorbidity in patients with osteoarthritis. .... 82

- Корягина Н.А., Мелехова О.Б., Наумов С.А., Другова М.А.** — Динамика показателей артериального давления в Пермском крае за пятилетний период с акцентом на гендерные особенности  
*Koriagina N., Melekhova O., Naumov S., Drugova M.* — Dynamics of arterial pressure indicators in the Perm region for the five-year period with accent to gender. .... 87

- Мелехова О.Б., Корягина Н.А., Наумов С.А., Пономарев С.А., Энгаус Р.Е., Онянов А.М., Лесников В.В., Малков А.Д.** — Работа главных специалистов Министерства здравоохранения Пермского края в борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями  
*Melekhova O., Koriagina N., Naumov S., Ponomarev S., Engaus R., Onaynov A., Lesnikov V., Malkov D.* — The work of the chief specialists of the Ministry of Health of the Perm region in the fight against cardiovascular diseases. .... 94

- Сметанин В.Н.** — Некоторые аспекты организации противоэпидемических мероприятий при инфекционных заболеваниях  
*Smetanin V.* — Some aspects of organization of preventive measures in infectious diseases. .... 98

## ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы. Our Authors. .... 101  
Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале. .... 102

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ В НАКОПЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

## BIOLOGICAL FEATURES OF VEGETABLE PLANTS IN THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS

**V. Zubkova**  
**E. Khanipova**  
**M. Soshenko**  
**V. Shmyrev**

*Summary.* The article represents the data of plants' chemical composition grown under the conditions of technogenic load. Plants differ from each other in their ability to accumulate heavy metals. The fluctuations in the elemental composition are related both to the type of a plant and to the concentration of heavy metals in the soil. According to the total accumulation of heavy metals per unit of a product of natural moisture, these plants can be ranged in the following decreasing sequence: onion > beet > garden radish > potato > carrot > cabbage.

*Keywords:* heavy metals, plants, soil, anthropogenic load, maximum permissible concentration.

**Зубкова Валентина Михайловна**

*Д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет (Москва)*  
vmzubkova@yandex.ru

**Ханипова Элина Ринатовна**

*Аспирант, Российский государственный социальный университет (Москва)*  
emolinka@mail.ru

**Сошенко Марина Владимировна**

*К.т.н., Российский государственный социальный университет (Москва)*  
soshenkomv@rgsu.net

**Шмырев Виктор Иванович**

*К.т.н., Российский государственный социальный университет (Москва)*  
shmyrevvi@rgsu.net

*Аннотация.* В статье приведены данные по химическому составу растений, выращенных в условиях техногенной нагрузки. Растения отличались по своей способности накапливать тяжелые металлы. Колебания элементного состава связаны как с видом растений, так и с концентрацией тяжелых металлов в почве. По суммарному накоплению тяжелых металлов на единицу продукции естественной влажности изучаемые растения можно расположить в следующий убывающий ряд: лук > свекла > редис > картофель > морковь > капуста.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, растения, почва, антропогенная нагрузка, предельно допустимая концентрация.

**В** настоящее время в нашей стране широко развито коллективное и индивидуальное огородничество. Овощи, столовые корнеплоды, картофель, различаясь между собой по ботаническим и физиологическим особенностям, характеру роста и развития, потребности в питательных элементах, содержанию углеводов, минеральных солей, витаминов, имеют исключительно большое значение для питания человека. При этом, характеризуясь высоким выносом элементов питания урожаями, они играют существенную роль в геохимическом круговороте, в том числе, в поступлении загрязняющих веществ в пищевые цепи [8].

Благодаря различным морфологическим и физиологическим свойствам огородные растения способны накапливать различные количества тяжелых металлов и проявлять различную устойчивость к их концентрации в почве [4].

Поэтому повышение продуктивности растениеводства, особенно овощеводства, должно быть неразрывно связано с контролем качества получаемой продукции.

Широкий диапазон колебаний тяжелых металлов (ТМ) в растениях обусловлен действием различных факторов, в том числе наличием геохимических аномалий, загрязнением, свойствами почв, способностью генотипа накапливать тот или иной элемент [7].

Целью наших исследований явилась агроэкологическая оценка овощных растений в накоплении ТМ, в том числе в условиях техногенной нагрузки на почву.

### Материалы и методы исследований

Агроэкологическое обследование почв и растений проведено в период с 2015 по 2016 гг. на приусадебных участках, расположенных на различном удалении от крупного промышленного центра города Стерлитамак Республики Башкортостан (с. Рошинский, д. Бугуруслановка, д. Максютово).

Главными антропогенными источниками загрязнения окружающей среды ТМ в районе исследований яв-

Таблица 1. Влияние биологических особенностей растений на накопление ими тяжелых металлов (основная продукция), мг/кг

Растение	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Mn
Картофель	0,02± 0,001	0,06± 0,008	2,41± 0,19	1,51± 0,051	0,24± 0,033	0,35± 0,041	1,39± 0,14
Морковь	0,01± 0,001	0,08± 0,005	1,96± 0,09	0,59± 0,043	0,17± 0,005	0,19± 0,008	2,43± 0,29
Свекла	0,02± 0,001	0,09± 0,003	2,82± 0,28	1,77± 0,16	0,15± 0,005	0,18± 0,003	2,29± 0,08
Редис	0,02± 0,002	0,15± 0,011	3,39± 0,22	0,67± 0,04	0,11± 0,009	0,11± 0,007	1,97± 0,17
Капуста	0,01± 0,001	0,14± 0,09	1,80± 0,17	0,87± 0,06	0,33± 0,021	0,22± 0,01	1,69± 0,13
Лук	0,03± 0,02	0,86± 0,06	6,18± 0,55	2,73± 0,18	1,00± 0,007	0,29± 0,031	1,99± 0,13
ПДК	0,03	0,5	10,0	5,0	0,5	0,2	-

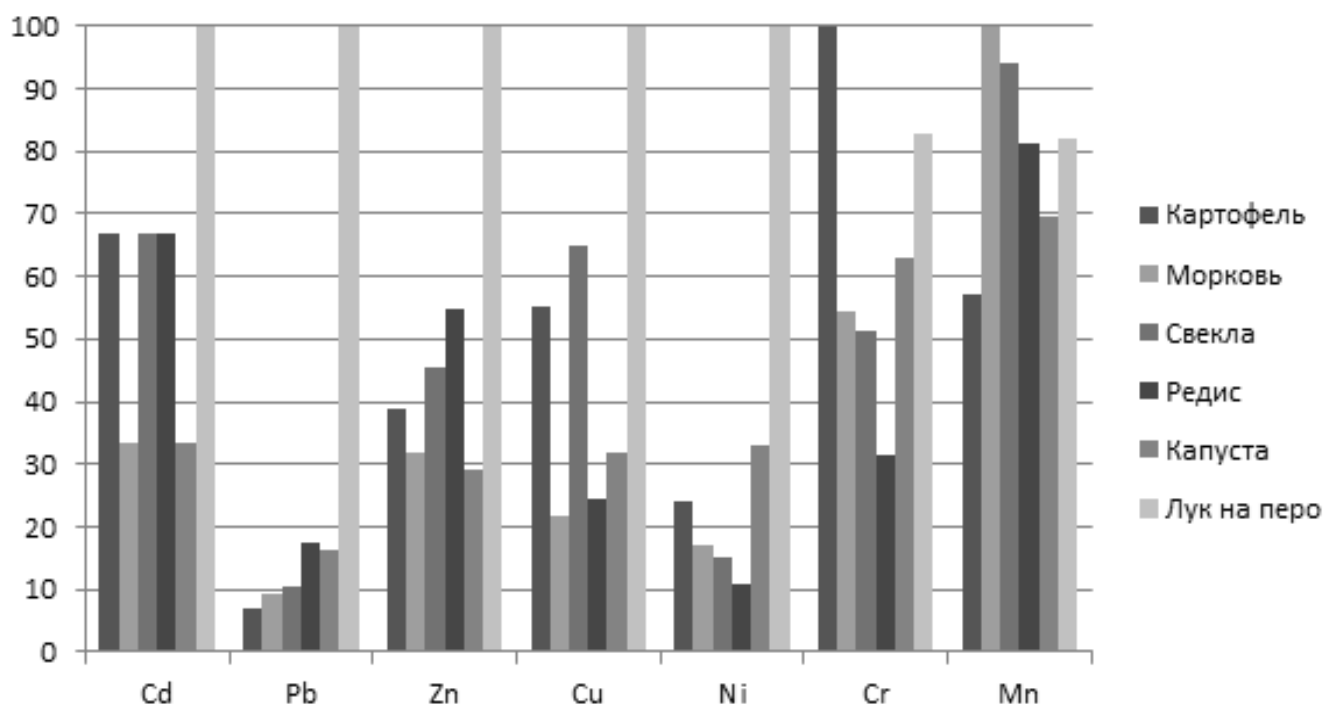


Рис. 1. Содержание ТМ в изучаемых растениях, % от максимального

ляются нефтехимическая промышленность (Hg, Zn, Cu, Cr, As), машиностроение (Pb, Zn, Ni, Cr), сельское хозяйство (Pb, Cd, Zn, As, Hg, Cr, Ni) [2].

Почва, на которой проводили исследования — выщелоченный чернозем тяжелосуглинистый со слабокислой реакцией среды (pH=5,1–5,5), содержанием гумуса 8–10%.

Отбор проб и определение содержания ТМ в почве и растениях осуществляли в соответствии с методическими указаниями по определению ТМ в почвах сельскохозяйственных и продуктивных растениеводств.

Подвижные и потенциально доступные формы ТМ извлекали из почвы соответственно ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 и 1 М азотной кислотой. Метод определения тяжелых металлов — атомно-абсорбционный.

Обработка результатов исследований осуществлена статистическими методами [3].

Погодные условия в годы проведения исследования в целом были благоприятными для возделывания овощных культур.

Таблица 2. Среднее содержание тяжелых металлов в побочной продукции, мг/кг

Растение	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Mn
Картофель	0,21± 0,01	0,05± 0,003	1,72± 0,16	0,58± 0,05	0,86± 0,07	0,85± 0,04	6,13± 0,44
Морковь	0,02± 0,001	0,62± 0,04	1,53± 0,11	1,09± 0,09	0,77± 0,05	0,42± 0,003	5,72± 0,36
Свекла	0,04± 0,001	0,93± 0,08	1,82± 0,15	2,07± 0,19	0,98± 0,09	0,26± 0,03	1,65± 0,18

Таблица 3. Среднее содержание тяжелых металлов в почве приусадебных участков, разноудаленных от источников загрязнения

Показатель	с. Рошинский	д. Бугуруслановка	д. Максютово	ПДК (ОДК)	Фоновое содержание
Cd	$\frac{0,27 \pm 0,01}{0,09 \pm 0,004}$	$\frac{0,27 \pm 0,01}{0,09 \pm 0,004}$	$\frac{0,29 \pm 0,01}{0,11 \pm 0,004}$	$\frac{3}{0,5}$	$\frac{0,07 \pm 0,003}{0,04 \pm 0,002}$
Pb	$\frac{13,55 \pm 0,81}{0,80 \pm 0,05}$	$\frac{14,59 \pm 0,88}{1,18 \pm 0,07}$	$\frac{23,56 \pm 1,41}{1,21 \pm 0,07}$	$\frac{125}{32}$	$\frac{6,29 \pm 0,38}{0,16 \pm 0,01}$
Zn	$\frac{73,36 \pm 4,40}{4,03 \pm 0,24}$	$\frac{83,25 \pm 4,99}{6,80 \pm 0,47}$	$\frac{86,39 \pm 5,18}{6,47 \pm 0,39}$	$\frac{500}{23}$	$\frac{41,86 \pm 2,51}{0,42 \pm 0,03}$
Cu	$\frac{29,74 \pm 1,49}{0,27 \pm 0,02}$	$\frac{23,78 \pm 1,19}{0,27 \pm 0,02}$	$\frac{26,32 \pm 1,32}{0,21 \pm 0,01}$	$\frac{200}{3}$	$\frac{19,20 \pm 0,96}{0,06 \pm 0,003}$
Ni	$\frac{69,19 \pm 4,84}{1,33 \pm 0,09}$	$\frac{72,84 \pm 5,10}{0,97 \pm 0,07}$	$\frac{71,47 \pm 5,00}{0,74 \pm 0,05}$	$\frac{150}{4}$	$\frac{35,86 \pm 2,51}{0,71 \pm 0,05}$
Cr	$\frac{151,50 \pm 4,55}{0,56 \pm 0,02}$	$\frac{114,18 \pm 3,43}{0,71 \pm 0,02}$	$\frac{123,23 \pm 3,70}{0,60 \pm 0,02}$	$\frac{250}{6}$	$\frac{79,95 \pm 2,40}{0,58 \pm 0,17}$
Mn	$\frac{531,16 \pm 5,31}{78,76 \pm 2,36}$	$\frac{474,67 \pm 4,74}{114,03 \pm 3,42}$	$\frac{475,14 \pm 4,75}{126,79 \pm 3,80}$	$\frac{1500}{700}$	$\frac{544,50 \pm 5,44}{70,53 \pm 2,12}$

\*В числителе — валовая, в знаменателе — подвижная формы тяжелых металлов

## Результаты исследований

Состояние здоровья человека во многом определяется экологической безопасностью пищевых продуктов. При производстве овощей необходимо контролировать, в первую очередь, такие показатели как остаточные количества пестицидов, содержание нитратов, ТМ.

Наши исследования, проведенные с культурами, отобранными на приусадебных участках, находящихся в зоне техногенной нагрузки, показали, что различные виды растений, принадлежащие к различным семействам, резко отличались по своей способности накапливать ТМ (таблица 1). Так, максимальное содержание Cd, Pb, Zn, Cu и Ni отмечено в луковичах лука, Cr — в картофеле, Mn — в моркови (рисунок 1).

По содержанию ТМ не вся растительная продукция являлась безопасной для человека. В моркови, свекле и редисе средние содержания всех изучаемых тяжелых металлов не превышали предельно допустимых концентраций (ПДК). В картофеле и капусте сверх ПДК накапливался Cr. Наиболее загрязненной оказалась товарная продукция лука. В ней превышены ПДК четырех токсичных элементов (рисунок 1).

По суммарному накоплению ТМ на единицу продукции естественной влажности изучаемые растения можно расположить в следующий убывающий ряд: лук > свекла > редис > картофель > морковь > капуста.

Исследуя содержание ТМ в органах накопления ассимилятов, можно отметить, что механизмы, препятствующие транспорту в них загрязнителей особенно действенны в отношении Cd у картофеля (содержание в ботве в 10 раз больше, чем в клубнях) и в отношении Pb — у свеклы и моркови (в ботве содержание ТМ больше, чем в корнеплодах в 10 и 8 раз соответственно).

Ni в ботве картофеля, моркови и свеклы накапливается 3,6; 4,5; 6,5, а Cr в 2,4; 2,5; 1,4 раза соответственно больше, чем в органах запаса ассимилятов (таблица 2). У картофеля не выявлено защитного действия по отношению к Pb и Cu при поступлении их в клубни, а Mn — в корнеплоды свеклы.

С практической точки зрения приведенные данные означают, что острота возникающих ситуаций в районах с загрязненными, но используемыми в сельском хозяйстве почвами, будет неодинаковой в зависимости от того, какая часть растения включается в пищевую цепь.

Таблица 4. Среднее содержание тяжелых металлов в некоторых видах растительного сырья, отобранных на приусадебных участках, мг/кг

Культура	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Mn
	ПДК, мг/кг						
	0,03	0,5	10,0	5,0	0,5	0,2	-
1-й участок (территория, прилегающая к с. Рошинский)							
Картофель	0,01± 0,001	0,01± 0,003	2,44± 0,15	0,48± 0,04	0,19± 0,01	0,39± 0,02	1,31± 0,15
Морковь	0,01± 0,001	0,06± 0,002	2,66± 0,21	0,73± 0,06	0,19± 0,02	0,15± 0,01	4,23± 0,40
Свекла	0,03± 0,002	0,06± 0,003	4,51± 0,19	0,84± 0,05	0,18± 0,02	0,17± 0,01	0,96± 0,08
Редис	0,02± 0,002	0,14± 0,01	3,37± 0,22	0,77± 0,05	0,11± 0,008	0,14± 0,009	1,90± 0,16
Капуста	0,06± 0,003	0,12± 0,01	5,51± 0,38	1,17± 0,11	0,37± 0,06	0,31± 0,03	1,96± 0,19
Лук на перо	0,02± 0,02	0,84± 0,07	6,10± 0,54	2,93± 0,20	0,91± 0,07	0,32± 0,03	1,95± 0,11
2-й участок (территория, прилегающая к д. Бугуруслановка)							
Картофель	0,02± 0,002	0,02± 0,002	2,31± 0,12	0,52± 0,05	0,27± 0,02	0,33± 0,02	1,37± 0,12
Морковь	0,01± 0,001	0,11± 0,01	1,96± 0,16	0,53± 0,05	0,13± 0,01	0,17± 0,01	2,44± 0,21
Свекла	0,02± 0,002	0,08± 0,006	5,13± 0,41	0,85± 0,06	0,11± 0,01	0,20± 0,02	4,52± 0,40
Редис	0,02± 0,002	0,17± 0,02	3,41± 0,22	0,65± 0,04	0,16± 0,01	0,12± 0,01	1,93± 0,15
Капуста	0,03± 0,001	0,09± 0,01	5,72± 0,40	0,75± 0,04	0,57± 0,008	0,22± 0,01	1,92± 0,08
Лук на перо	0,02± 0,02	0,89± 0,07	6,18± 0,51	2,63± 0,19	1,08± 0,08	0,27± 0,03	2,00± 0,15
3-й участок (территория, прилегающая к д. Максютово)							
Картофель	0,01± 0,001	0,14± 0,02	2,47± 0,19	0,45± 0,03	0,23± 0,02	0,33± 0,02	1,49± 0,13
Морковь	0,01± 0,001	0,05± 0,006	1,51± 0,14	0,52± 0,03	0,19± 0,01	0,25± 0,02	5,82± 0,48
Свекла	0,03± 0,003	0,10± 0,001	10,05± 1,23	0,73± 0,06	0,18± 0,01	0,19± 0,01	0,99± 0,08
Редис	0,02± 0,001	0,19± 0,01	3,49± 0,22	0,71± 0,06	0,12± 0,01	0,12± 0,01	1,97± 0,18
Капуста	0,07± 0,001	0,15± 0,01	5,82± 0,44	0,85± 0,04	0,39± 0,008	0,23± 0,01	1,95± 0,08
Лук на перо	0,03± 0,02	0,91± 0,07	6,38± 0,51	2,73± 0,18	1,03± 0,09	0,29± 0,031	1,99± 0,16

Вместе с тем, антропогенная нагрузка в изучаемом регионе такова, что загрязнение продукции всеми элементами можно рассматривать как незначительное, но достаточно стабильное. Помимо очевидных биогенов Zn, Cu, Mn в товарной части всех овощей обнаружены Cd, Pb, Ni, Cr.

Выделение нами трех участков разноудаленных от источников загрязнения показало неоднозначность в содержании тяжелых металлов в почве и растениях (таблица 3, рисунок 2) [6].

Определение коэффициентов концентрации валовых форм ТМ в почве показало, что на первом участке отмечено наибольшее превышения фоновых значений по Cu (в 1,6 раза) и Cr (в 1,9 раза), на втором — Ni (в 2 раза), на третьем — Pb, Cd и Zn (соответственно в 3,8; 4,1 и 2, раза). Наибольшим коэффициентом суммарного загрязнения по валовым формам характеризовался третий участок. При этом не выявлено превышений ПДК ни по одному из элементов.

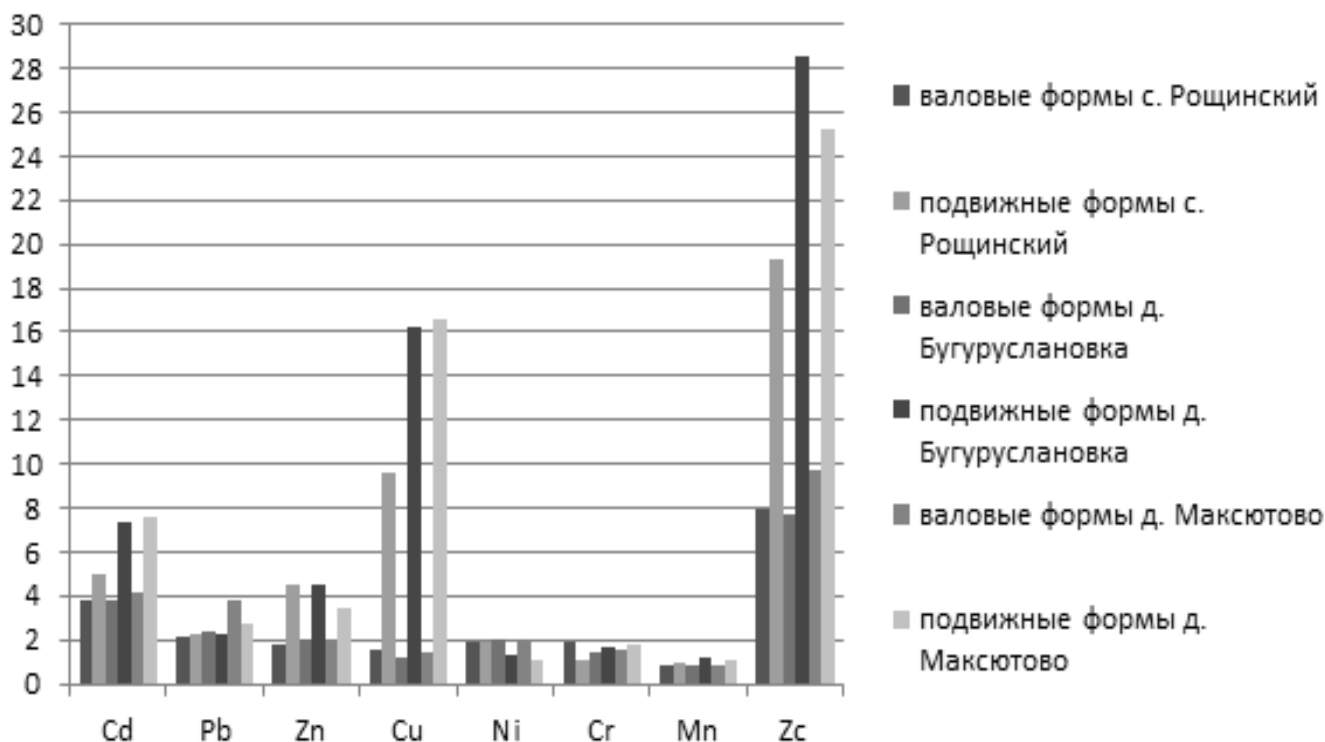


Рис. 2. Коэффициенты суммарного загрязнения почв опытных участков

Оценка уровня загрязнения почвы как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения по подвижным формам ТМ указывает на существенное превышение их концентраций по сравнению с фоновыми значениями: по Cd в 3,9–7,6; Pb — 2,3–2,8; Zn — 3,5–4,5; Cu — 9,6–16,6; Ni — 1,1–1,9; Cr — 1,1–1,8 раза.

Анализ распределения такого геохимического показателя как коэффициент суммарного загрязнения, указывая на пространственную структуру загрязнения изучаемых территорий, позволяет выделить зоны риска для здоровья населения как допустимую по содержанию валовых форм ТМ и умеренно опасную по содержанию подвижных форм.

Анализ растительной продукции на содержание ТМ свидетельствуют о том, что на всех участках капуста и картофель не являются безопасными по Cr. На втором участке капуста также небезопасна по Cd и Ni, третьем участке — по Cd (таблица 4).

Лук на всех участках загрязнен Pb и Cr, а на третьем участке еще Cd и Zn.

На втором участке корнеплоды свеклы загрязнены Cr, а на третьем Cd и Zn. В моркови на третьем участке превышены ПДК по Cr. В редисе все ТМ находятся в пределах ПДК.

Очевидно, что колебания элементного химического состава растений вызваны действием совокупности различных факторов в каждом конкретном случае. Условно эти факторы можно подразделить на три большие группы: генетические, экологические и возрастные [5].

Таким образом, приведенные данные позволяют оценить изучаемую территорию и получаемую на ней продукцию как умеренно опасную. Защита пищевых цепей от загрязнения ТМ может осуществляться посредством использования мощного адаптивного потенциала растений по устойчивости к эдафическим факторам среды [1]. Защита обеспечивается способностью растений за счет механизмов поглощения и нейтрализации ТМ накапливать относительно низкое их содержание в товарной части продукции.

Но даже при допустимых количествах ТМ в почвах в условиях антропогенной нагрузки необходим регулярный контроль за их содержанием в почвах и растениях, а также осуществление мероприятий, направленных на детоксикацию.

При критическом уровне содержания ТМ в почве и невозможности получения товарной продукции с их допустимым количеством необходимо провести на загрязненных почвах оценку продуктивности культур, используемых в качестве сырья в перерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсукова В. С. Физиолого-генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам. — Новосибирск, 1997. — 63 с.
2. Даукаев Р. А. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения тяжелыми металлами техногенных территорий Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.02.01/ Даукаев Рустем Аскарлович. — Мытищи, 2010. — 11 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
4. Еськов Е. К., Зубков Н. В., Зубкова В. М., Вытнов А. И. Миграция тяжелых металлов в трофических цепях агроценозов в условиях антропогенной нагрузки // Аграрная Россия. — 2012. — № 9. — С. 40–43.
5. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. — Новосибирск: Наука, 1985. — 129 с.
6. Ханипова Э. Р. Анализ валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах Стерлитамакского района // Материалы XXIV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2017», 2017, С. 152–153.
7. Черных Н. А., Овчаренко М. М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогенных ценозах. Учебное пособие. — М.: Агроконсалт, 2002. — 200 с.
8. Ягодина Б. А. Тяжелые металлы и здоровье человека // Химия в сельском хозяйстве. — 1995. — № 4. — С. 18–20.

© Зубкова Валентина Михайловна (vmzubkova@yandex.ru), Ханипова Элина Ринатовна (emolinka@mail.ru),

Сошенко Марина Владимировна (soshenkovm@rgsu.net), Шмырев Виктор Иванович (shmyrevvi@rgsu.net).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





## НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ДЕРЕВЯННЫХ ОПОР ЛЭП МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ RFID ТРАНСПОНДЕРОВ

### NON-DESTRUCTIVE TESTING OF WOODEN UTILITY POLES BY THE METHOD OF FREE OSCILLATIONS WITH THE USE OF RFID TRANSPONDERS

**S. Belalami  
I. Limanov**

*Summary.* In this article the authors discuss the problem of field inspection of utility wooden poles (electricity posts). The authors also describe their new acoustic method of utility poles testing (measurement of pole natural frequencies) and how the implementation of RFID tags can improve this new non-destructive method.

*Keywords:* non-destructive testing, diagnosis, inspection, wooden poles, posts, overhead lines, natural frequencies, RFID, tags.

**Белалами Салим**

Инженер ООО «ЭТС», аспирант, Национальный  
минерально-сырьевой университет (СПб)  
belalamis@mail.ru

**Лиманов Игорь Яковлевич**

Генеральный директор ООО «ЭТС»

*Аннотация.* В статье рассматривается новый метод контроля качества деревянных опор воздушных линий электропередач (ЛЭП) — методом свободных колебаний (измерение частот собственных колебаний). Описан опыт применения RFID технологии для маркировки опор ЛЭП путем внедрения электронных чипов в тело деревянных опор, и ее роль в повышении эффективности применения неразрушающего контроля опор ЛЭП методом измерения частот собственных колебаний опоры. Приведены основные выводы и преимущества внедрения RFID технологии для электронной паспортизации опор ЛЭП.

*Ключевые слова:* неразрушающий контроль, диагностика, осмотр, деревянные опоры, стойки, ЛЭП, частоты собственных колебаний, RFID, метки, транспондеры.

**В**недрение и применение современных методов неразрушающего контроля играет сегодня решающую роль в обеспечении промышленной безопасности и надежности электроснабжения. Это особенно важно в условиях продолжающегося физического и морального износа оборудования на ЛЭП и отсутствия, в ряде случаев средств на его замену и реконструкцию. Системы контроля являются одним из основных факторов, определяющих техническое состояние основных объектов ЛЭП, а также возможность и сроки их дальнейшей эксплуатации. Деревянные и железобетонные опоры являются одним из самых важных компонентов линии электропередачи (ЛЭП). Правильное и своевременное использование системы контроля в процессе изготовления, монтажа, ремонта и эксплуатации опор ЛЭП, позволяет предотвратить аварии и внеплановые остановки, что особенно важно для опасных производственных объектов, так как аварии на них наносят большой вред здоровью и жизни людей, окружающей среде и приводят к значительному материальному и моральному ущербу.

В настоящее время диагностика опор проводится преимущественно визуальными и инвазивными (разрушающие методы контроля) способами. Существующие современные методы контроля (например, ультразвуковые и инвазивные дефектоскопы) позволяют оценить состояние опор только в одном сечении, при этом оценить

комплексно состояние всей конструкции невозможно. Для железобетонных конструкций ультразвуковыми методами можно оценить состояние либо материала опоры, либо арматуры, отдельно. Ультразвуковые методы нашли применение и для контроля состояния деревянных опор.

Нашей отечественной наукой был разработан метод неразрушающего контроля опор ЛЭП, в основе которого лежит принцип измерения частот собственных колебаний опоры, и создан уникальный прибор под названием ЛИС-У (Рис. 1), реализующий этот метод. При этом сама опора рассматривается как стержень с защемленным концом. Зависимость величины частот собственных колебаний опоры от ее размеров и ее физико-механических параметров можно описать следующим уравнением:

$$f_i = k_i \frac{D}{H^2} \cdot C$$

Где  $f_i$  — частота собственных колебаний определенного типа  $i$ ;

$D$  — средний диаметр опоры;

$H$  — высота опоры;

$K_i$  — коэффициент, характеризующий номер оборота  $i$  в спектре колебаний;



Рис. 1. Прибор ЛИС-У

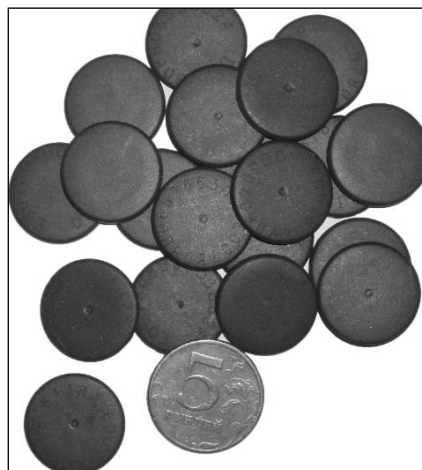


Рис. 2. Внешний вид RFID меток

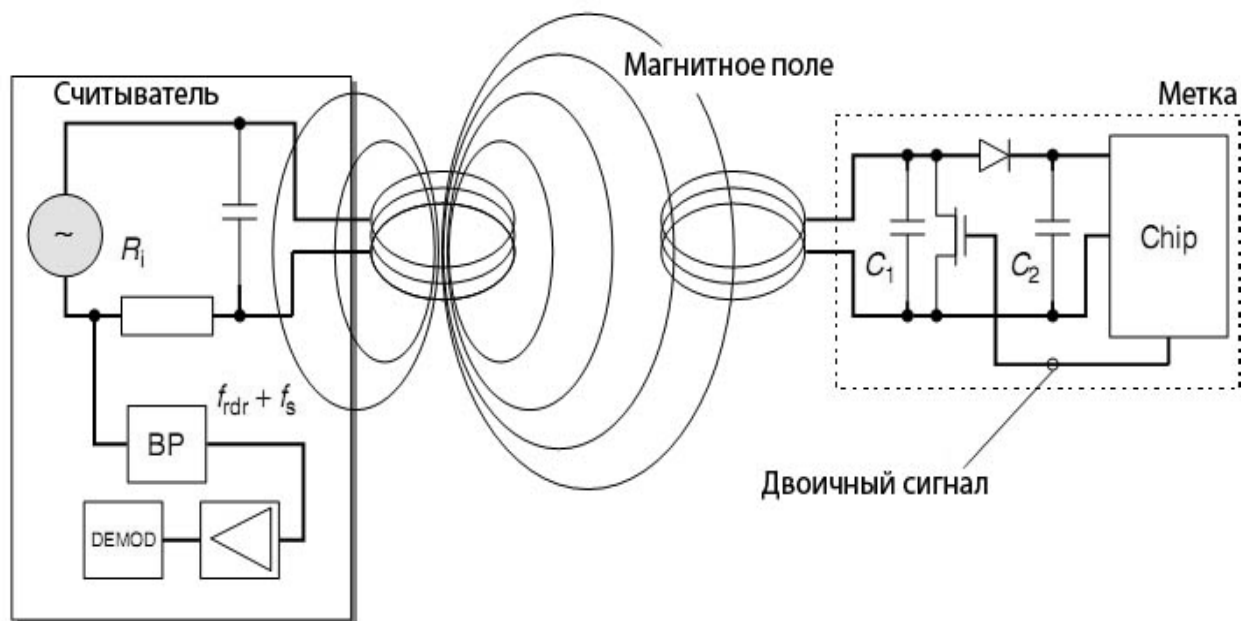


Рис. 3. Схема RFID контура (считыватель-метка)

$C = \sqrt{E/\rho}$  — скорость распространения звука в материале опоры (зависит от состояния древесины и наличия дефектов);

$E$  — модуль упругости;

$\rho$  — плотность.

Таким образом, при известных  $f$ ,  $k_i$ ,  $D$  и  $H$  можно определить величину  $C$ , которая в свою очередь коррелирует с прочностью опоры (с ее остаточным ресурсом).

Для контроля состояния деревянной опоры методом измерения частот собственных колебаний необходимо, сгенерировать в опоре колебания путём нанесения

механического удара по ее поверхности (обычной киянкой), с последующим приемом и анализом акустического отклика опоры с помощью специального портативного прибора. Перед началом процедуры контроля необходимо определить геометрические размеры опоры (диаметр и видимую высоту). Диаметр опоры на высоте 1 метра, в отличие от ее высоты, легко определить с помощью обычной измерительной рулетки. Точно определить высоту опоры можно только при наличии специальных лазерных и/или оптических инструментов. Данное обстоятельство, как правило, приводит к ошибке в определении высоты опоры, и это в свою очередь приводит к ошибочной оценке технического состояния опоры. Кроме того, последующее измерение высоты опоры различными инструментами, а также специалистами, имеющими разный уровень подготовки, создаст дополнительные ошибки, что в свою очередь повлияет на результат исследования. Следовательно, для определения динамики состояния опоры, правильнее было бы сохранить первоначально измеренные данные о её размерах. Для решения данной проблемы авторами статьи было предложено применение RFID меток (Рис. 2) в качестве «хранилища» технической информации об опоре. Так называемый паспорт опоры. Идея заключалась в оснащении каждой опоры RFID меткой, в которой записывается индивидуальная информация о данной опоре (ее размеры, год выпуска, завод-изготовитель и т.п.). При этом прибор неразрушающего контроля оснащается RFID антенной, которая позволяет считывать (и записывать) информацию с метки (на метку). Таким образом, полностью исключается вопрос измерения габаритов опоры, и связанные с ним сложности. При внедрении данной технологии были раскрыты и другие преимущества электронной паспортизации опор ЛЭП. В рамках данной статьи мы подробно расскажем об опыте внедрения данной технологии.

**RFID (Radio Frequency Identification, радиочастотная идентификация)** — это способ автоматической идентификации объектов, в котором считываются или записываются данные на специальном электронном носителе (транспондер, или RFID-метка) посредством радиосигнала (Рис. 3).

RFID-система состоит из считывающего устройства (RFID антенна) и транспондера (RFID-метка). По принципу действия RFID метки бывают двух типов — активные (имеют свой собственный источник питания) и пассивные (в них электрический ток генерируется бесконтактным способом с помощью антенны).

Технология радиочастотной идентификации (RFID) нашла широкое применение в самых важных аспектах современной жизни человека. Данная технология сегодня применяется в автомобилестроении, в системах



Рис. 4. Внедрение RFID метки в тело опоры

контроля и управления доступом (бесконтактные ключи, платные дороги дорожные и т.п.), в транспортной и складской логистике (для маркировки грузов), в медицине, в сельском хозяйстве («чипование» животных), и во многих других областях.

В июле 2011 года, в рамках проекта внедрения RFID технологии для контроля состояния опор ЛЭП, в посёлке Щеглово Всеволожского района Ленинградской области была произведена паспортизация опор части воздушной ЛЭП 04 кВ Пригородных электросетей ОАО «Ленэнерго».

Впервые в истории нашей энергетики в опоры воздушных линий (ВЛ) были вмонтированы электронные паспорта — RFID транспондеры. Технология внедрения метки в опору очень проста и занимает не более трёх минут. На высоте 1 метра от уровня земли в опоре, сверлится отверстие глубиной 10 мм, затем в образовавшуюся полость выдавливается немного монтажного клея — внутренняя герметизация отверстия, внедряется транспондер (рис. 4), отверстие заполняется клеем — наружная герметизация и ровняется шпателем. Отверстие, в котором установлен чип, ни коим образом, не ухудшает прочностные характеристики опоры. После этого, опора тестируется прибором ЛИС-У, полученные результаты записываются в память метки.

Бригада из 2 человек без особых усилий может в течение одного рабочего дня произвести паспортизацию с внедрением транспондера 40–50 опор, в зависимости от расстояния между опорами и рельефа местности. По окончании работ по проведению паспортизации и внедрению RFID меток в опоры, прибор ЛИС подключается на участке к компьютеру на рабочем месте, и все полученные в ходе паспортизации данные об опорах, программой ЛИС автоматически заносятся в Единую



Рис. 5. ВЧ метка

базу данных, создавая на каждую опору свой паспорт, который можно перенести на печатный носитель.

Теперь опора приобрела, наряду с имевшимся ранее нанесённым краской номером, и свой электронный паспорт, в котором хранится следующая информация:

- ◆ Данные о заводе-изготовителе;
- ◆ Дата и состав пропитки;
- ◆ Дата монтажа опоры;
- ◆ Географические координаты;
- ◆ Результаты периодического контроля технического состояния опоры (величина остаточного ресурса);
- ◆ Даты проведения контроля.

Внедрение чипов позволяет в интересах службы эксплуатации проводить оперативную диагностику состояния опоры за 1–2 минуты, а также определить динамику его изменения. Для этого электромонтёру достаточно подойти к опоре, прибором серии ЛИС сосчитать с метки ранее записанную информацию, произвести измерение, нанеся по опоре удар киянкой, и получить результат, который автоматически записывается и в память прибора, и в чип. Выбранный для решения данной задачи тип RFID-транспондера имеет герметичную пластиковую оболочку, имеющую степень защиты IP-68 и сохраняющую свою работоспособность в диапа-

зоне температур от  $-50$  до  $+50$ С. Данный транспондер не требует источников питания, поскольку является пассивным элементом, и начинает работу только после того, как, попадая в электромагнитное поле, созданное прибором, проходит кодовую идентификацию. Часть секторов, на которые разбита память транспондера, являются закрытыми и позволяют записать информацию только один раз. Это сделано для того, чтобы производители опор были уверены в обоснованности претензий, если таковые возникнут по качеству изделия. А также для сохранения координат и других постоянных параметров опоры, которые могли бы быть случайно изменены. Перезаписываемые сектора сохраняют все измерения, проводимые на опоре, и имеют такой объём памяти, что её вполне хватит на 50 лет ежемесячных проверок. Далее запись происходит «по кольцу». Стоимость транспондера при нынешнем курсе составляет приблизительно 65–75 руб. за штуку при розничной покупке. Конструктивно пассивный транспондер, как безоболочный, так и в оболочке, представляет собой две полоски фольги (два диска) с нанесённым на них ферромагнитным слоем, поэтому никакой ценности для вандалов не представляет. ВЧ транспондеры имеют электронную схему.

Производитель опор, внедряя в её тело чип, заявляет о высоком качестве своей продукции. Транспондер является своеобразной «визитной карточкой» предприятия и служит весь заявленный срок эксплуатации опоры, в отличие от металлического (пластмассового) ярлыка или маркировки, выполненной краской (железобетонные опоры). Таким образом, реализован один из вопросов о контроле качества выпускаемых опор, поднятый руководством ОАО «МРСК» на круглом столе, проходившем в сентябре 2010 года в рамках выставки IPNES-2010.

RFID транспондеры нашли широкое применение и на деревообрабатывающих заводах, и у западных энергетиков. В основном их применяют для оптимизации процессов хранения и транспортировки опор, но при этом они используют ВЧ-метки (Рис. 5), которые значительно дороже, более уязвимы (вандално-привлекательны) и требуют более энергоёмких приборов.

Основные преимущества применения RFID технологии в контроле состояния опор ВЛ заключаются в следующем:

1) Полностью исключается «обезличивание» опоры. Каждая опора теперь имеет свой электронный паспорт, в котором занесена информация о ее производителе и дате изготовления. До этого изготовители опор часто отказывались выполнять свои гарантийные обязательства под предлогом отсутствия маркировки.

2) Существенно упрощается процедура неразрушающего контроля. Теперь измерять высоту и диаметр опоры не нужно. Данная информация заносится в электронном паспорте опоры заводом-изготовителем.

3) Вся история и результаты периодического контроля хранятся в памяти RFID метки. Таким образом, можно отслеживать динамику изменения (ухудшения) состояния опоры непосредственно на месте (подключения к удаленной базе данных не требуется).

На этом полезный эффект применения RFID транспондеров не заканчивается. В интересах службы промышленной безопасности (ПБ) и охраны труда (ОТ), перед подъёмом на опору электромонтёр, подойдя к ней, считав с метки индикаторным прибором серии

ЛИС необходимую информацию и произведя измерение нанесением удара киянкой по опоре, получает рекомендации о возможности безопасного подъёма на неё или его запрете. Тем самым отпадает необходимость в проведении трудоёмких и затратных по времени работ по исследованию опоры другими методами.

Помимо внедрения RFID транспондеров в новые опоры также рекомендуется на местах определить целесообразность их внедрения в опоры старых ВЛ. Такие минимальные затраты в процессе эксплуатации линии окупятся сполна, помогая сохранить жизнь линейного персонала. Сокращение времени проведения диагностики опор позволит увеличить производительность её проведения и получить от опоры максимальный ресурс эксплуатации без перебраковки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолов И. К., Алешин Н. П., Потапов А. И. Акустические методы контроля — М.: Высш. школа, 1991
2. Акоп Саргсян. Строительная механика: Механика инженерных конструкций: Учебник для вузов — М.: Высшая школа, 2008
3. А.Г.Соколов. Опоры линии передачи — М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961
4. К.П.Крюков, Б. П. Новгородцев. Конструкции и механический расчет линий электропередачи — М.: Ленинград «Энергия», 1979
5. ГОСТ 17624–87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

© Белалами Салим ( belalamis@mail.ru ), Лиманов Игорь Яковлевич. Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ

### DEVELOPMENT OF METHODS TO IMPROVE THE QUALITY OF QUARTZ RESONATORS

*S. Ivanov*

*Summary.* The article is devoted to the development of methods for improving the quality of quartz resonators. Methods for improving the stability of the operation of resonators are analyzed. Recommendations are proposed for improving the performance evaluation system.

*Keywords:* resonators, enhancement, quality, development, methods, dimensions.

*Иванов Сергей Николаевич*

*Аспирант, Московский технологический университет  
Ivanoff1991@mail.ru*

*Аннотация:* В статье проведена разработка методов повышения качества кварцевых резонаторов. Проанализированы методы повышения стабильности работы резонаторов. Предложены рекомендации по усовершенствованию системы оценки результативности работы.

*Ключевые слова:* резонаторы, повышение, качество, разработка, методы, габариты.

**К**варцевые резонаторы широко используются в различных моделях радиоэлектронной аппаратуры для частного, промышленного и военного использования. В связи с этим остро стоит вопрос о разработке методов, которые бы могли повысить качество работы резонаторов и увеличить срок их службы. В мире ежегодно выпускается несколько миллионов резонаторов, наибольшей популярностью пользуются устройства с малыми габаритами. Для производства данных радиоэлектронных устройств используются устаревшие технологии, которые предусматривают длительный цикл производства и оценки качества работы, что увеличивает сроки ожидания поставки, начиная от заказа продукции и до момента ее поставки. Остро стоит вопрос с модернизацией технологических процессов. Многими предприятиями используются устаревшие модели метрологического и производственного оборудования. Внедрение автоматизированных систем по оценке качества исходного сырья и оценке качества выпущенной продукции могло бы способствовать повышению качества создания кварцевых резонаторов и позволило бы гарантировать со стороны производителей длительный срок эксплуатации оборудования.

Для повышения качества и стабильности работы кварцевых резонаторов предлагается изучить рынок, на который поступают кварцевые резонаторы, определить факторы, которые влияют на характеристики надежности эксплуатации оборудования. Специалисты в области производства радиоэлектронных средств рекомендуют с целью повышения стабильности работы кварцевых резонаторов внедрить на каждом производстве систему менеджмента качества. Это позволило бы предприятиям разработать и внедрить регламенты

на каждый этап производства кварцевых резонаторов. Одной из важных проблем для предприятий, которые осуществляют выпуск электротехнической продукции, является то, что предприятие закупает исходное сырье для производства без использования критериев по оценке качества сырья.

Если для закупки сырья будет разработан регламент и определены основные критерии для оценки его качества, предприятиям с одной стороны удалось бы совершенствовать технологические процессы, а с другой стороны — снизить издержки и объемы бракованной продукции, которая не соответствует действующему регламенту качества. При разработке методов по повышению качества кварцевых резонаторов следует опираться за потребности потребителей. Они заинтересованы в приобретении качественных изделий, которые бы служили долго и отличались стабильной работой. Одна из главных проблем при производстве кварцевых резонаторов заключается в том, что предприятие не может усовершенствовать технологические процессы таким образом, чтобы оно могло гарантировать стабильность частоты при работе оборудования. Решение проблемы заключается в проведении экспериментальных исследований, при которых удалось бы определить, какие факторы ведут к искажению частоты кварцевых резонаторов. При помощи экспериментальных данных можно было бы определить, через сколько часов эксплуатации и в каких пределах частота работы оборудования изменяется.

Для повышения качества выпуска кварцевых резонаторов предлагается внедрить на производственных площадках оптические системы контроля качества ис-

пользуемого сырья. Это позволяет проверить исходное сырье на наличие посторонних включений, для контроля расчетных значений предлагается использовать рентгенгонометры.

Для проверки качества обработки кристаллических элементов предлагается использовать высокоточные микроскопы, при помощи них можно оценить качество обработки всех поверхностей кристаллических элементов. При производстве кварцевых резонаторов используется метод напыления электродных покрытий, отследить толщину этих покрытий можно с использованием кварцевых датчиков высокой точности.

Для оценки качества выпускаемой продукции предлагается использовать образцовое измерительное оборудование. Задача его применения — измерение стабильной частоты с выдержкой разных температурных режимов, определение динамического сопротивления и емкостного соотношения.

При разработке методов, повышающих качество кварцевых резонаторов, предлагается испытать стабильную частоту с использованием увеличенного временного промежутка, взять за основу современные комплектации технологического оборудования для определения факторов, которые дестабилизируют номинальные частоты. Действующие стандарты предусматривают, что долговременные изменения частоты могут быть предельно высокими, что снижает работоспособность и качество работы оборудования. Для решения проблемы предлагается ужесточить действующие стандарты на предельные изменения частот. Для повышения качества выпускаемой продукции предлагается исследовать взаимосвязь между качеством кварцевых резонаторов и качеством искусственно созданных кристаллов кварца. Разработка метода по оценке гладкости поверхности обработанных кристаллов позволяет оперативно управлять качеством производственных процессов.

Внедрение на производственные площадки жесточенных требований к оценке качества исходного сырья и технологий обработки позволяет снизить производственные издержки и повысить качество процессов по изготовлению кварцевых резонаторов.

Чтобы гарантировать высокую точность ориентации кристаллических элементов, на производстве предлагается использовать для резки цельных кристаллов станки с высокими характеристиками точности и производительности. Наряду с этим параметром имеет большую важность то, как осуществляется финишная обработка изделий. Пластины должны иметь минимальные показатели прогиба. При наличии на пластинах деформаций и неровностей снижается номинальная частота, поэтому

на предприятии должна быть внедрена система, которая бы предусматривала проверку качества обработки всех граней.

Контуры кристаллических элементов будут иметь оптимальные формы и гладкость за счет применения современного метода обработки — лазерной резки. Метод традиционной шлифовки предусматривает, что созданные пластины могут иметь погрешности в размерах. Изготовление пластин с малыми размерами целесообразно проводить с использованием лазерных режущих инструментов.

Поэтому внедрение на производственных площадках режущих лазерных станков позволяет снизить трудоемкость процессов по созданию кристаллических пластин и гарантировать оптимальные характеристики для высокоточной настройки кварцевого резонатора. Повышение адгезионной прочности изделий позволяет избежать эффекта вторичных возбуждений, что положительно влияет на сохранение полученной частоты. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что наличие на пластинах кварцевых резонаторов трещин или сколов ведет к эффекту вторичных возбуждений, от этого предельные показатели частоты изменяются, снижается качество работы резонатора. В процессе эксплуатации такого оборудования могут наблюдаться явления по отслаиванию частиц монокристаллических элементов.

Для повышения качества производственных процессов по выпуску кварцевых резонаторов предлагается внедрить на производственных площадках усовершенствованные системы качества по оценке исходного сырья. Лабораторные испытания указывают на то, что для обеспечения качества производственных процессов рекомендуется использовать сырье с добротностью 1,8+3,8.

Основные грани и контуры изделий должны быть идеально обработанными, для проверки качества обработки кристаллов следует использовать современные комплектации оптического оборудования. Это позволяет выпускать пластины без эффекта «волнистости» и с минимальными значениями шероховатости поверхностей. Проверка качества выпуска кварцевых резонаторов должна включать в себя выявление коэффициента плотности дефектов различного типа. Метод химической полировки пластин допускает, что на них могут оставаться следы оксидных и иных продуктов реакции. Поэтому следует использовать метод для проверки физико-химической чистоты пластин.

На базе производственных площадок предлагается внедрить систему для проверки реального качества

кварцевых резонаторов. Так, на стадии испытаний требуется исключить приборы с высоким коэффициентом возбуждения. Чтобы очистить поверхности кварцевого резонатора от сторонних частиц, предлагается использовать метод электротермотренировки током. Для оценки качества выпускаемой продукции требуется создать подходящие условия, которые бы позволили определить температурно-частотные характеристики выпускаемых изделий. Главная задача инженеров заключается в том, чтобы снизить до минимальных значений изменение частоты при растущих показателях температуры. Правильная ориентация кристаллических элементов при помощи рентгеновского метода позволяет гарантировать то,

что заготовки будут ориентированы с минимальными показателями погрешности. А это гарантирует то, что рабочая частота резонатора будет меняться в пределах минимальных значений при изменении температурного режима.

Таким образом, совершенствование системы по оценке качества исходного сырья, модернизация производственных процессов и лабораторных исследований в отношении выпускаемой продукции позволяет гарантировать повышение качества и стабильности работы кварцевых резонаторов, которые широко используются при производстве радиоэлектронных средств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рубичев, Н. А. Измерительные информационные системы: учеб. пособие / Н. А. Рубичев. — М.: Дрофа, 2010. — 334 с.
2. Рехвиашвили, С. Ш. Адсорбция и поверхностная энергия в экспериментах с кварцевым микробалансом / С. Ш. Рехвиашвили, Е. В. Кишტიкова // Журнал технической физики. — 2012. — Т. 78, Вып. 4. — С. 137–139.
3. Кузмичев, Д. А. Автоматизация экспериментальных исследований / Д. А. Кузмичев, И. А., Радкевич, А. Д. Смирнов. — М.: Наука, 2013. — 392 с.
4. Номоконова, Н. Н. Электронные устройства: от идеи до практического результата / Н. Н. Номоконова, Г. В. Голиков, Д. Ю. Михайлов, Ю. В. Колесова, А. В. Овсяникова // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — 2015. — № 1 (28). — С. 62–65.

© Иванов Сергей Николаевич (Ivanoff1991@mail.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ ПРИ ЦЕНТРОВКЕ ВАЛОВ ПРИВОДОВ МАШИН

### AUTOMATING THE PROCESS ALIGNMENT THE ELECTRIC MOTOR PUMP INSTALLATION

**D. Kolobovnikova**  
**E. Maydanyuk**  
**E. Petrovskiy**

*Summary.* The article presents the automatic control system for the mismatch signal for a hydraulic platform for the alignment of drive and rotor units. A mathematical model of such a system is given, as well as a structural and functional scheme for the operation of such a system. The main characteristics of an automatic control system are given and a study is carried out for stability according to a test signal.

*Keywords:* Hydraulic platform for centering, automatic control system, mismatch signal, feedback sensor, pulse-response characteristic, servo.

**Колобовникова Дарья Игоревна**

Сибирский федеральный университет  
dariakolobovnikova@gmail.com

**Майданюк Евгений Петрович**

Сибирский федеральный университет  
maidanyuk-evgeni@mail.ru

**Петровский Эдуард Аркадьевич**

Д.т.н., профессор, Сибирский федеральный университет  
petrovsky\_quality@mail.ru

*Аннотация.* В статье представлена система автоматического управления по сигналу рассогласования для гидравлической платформы для центровки приводных и роторных агрегатов. Приведена математическая модель такой системы, а так же составлены структурная и функциональная схема работы такой системы. Приведены основные характеристики автоматической системы управления и проведено исследование на предмет устойчивости по пробному сигналу.

*Ключевые слова:* гидравлическая платформа для центровки, автоматическая система управления, сигнал рассогласования, датчик обратной связи, импульсно-переходная характеристика, сервопривод.

При использовании гидравлической системы для перемещения любого агрегата, в том числе и электродвигателя относительно насоса, то управление такой системой можно осуществлять по сигналу рассогласования от обратной связи с помощью аналоговых или цифровых датчиков положения. На рисунке 1 изображена гидравлическая платформа 1, которая перемещает электродвигатель 1 относительно насоса 5 до достижения необходимой точности центровки валов, скрепленных с помощью муфты 4, электродвигатель крепится к каркасу 2 по окончании процесса центровки после окончательного монтажа, сам каркас крепится к фундаменту 6.

Математическая модель динамической системы представляет собой неоднородное дифференциальное уравнение. При проектировании и исследовании автоматической системы необходимо определить устойчивая данная система или нет, определить достигаемую точность при достижении установившегося режима и необходимо обеспечить точный и быстрый переход системы из одного состояния в другое. Для анализа динамической системы необходимо составить функциональную схему.

Графическая модель автоматической системы управления технологического устройства для центровки

с управлением по положению в виде функциональной схемы. Данное устройство управляется с помощью сервопривода, который формирует свой управляющий сигнал в зависимости от данных, которые получены от управляющего устройства: Управляющее устройство формирует свой управляющий сигнал в зависимости от данных, которые получает с датчиков обратной связи [1]. Датчик обратной связи посылает, как правило, аналоговый или цифровой дискретный сигнал, который сообщает состоянии и положении объекта в пространстве. Функциональная схема состоит из следующих элементов, рисунок 2:

- ◆ управляющее устройство (УУ) —
- ◆ элемент сравнения основной системы (ЭС1)
- ◆ обратная связь основной системы (ДОП1)
- ◆ объект управления (ОУ)
- ◆  $u_3(t)$  — задающее воздействие.
- ◆ сервопривод (СП)
- ◆ элемент сравнения (ЭС) — предназначен для определения рассогласования между действительным и заданным значениями регулируемого параметра и выдачи управляющего сигнала. Чаще всего их выполняют в сочетании с задающим устройством.
- ◆ усилитель мощности (УМ) — предназначен для увеличения управляющего сигнала.
- ◆ электродвигатель постоянного тока (ДПТ)

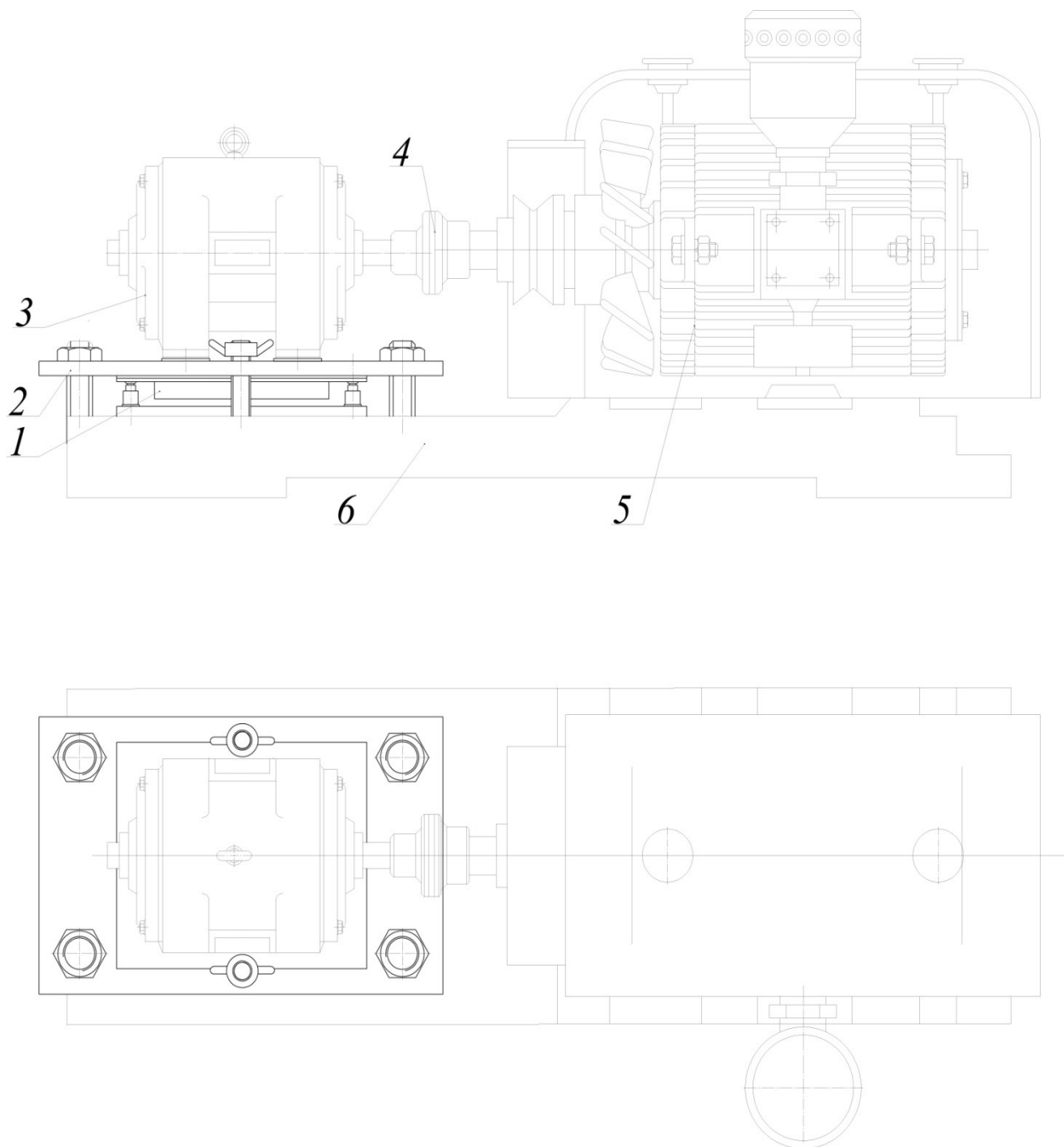


Рис. 1. Общий вид гидравлической платформы для центровки

- ◆ силовая передача (СП) — в данном случае редуктор, предназначен для понижения числа оборотов на выходном валу привода и увеличения крутящего момента развиваемого двигателем.
- ◆ датчик обратной связи (ДОС) — в данном случае используется энкодер, датчик угловых перемещений.
- ◆  $y(t)$  — входной сигнал от управляющего ПК.
- ◆  $x(t)$  — выходной сигнал
- ◆  $xI(t)$  — аналоговый сигнал для исполнительного механизма.

Для данной функциональной схемы можно составить нелинейное дифференциальное уравнение. В общем виде это уравнение имеет вид [1]:

$$F = \left( Y, \frac{dY}{dt}, \dots, \frac{d^m Y}{dt^m}, X, \frac{dX}{dt}, \dots, \frac{d^m X}{dt^m} \right) = 0$$

где,  $Y$  — входная величина;  $X$  — выходная величина.

При решении уравнения относительно  $X$ , находим статическую характеристику системы:

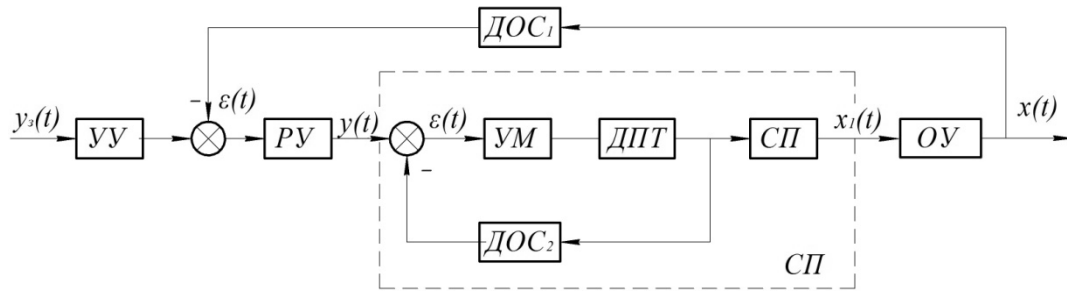


Рис. 2. Функциональная схема

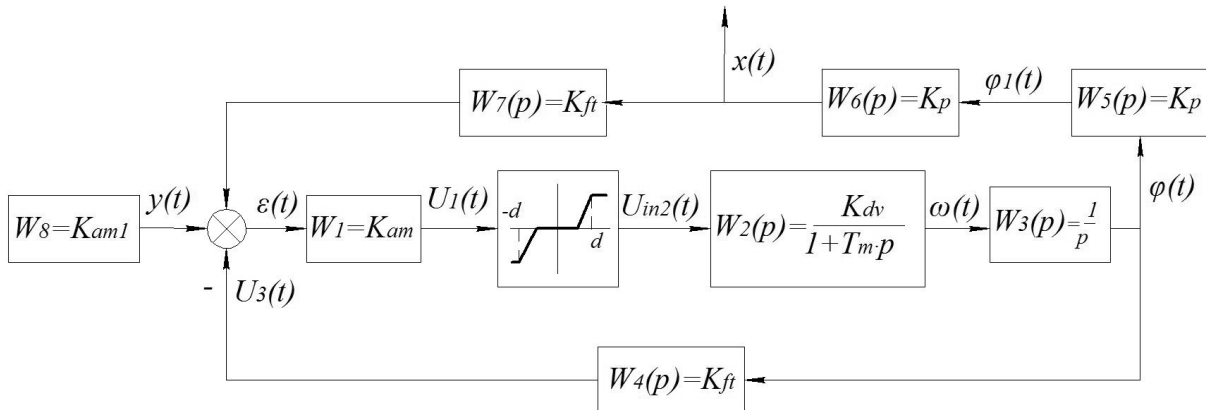


Рис. 3. Структурная схема привода

$$X = f(Y)$$

Система уравнений, описывающая ДПТ:

$$\begin{cases} J_d \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = T_{dv} - T_{hd} \\ T_{dv} = K_{em} \cdot I_{dv} \end{cases}$$

Передаточная функция электродвигателя постоянного тока представим следующим образом:

$$W(p) = \frac{K_{dv}}{(T_m \cdot p + 1)p}$$

Выполним структурное преобразование передаточной функции ДПТ:

$$W_{dv}(p) = \frac{\Delta \varphi}{\Delta U_{dv}} = \frac{K_{dv}}{(T_m \cdot p + 1)p} = W_2(p) \cdot W_3(p)$$

где

$$W_2(p) = \frac{K_{dv}}{(T_m \cdot p + 1)}$$

$$W_3(p) = \frac{1}{p}$$

Зная уравнение элементов и их передаточные функции, построим структурную схему, рисунок 3.

Математическая модель переходного процесса.

$$\begin{cases} U_1(t) = K_{am} (y_0 - K_{fb} \cdot \varphi(t)) \\ \psi(U_1, d) = \begin{cases} 0, & \text{при } -U_0 \leq U_1 \leq U_0 \\ d, & \text{при } U_1 > d \\ -d, & \text{при } U_1 < -d \\ U_1, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \\ p \cdot \omega(t) = (K_{dv} \cdot \psi(U_1(t), d) - \omega(t)) T_m^{-1} \\ p \cdot \varphi(t) = \omega(t) \end{cases}$$

Передаточная функция привода:

$$W(t) = \frac{(p \cdot (T_m \cdot p + 1) + K_{dv} \cdot K_{am} \cdot K_{fb}) \cdot K_{fb} \cdot K_p^2}{(p \cdot (T_m \cdot p + 1) + K_{dv} \cdot K_{am} \cdot K_{fb} (1 + K_p^3))}$$

Для получения характеристики динамических свойств исследуем импульсную переходную функцию путем воздействия на нее единичным импульсным воздействием. Данным воздействием выступит дельта функция —  $\delta(t)$  со следующими свойствами:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{при } t = 0 \\ 0 & \text{при } t \neq 0 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1$$

Дельта функция имеет производные любого порядка. Так как функция комплексной переменной по Лапласу

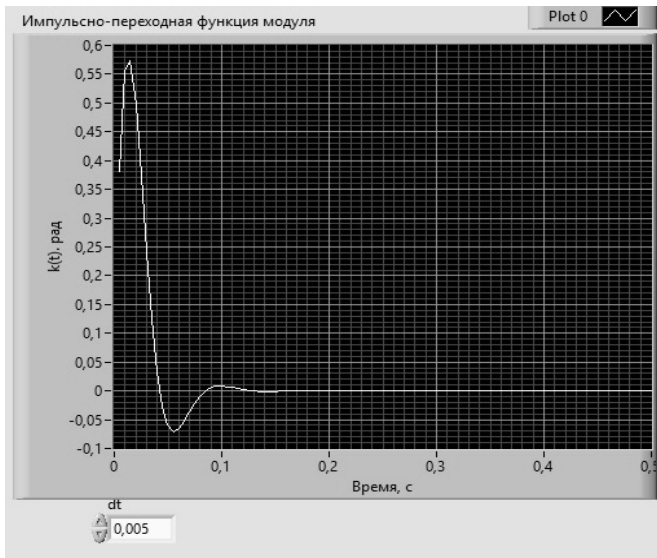


Рис. 4.  
График импульсно-переходной функции

$L\{1(t)\} = 1/p$ , то  $L\{\delta(t)\} = 1$ . Функция комплексной переменной импульсно-переходной функции равна  $L\{k(t)\} = W(p) \cdot L\{\delta(t)\} = W(p) \cdot 1 = W(p)$ .

Отсюда следует, что передаточная функция равна функции комплексной переменной по Лапласу от импульсно-переходной функции.

$$k(t) = L^{-1}(W(p))$$

Указанное соотношение связывает входной сигнал  $y(t)$ , выходной сигнал  $x(t)$  и импульсно-переходную функцию.

$$L^{-1}\{X(p)\} = L^{-1}(W(p) \cdot Y(p)).$$

Зависимость представляет собой функцию комплексной переменной, то есть изображение вынужденного сигнала системы. Интеграл Дюамеля для вынужденного процесса во временной области имеет следующий вид:

$$x(t) = \int_0^t k(\tau) \cdot y(t - \tau) \cdot d\tau = k(t) \cdot y(t).$$

Формула справедлива при нулевых начальных условиях. Импульсно-переходная функция определяется по формуле:

$$k(t - \tau) = \sum \frac{1}{B'(\lambda_k)} e^{\lambda_k(t-\tau)}$$

где,  $B(\lambda)$  — характеристическое уравнение,

$$B(\lambda) = \lambda^n + a_{n-1} \cdot \lambda^{n-1} + \dots + a_1 \cdot \lambda + a_0 = 0$$



Рис. 5. График  
переходной характеристики системы

где  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — корни характеристического уравнения.

Расчетная формула для построения вынужденных колебаний имеет вид:

$$x(t) = \sum_{k=1}^n c_k(t) \cdot e^{\lambda_k \cdot t}$$

$$\text{где } c_k(t) = \frac{1}{B'(\lambda_k)} \int_0^t y(\tau) \sum_{k=1}^n c_k(t) \cdot e^{-\lambda_k \tau} d\tau$$

Построим импульсную переходную функцию для проектируемой системы автоматического управления. Для этого используем программное обеспечение LabVIEW.

Импульсно-переходная функция является исчерпывающей характеристикой при нулевых начальных условиях, и она полностью характеризует динамические свойства.

Для анализа качества работы данной системы в реальных условиях используют тестовое входное воздействие в виде скачка  $y(t) = 1(t)$ .

Управление проектной установкой можно осуществить с помощью сервопривода, который в свою очередь в зависимости от данных полученных по датчикам обратной связи и будет осуществлять управление. Полученные характеристики позволяют сделать вывод о том, что проектируемая система управления является устойчивой, что и позволяет применить ее для гидравлической платформы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гартман Т.Н., Компьютерное моделирование простых гидравлических систем / В. Н. Калинин, Л. И. Артемьева. — Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2002. — 240 с.
2. Крутиков, В. Н. Основы центровки промышленного оборудования/ В. Н. Крутиков — Санкт-Петербург: Baltech, 2013. — 89 с.
3. Севастьянов, В. В. Центровка сетевых и питательных насосов/ В. В. Севастьянов, Р. А. Романов. // Новости теплоснабжения. — 2008. — № 07.

---

© Колобовникова Дарья Игоревна ( dariakolobovnikova@gmail.com ), Майданюк Евгений Петрович ( maidanyuk-evgeni@mail.ru ), Петровский Эдуард Аркадьевич ( petrovsky\_quality@mail.ru ). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ПОЛУЧЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА С БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ НЕ ОБОРУДОВАННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ВЫХОДОМ

### OBTAINING A PULSE SIGNAL FROM DOMESTIC WATER METERS NOT EQUIPPED WITH A PULSE OUTPUT

*Yu. Kazmiruk*

*Summary.* Considered the method of obtaining an electric pulse signal from household tachometric water meters not equipped with a pulse output. Are developed a device based on a microcontroller implementing the proposed method.

*Keywords:* Water meter, readout, pulse output, automation, microcontroller, optocoupler, phototransistor.

**Казмирук Юрий Анатольевич**

Аспирант, Нижневартковский государственный  
университет, г. Нижневартовск  
Kazmiruk\_Yuriy@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрен способ получения электрического импульсного сигнала с бытовых тахометрических счетчиков воды не оборудованных импульсным выходом. Разработано устройство на основе микроконтроллера, реализующего предложенный способ.

*Ключевые слова:* счетчик воды, считывание показаний, импульсный выход, автоматизация, микроконтроллер, оптрон, фототранзистор.

### Введение

**Н**а сегодняшний день во всех жилых домах установлены специальные приборы учета воды. Этому способствовала реформа ЖКХ с соответствующим принятием законов. Установка счетчиков позволяет более экономно расходовать ресурсы и вести учет. При внедрении системы автоматизации жилого пространства встает вопрос считывания показаний с различных приборов, в том числе и со счетчиков воды. В данной статье мы рассмотрим реализацию одного из методов, позволяющего считывать значения с бытовых счетчиков воды не оборудованных импульсным выходом.

### Постановка задачи

Счетчик воды — это прибор, предназначенный для измерения количества воды (объема или массы), протекающей через поперечное сечение трубопровода. Существуют различные типы приборов учета воды. Для бытового применения наибольшее распространение получили тахометрические (механические) счетчики воды сухого типа. Принцип их работы основывается на вращении крыльчатки в потоке проходящей жидкости. Далее, через магнитную передачу, это вращение передается в счетный механизм, состоящий из шестерен и циферблата. Для данных задач эти счетчики обладают следующими преимуществами:

- ◆ небольшой размер;
- ◆ простота установки;
- ◆ доступная цена;
- ◆ подходящая для данного применения погрешность.

Для целей автоматизированного снятия показаний необходимо разработать метод, позволяющий получать электрические сигналы с рассматриваемых механических счетчиков. Для этого необходимо определить способ считывания, найти подходящие датчики, разработать принципиальную схему устройства и методы обработки полученных сигналов.

### Определение способа считывания

Один из методов автоматизированного считывания показаний с тахометрических счетчиков воды, оборудованных циферблатом, является оптическое распознавание цифр. Для этого перед счетчиком устанавливается камера и с помощью специального программного обеспечения происходит обработка графических данных. К недостаткам этого метода можно отнести дороговизну решения и сложность установки.

Рассмотрим другой способ. Большинство современных тахометрических счетчиков воды оборудованы круговой шкалой потока воды. На рисунке № 1 схематически изображено табло большинства счетчиков данного типа.

Полный оборот стрелки обозначает прохождение одного литра жидкости. Данный способ заключается в том, чтобы считывать полные обороты данной стрелки. Так как прямого доступа к стрелке нет, то одним из способов считывания является использование оптических методов. Стрелка имеет цвет отличный от подложки круговой шкалы и к тому же она находится выше нее. Поэтому отраженный от стрелки свет будет иметь другие характеристики, нежели свет, отраженный от подложки



Рис. 1. Табло тахометрических счетчиков

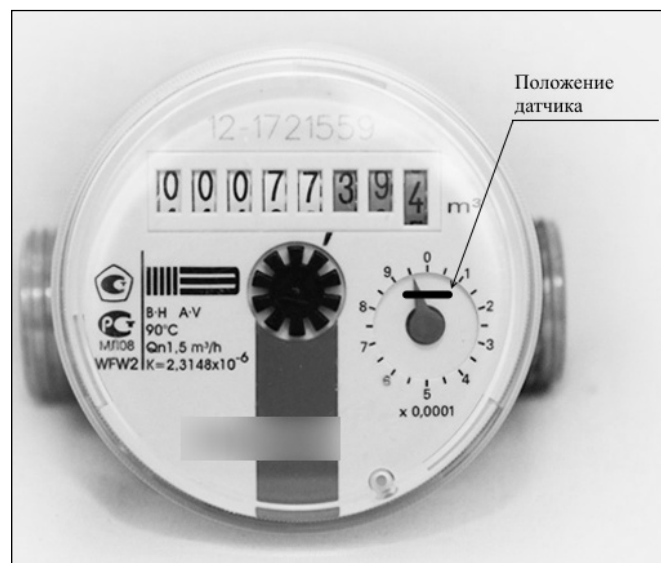


Рис. 2. Положение датчика

Таблица 1. Результаты тестирования оптронов

Название	Рабочее расстояние по документации, мм	Изменение тока коллектора, %
ST188(Unlight)	4–13	12
RPR359	2–10	5
ITR9909(Everlight)	1–10	9
GP2S700HCP(SHARP)	2–10	15
TCRT5000 (Vishay)	1–15	19
QRD1113/4(Fairchild)	2–10	4
RPR220	4–14	13

круговой шкалы. Если контролировать свойства отраженного света в определенной точке шкалы, то можно определить прошла ли стрелка полный оборот. Один из параметров, который будет меняться, это интенсивность отраженного света. В случае с белым фоном круговой шкалы интенсивность отраженного света при прохождении стрелки будет уменьшаться. В случае черного фона — наоборот возрастать.

#### Выбор разновидности и типа датчика

Для контроля интенсивности отраженного света наиболее подходящим будет использование оптрона. Оптронами называют оптоэлектронные приборы, в которых имеются источник и приемник излучения света (светоизлучатель и фотоприемник), между которыми имеется оптическая связь и конструктивно связанные друг с другом. Существует множество типов оптронов.

Отличаются они разновидностью излучателя, приемника, типом оптической связи и т.д. Для данного случая наиболее подходящим будет использование оптрона с открытым оптическим каналом, работающим на отражение. Наибольшей фоточувствительностью обладают оптроны, в которых в качестве фотоприемника используется фототранзистор. Фототранзистор отличается от обычного, тем, что его область базы доступна для светового облучения извне и за счет этого появляется возможность управлять усилением электрического тока с помощью светового излучения.

В настоящее время выпускаются множество различных оптронов, работающих на отражение. Один из параметров, который нас интересует в рамках поставленной задачи, является рабочий диапазон расстояния до объекта. У большинства тахометрических бытовых счетчиков воды расстояние от внешней поверхности защит-

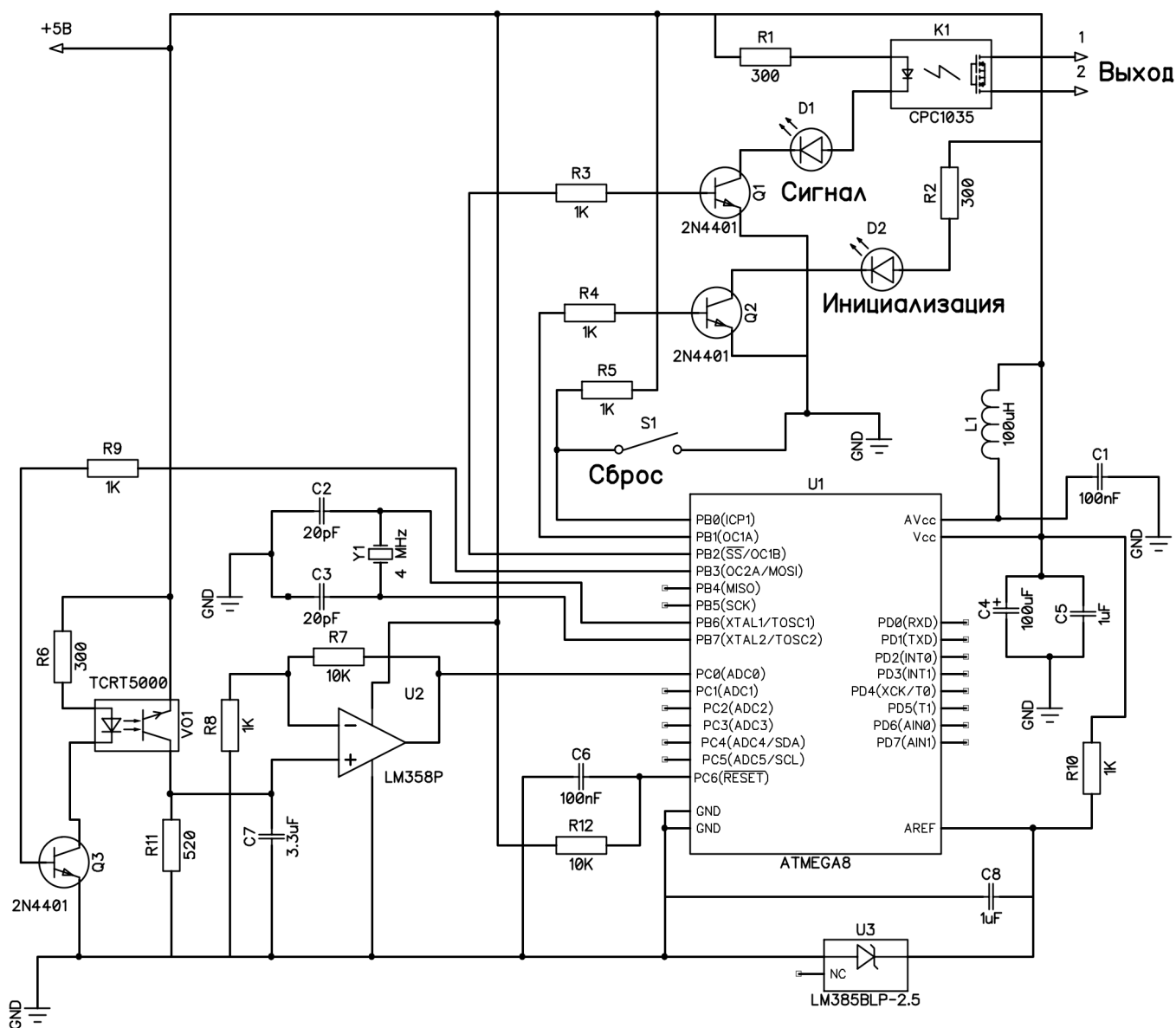


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема устройства

ного прозрачного кожуха до поверхности, на которой находится круговая шкала и стрелка колеблется в диапазоне от 4 до 10 мм. Для выбора наиболее подходящего датчика были протестированы семь различных оптронов, подходящие по параметрам. Результаты тестов приведены в таблице № 1.

Для тестирования датчики устанавливались на счетчики, и проводилось измерение выходных параметров оптронов при вращении стрелки круговой шкалы. Оптроны устанавливались как можно ближе к шкале, таким образом, чтобы изменение выходных параметров происходило только при прохождении стрелки под датчи-

ком, и это изменение было максимальным. Для этого необходимо установить оптрон перпендикулярно к шкале и направить на точку круговой шкалы, в которой стрелка появляется один раз за оборот. При этом необходимо отступить от крайних положений, при которых изменение выходных параметров оптрона происходит не так явно. Например, оптрон может быть расположен над линией, изображенной на рисунке № 2.

Основным критерием выбора требуемого датчика служит относительное изменение выходных параметров фототранзистора оптрона при прохождении стрелки под ним. В данном случае, основным параметром,



который нас интересует, является ток коллектора фототранзистора. По его относительному изменению можно судить о реакции датчика на внешнее воздействие. Чем больше меняется ток коллектора, тем с большей точностью можно определить наступление интересующего нас события. Из таблицы № 1 видно, что, при прочих равных условиях, наибольшее относительное изменение тока коллектора фототранзистора наблюдается у оптрона TCRT5000 (Vishay).

### Принципиальная схема и логика работы устройства

Для решения поставленной задачи было разработано устройство, принципиальная электрическая схема которого представлена на рисунке № 3. Основой устройства служит микроконтроллер Atmel Atmega8. Это восьмиразрядный AVR микроконтроллер с расширенной RISC архитектурой. В его составе есть все необходимое для реализации данного проекта, в том числе аналого-цифровой преобразователь с десятиразрядной точностью. С его помощью происходит преобразование аналогового сигнала с оптрона, усиленного операционным усилителем LM358. Излучатель оптрона управляется с порта микроконтроллера через транзистор Q3. Это необходимо для реализации алгоритмов подавления влияния внешних воздействий на оптрон. Для индикации состояния работы устройства имеются два светодиода. Устройство имеет выход типа «сухой контакт», реализованный на основе твердотельного реле. Тип контакта — нормально разомкнутый.

Устройство работает следующим образом. Изначально устройство находится в режиме «Инициализа-

ция». Этот режим необходим для настройки пороговых значений срабатывания устройства под конкретный экземпляр счетчика воды. Для индикации этого режима служит светодиод «Инициализация». В этом режиме устройство постоянно считывает уровень освещенности фототранзистора оптрона и ищет в считанном сигнале закономерность, а именно, пять, примерно одинаковых, фактов изменения уровня. Как только они обнаружены, найденный уровень становится рабочим с некоторыми допусками. Светодиод «Инициализация» гаснет и устройство готово к работе. При прохождении стрелки круговой шкалы счетчика под датчиком на выходе устройства замыкается контакт на время равное 0,2 секунд, при этом загорается светодиод «Сигнал». Для принудительного сброса рабочих уровней и ввода устройства в режим «Инициализация» необходимо нажать и удерживать кнопку «Сброс» около 5 секунд.

Для минимизации воздействия внешней освещенности на измерения, считывание сигнала с фототранзистора происходит по два раза. Первый раз с выключенным излучателем оптрона, а второй с выключенным. Искомый сигнал получается из разности этих двух сигналов.

### Заключение

Для целей автоматизации снятия показаний с бытовых счетчиков воды без импульсного выхода были найдены способы считывания сигнала и подобраны подходящие датчики. Разработана аппаратная и программная часть устройства, решающего поставленную задачу. Данное устройство и принципы, заложенные в нем, с успехом могут быть использованы при реализации различных систем автоматизации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. АЦП микроконтроллера AVR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://chipenable.ru/index.php/programming-avr/item/18-uchebnyy-kurs-atp-mikrokontrollera-avr-ili-kak-podklyuchit-4-knopki-k-odnomu-vyvodu-chast-1.html>
2. Белов А. В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагем от «чайника» до профи. Книга + видеокурс. — СПб.: Наука и Техника, 2013. — 528 с.: ил. + CD
3. Датчики и микроконтроллеры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/255116/>
4. Ревич Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. — 3-е изд., испр. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 368 с.: ил. — (Электроника)
5. Ревич Ю. В. Занимательная электроника. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 576 с.: ил.
6. Фотодатчики и их применение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elektrik.info/main/praktika/600-fotodatchiki-i-ih-primenenie.html>
7. AVR. Учебный курс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/category/avr-uchebnyj-kurs>

© Казмирук Юрий Анатольевич ( Kazmiruk\_Yuriy@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ЗАЩИЩЕННЫЙ ЕМКОСТНОЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С ЦИФРОВЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

### PROTECTED CAPACITIVE SWITCH WITH DIGITAL INTERFACE

**S. Lepeshkin  
M. Pukemo**

*Summary.* The article describes the design and features of a protected capacitive switch with a digital interface. The analysis of the reliability of capacitive sensors, widely used in today's market, in conditions of high humidity. As a result, their weaknesses were revealed. Based on this, aspects of the development of a protected capacitive switch are considered: its circuit design, algorithms for software signal processing, a digital interface system with a PC, as well as a structural solution of the switch body.

*Keywords.* Capacitive switch, reliability, waterproof, IP68, STM32, charge transfer, filtering of analog signal.

**Н**а сегодняшний день емкостные выключатели получили достаточно широкое распространение. Они применяются в различных системах автоматики для сигнализации заполнения емкостей и упаковок, почтового счета различных объектов, контроля натяжения лент транспортеров, в качестве концевых выключателей и прочих случаях, где необходимо бесконтактное обнаружение изменений в окружающей среде. Основными преимуществами емкостных выключателей являются отсутствие механического контакта с детектируемой средой, низкое потребление энергии, высокая чувствительность, длительный срок эксплуатации, простота приспособления выключателя к различным применениям и настройки.

Рассмотрим типичный емкостной выключатель, который представляет собой большую часть ассортимента продукции, выпускаемой сегодня производителями подобного рода изделий. Его чувствительная поверхность образована двумя металлическими электродами, расположенными на противоположных сторонах текстолитовой пластины. Их поверхности участвуют в цепи обратной связи высокочастотного генератора, который настраивается таким образом, что при отсутствии объекта детектирования также отсутствуют и автоколебания в этом генераторе, т.е. генератор не работает. Здесь необходимо отметить, что как правило именно с помощью этой настройки генератора и изменяется чувствительность емкостного выключателя. Обычно она реализуется с помощью многооборотного потенциометра и доступна конечному пользователю снаружи корпуса

**Лепёшкин Сергей Николаевич**  
К.т.н., инженер, ООО «Альта Групп Фэктори», Москва  
Isn@alta-group.ru

**Пукемо Михаил Михайлович**  
Генеральный директор, ООО «Альта Групп»  
2336122@alta-group.ru

*Аннотация.* В статье описываются конструкция и особенности защищенного емкостного выключателя с цифровым интерфейсом. Приводится анализ надежности ёмкостных датчиков, широко распространенных на современном рынке, в условиях высокой влажности. В результате выявлены их слабые стороны. На основе этого рассмотрены аспекты разработки защищенного емкостного выключателя: его схемотехническое решение, алгоритмы программной обработки сигнала, система цифрового интерфейса с ПК, а также конструктивное решение корпуса выключателя.

*Ключевые слова:* ёмкостной выключатель, надежность, влагозащищенность, IP68, STM32, перенос заряда, фильтрация аналогового сигнала.

емкостного выключателя. Вернемся к работе емкостного выключателя. При приближении объекта, являющегося проводником или имеющего высокую диэлектрическую постоянную, к чувствительной поверхности выключателя, увеличивается емкость связи между электродами ВЧ-генератора. Это приводит к тому, что в последнем возникают автоколебания. Их амплитуда регистрируется оценочной схемой, и пройдя несколько стадий обработки, она преобразуется в команду включения выхода выключателя.

Конструктивно (рис. 1) такие выключатели, как правило, имеют форму цилиндра с резьбой, с одного торца которого расположена чувствительная поверхность выключателя, а с другого выход кабеля, светодиодный индикатор, а также отверстие для доступа к валу потенциометра настройки ВЧ-генератора (т.е. потенциометра настройки чувствительности). С торцов цилиндр, выполненный из металла, закрывается запрессованными в него пластиковыми заглушками. Одна из них, со стороны чувствительной поверхности, является сплошной, а другая имеет соответствующие отверстия под кабель, светодиод и вал потенциометра. Ввиду этого производитель в своем большинстве заявляет защищенность класса IP68 только с чувствительной стороны.

Однако заявленная защищенность не всегда соответствует реальному положению дел. Иногда, например при заливке внутренних полостей выключателя компаундами с низкой текучестью, между компаундом и корпусом выключателя остаются незаполненные полости.



Рис. 1. Строение конструкции типичного емкостного выключателя

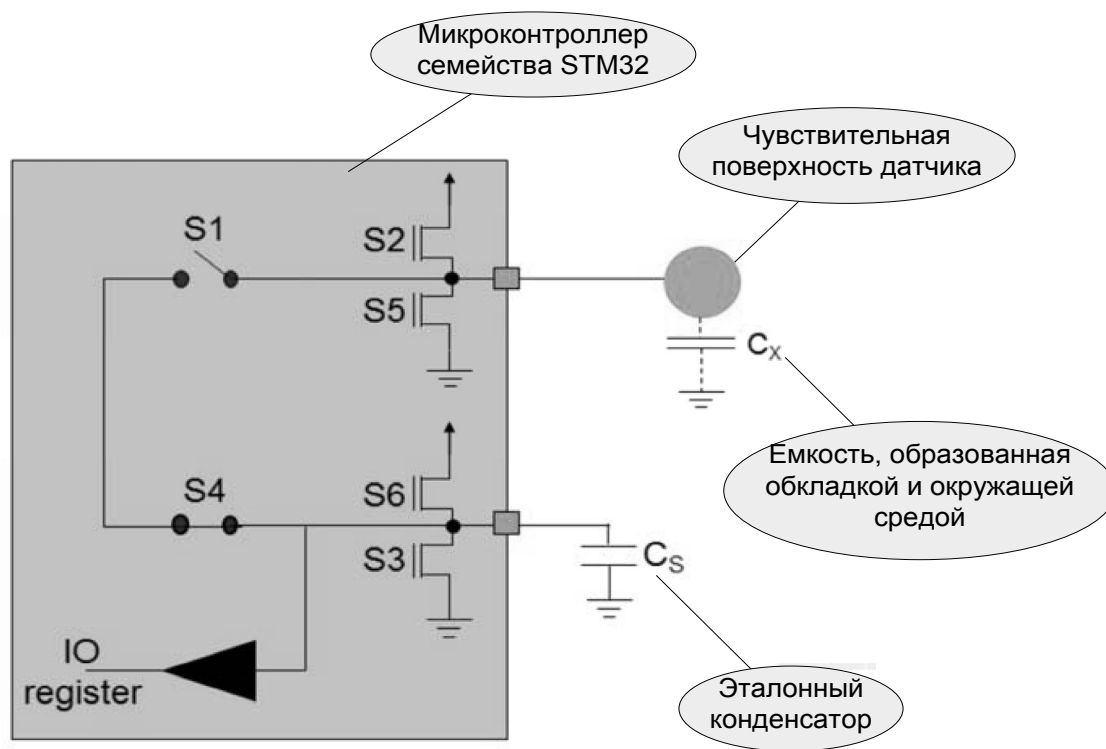


Рис. 2. К принципу измерения емкостного выключателя

В случае периодического погружения чувствительной поверхности выключателя в рабочую среду с высокой текучестью, в них со временем может попасть последняя через зазоры в месте прилегания пластиковой крышки к стенкам цилиндра. Результатом этого становится выключатель, который «завис» во включенном состоянии. В свою очередь термоциклирование, со-

провожающее нас в повседневной жизни, многократно ускоряет процесс проникновения влаги в упомянутые выше полости.

Со стороны ввода кабеля обычно заявляется степень защиты IP65. Она, к сожалению, также заявляется зачастую только на бумаге. Основной источник проблем —

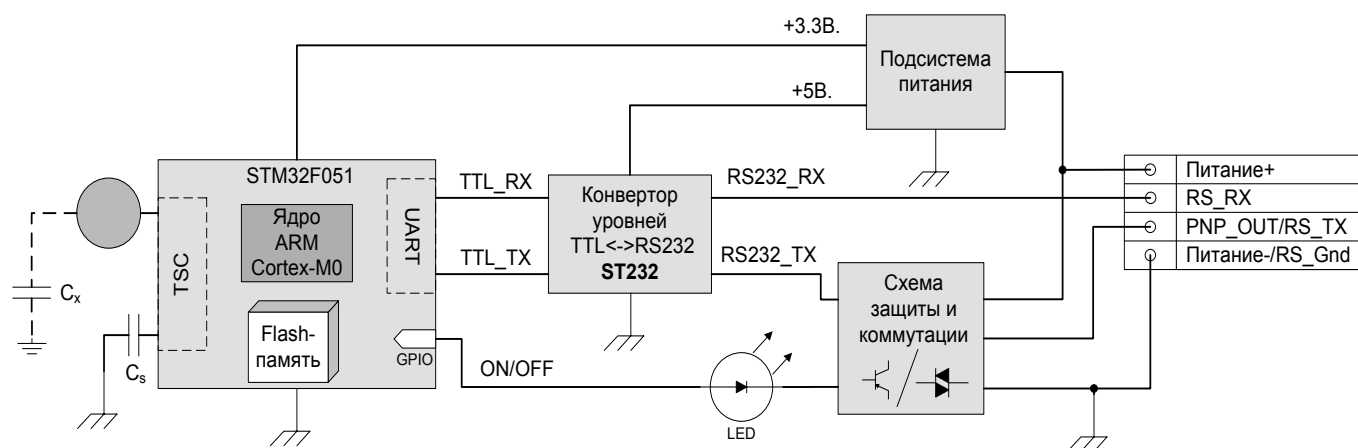


Рис. 3. Структурная схема емкостного выключателя

это вал потенциометра, не герметизированный с корпусом выключателя. При высокой влажности окружающего воздуха влага может проникнуть как внутрь самого потенциометра, так и дальше к другим электронным компонентам (в случае некачественной заливки компаундом). Как результат — в лучшем случае чувствительность выключателя будет изменяться. Особенно ярко этот эффект отражается при применении в конструкции выключателя дешёвых потенциометров, в которых возникает эффект перехода по типу гистерезиса от одного положения к другому. В худшем проникновение влаги приведет к полному выходу из строя выключателя.

Таким образом, основными проблемными местами емкостных выключателей являются электромеханические компоненты (потенциометры), а также негерметичности и неоднородности материалов корпусов.

Разработка, описанная в данной статье, в первую очередь направлена на устранение перечисленных выше недостатков.

В качестве основы защищенного емкостного выключателя был выбран микроконтроллер серии STM32F051. Среди остальных контроллеров, имеющих память FLASH или EEPROM и интерфейс UART, выбор пал именно на него из-за наличия встроенного контроллера TSC (Touch Sense Controller) и достаточно низкой цены. Основой механизма измерения электрической ёмкости окружающей среды является именно TSC. Для настройки емкостного выключателя используется передача данных по последовательному каналу через UART. Сохраняются настройки в энергонезависимую FLASH-память. Более подробно этот микроконтроллер описан в [2].

Рассмотрим более подробно механизм измерения электрической емкости, применяющийся в дан-

ном выключателе. Его основой является контроллер TSC, который изначально предполагался фирмой STMicroelectronics для реализации сенсорных кнопок. Принцип работы емкостного выключателя основан на измерении электрической емкости чувствительной поверхности выключателя (далее — обкладка) путем переноса заряда на эталонный конденсатор. При изменении электрических свойств среды, окружающей обкладку выключателя, изменяется и электрическая емкость обкладки.

Обкладка выключателя образована одним круглым электродом. Данный электрод подключен к одному из входов контроллера емкостных сенсоров (TSC), интегрированного в микроконтроллер семейства STM32 (см. рис. 2). Как описано в [3], принцип измерения емкости заключается в переносе заряда на эталонный конденсатор с постоянной емкостью до момента заряда последнего до установленного напряжения.

Цикл измерения заключается в следующих шагах:

1. Сброс счетчика контроллера;
2. Разряд емкостей  $C_x$  и  $C_s$  (ключи S1 и S3 замкнуты, S2 разомкнут);
3. Пауза (все ключи разомкнуты);
4. Заряд емкости  $C_x$  (ключи S1 и S3 разомкнуты, S2 замкнут);
5. Пауза (все ключи разомкнуты);
6. Перенос заряда из  $C_x$  в  $C_s$  (ключи S2 и S3 разомкнуты, S1 замкнут);
7. Пауза (все ключи разомкнуты);
8. Инкрементация счетчика контроллера на 1;
9. Проверка напряжения на  $C_s$  (все ключи разомкнуты). Если напряжение меньше напряжения логической «1», то повторяются пп. 4–9;
10. Чтение результата измерений из счетчика контроллера.

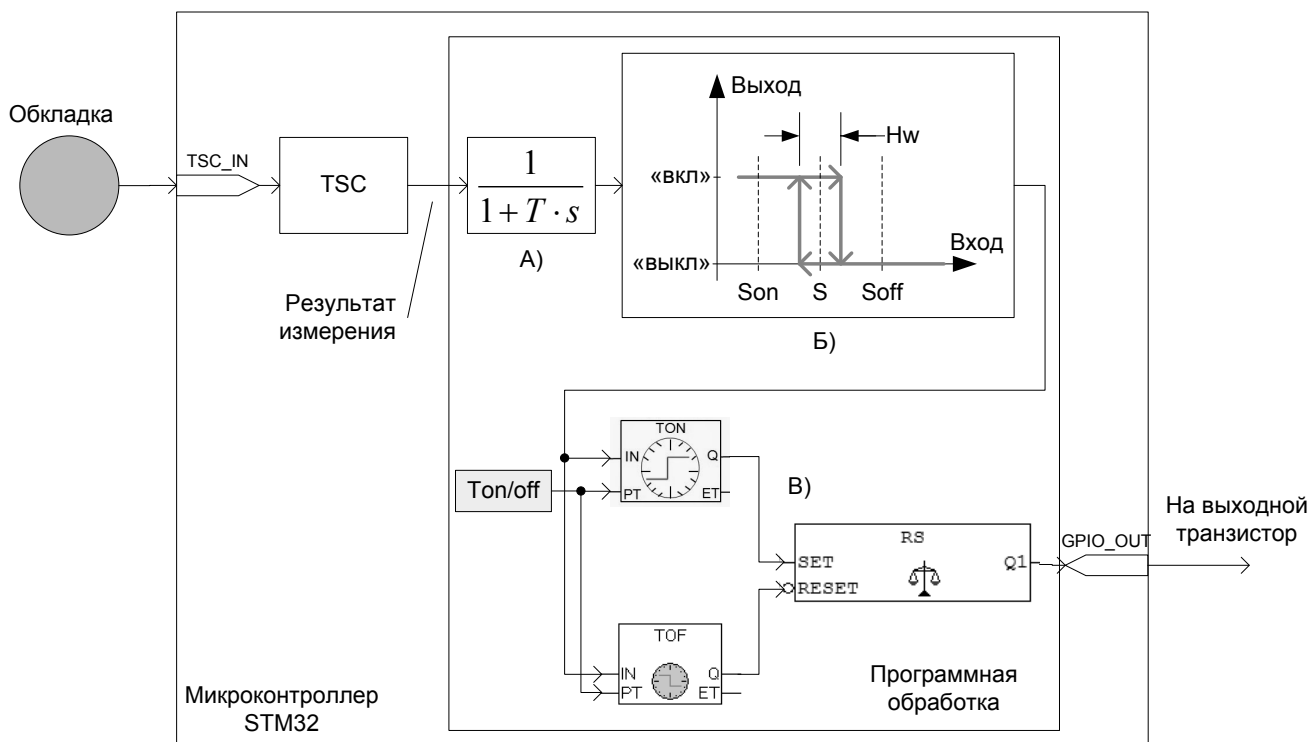


Рис. 4. Обработка результатов измерений: А) — инерционность, Б) — гистерезис, В) — схема ограничения частоты переключений

В результате, при увеличении электрической емкости внешней среды, увеличится и емкость обкладки. Это приводит к тому, что число итераций (т.е. результирующее значение в счетчике контроллера) в одном цикле измерения, необходимое для того, чтобы зарядить эталонный конденсатор, уменьшается. И наоборот, если электрическая емкость среды уменьшается, число итераций увеличивается. Таким образом можно определить изменения во внешней среде выключателя.

Структурно емкостной выключатель состоит из четырех основных блоков. Связь емкостного выключателя с внешней аппаратурой осуществляется по 4-х проводному кабелю (см. рис. 3). По линиям «Питание+» и «Питание-/RS\_Gnd» осуществляется питание выключателя. По линии «RS\_RX» данные через интерфейс RS232 передаются к выключателю. Линия «PNP\_OUT/RS\_TX» служит для управления нагрузкой, а также для передачи информации через интерфейс RS232 от выключателя. Режим работы этой линии по умолчанию устанавливается как «Выход PNP» и соответствует стандартно применяемому выходу ключа типа P-N-P как и у других емкостных выключателей. Для переключения данной линии в режим передачи данных по RS232, в выключатель необходимо отправить команду на переключение режима работы этой линии через линию «RS\_RX». Защита от бросков напряжения, а также коммутация и управление выходом

выключателя осуществляются схемой защиты и коммутации. Преобразование уровней сигналов из RS232 в TTL выполнено на микросхеме ST232. Подсистема питания включает в себя два линейных фиксированных регулятора напряжения номиналом 3.3 и 5 вольт. Основная обработка сигналов, прием и передача данных, а также управление выходным ключом осуществляется микроконтроллером серии STM32F051.

Программная обработка измерений, полученных контроллером емкостных сенсоров, представлена на рис 4.

На первом этапе производится фильтрация значений через инерционное звено для сглаживания шума и статистических выбросов. Затем сигнал проходит через гистерезис и таймеры включения/выключения для ограничения частоты переключения выходного сигнала. И только после этого уже дискретный сигнал подается на выход микроконтроллера, управляющий выходным ключом.

Корпус выключателя выполняется с помощью литья. Печатные платы с компонентами и запрограммированными микроконтроллерами, а также с подключенным к ним кабелем помещаются в цилиндрическую литьевую форму. В ней производится их заливка жидким адепре-ном, который в процессе полимеризации превращается

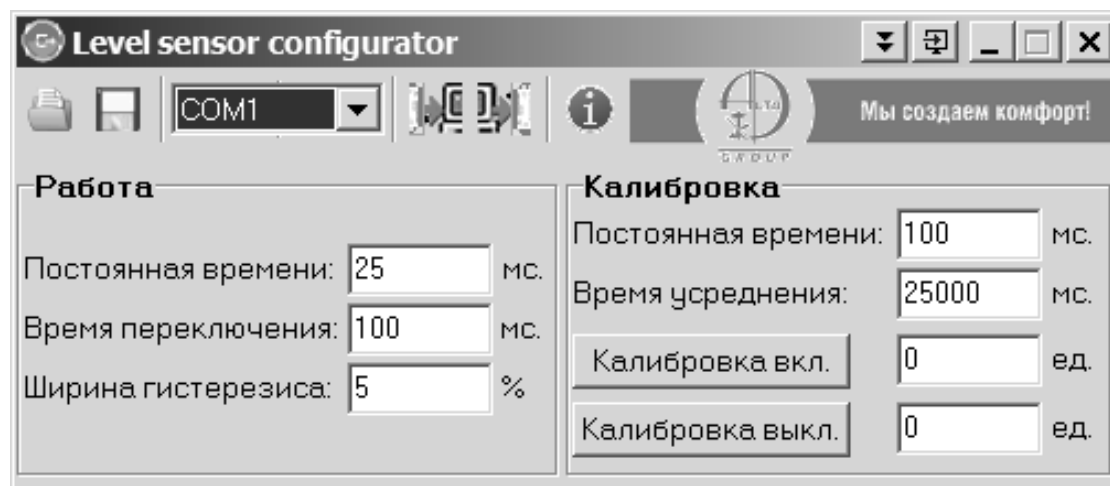


Рис. 5. Интерфейс конфигурационного ПО

в полиуретан. Таким образом, заливка и формирование корпуса совмещены в одной технологической операции. Полученный корпус обладает всеми необходимыми требованиями: он достаточно жёсткий для предотвращения деформации конструкции, не хрупок, герметичен, не абсорбирует влагу, стоек к маслам и нефтепродуктам, является хорошим диэлектриком и «прозрачен» для электрического поля, а также позволяет извне наблюдать свечение светодиода, расположенного на печатной плате выключателя. Этим путем достигается реальная степень защиты выключателя IP68.

Настройка ёмкостного выключателя производится с помощью графического ПО для ПК. На данный момент разработана версия конфигурационного ПО для ОС семейства Windows (рис. 5). С его помощью пользователь может производить удаленную настройку всех параметров, перечисленных на рис. 4. Это позволяет производить настройку ёмкостного выключателя, не имея физического доступа к нему. Для конечного пользователя перед использованием достаточно откалибровать выключатель при нахождении его в различных средах. При

погружении в среду с более высокой диэлектрической постоянной калибруется состояние «Включено», а в среде с более низкой диэлектрической постоянной — состояние «Выключено». Оба этих действия производятся с помощью нажатия соответствующих кнопок — «Калибровка вкл.» и «Калибровка выкл.».

Таким образом был разработан ёмкостной выключатель, лишенный основных недостатков большинства традиционных ёмкостных выключателей. Его корпус, полностью литой из полиуретана, обеспечивает степень защиты IP68 и надежно защищает компоненты выключателя от проникновения пыли и влаги. Отсутствие электромеханических элементов значительно повышает надежность конструкции, и, при соблюдении условий эксплуатации, делает её практически вечной. Отказ от аналоговых элементов настройки позволил устранить её дрейф, возникающий при изменении внешних условий окружающей среды. Применение таких выключателей в системах автоматики позволит значительно повысить отказоустойчивость и долговечность последних.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александр Калачев. Сенсорные кнопки? — с решениями от STM еще проще!//Новости Электроники. 2011. № 9.
2. STM32F051 Reference Manual// [http://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/dm00031936.pdf](http://www.st.com/resource/en/reference_manual/dm00031936.pdf)
3. STM32 Touch Sensing Controller// [http://www.st.com/resource/.../stm32l4\\_peripheral\\_touchsense.pdf](http://www.st.com/resource/.../stm32l4_peripheral_touchsense.pdf)

# МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО СОПОСТАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ЛАЗЕРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО ДАЛЬНОМЕРА ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

## METHOD FOR COMPLEX REGISTRATION OF MEASUREMENT DATA FROM LASER SCANNER DURING MOBILE ROBOT MOVEMENT

S. Luksha

*Summary.* This paper is about development, realization and test of method for complex registration measurement data received from laser scanner sensor, which attached to mobile robot. Received information about displacement can be used for onboard measurement system as additional source of navigation data.

*Keywords:* onboard measurement system, laser scanner, mobile robot, point cloud registration.

Лукша Сергей Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
радиотехнический университет»  
lukshasergei@yandex.ru

*Аннотация.* Рассматривается разработка, реализация и испытание метода сопоставления измерительной информации, полученной в ходе сканирования пространства функционирования мобильного робототехнического комплекса. Предлагается использовать полученные данные при сопоставлении как источник навигационных данных для мобильного робототехнического комплекса.

*Ключевые слова:* информационно-измерительная система, лазерные сканеры, мобильный робототехнический комплекс, сопоставление трёхмерных сцен.

## Введение

**А**нализ измерительной информации с бортовой информационно-измерительной системы (БИИС) мобильного робототехнического комплекса (МРТК) играет основополагающую роль для обеспечения эффективного функционирования МРТК в его пространстве функционирования (ПФ). Среди основных задач, решаемых при функционировании МРТК в ПФ являются навигация, оценка параметров препятствий и траекторное управление. В зависимости от условий функционирования качество оценки параметров перемещения может варьироваться, поэтому получение оценки от различных типов датчиков также может повысить эффективность функционирования.

В настоящей работе предлагается рассмотреть вопрос анализа измерительной информации с лазерного сканирующего дальномера (ЛСД), способного формировать трёхмерные сцены ПФ для оценки параметров перемещения МРТК в ходе сканирования, а также процесс формирования общей трёхмерной сцены ПФ на основе сопоставления частных сцен.

*Цель работы* — разработка комплексного алгоритма сопоставления частных трёхмерных сцен для анализа перемещения МРТК в ПФ и формирования общей трёхмерной сцены ПФ.

## Теоретическая часть

В робототехнике сформировалось направление, образующее группу методов и получившее название SLAM (от англ. Simultaneous Localisation and Mapping — Одновременная локализация и картографирование). Задача методов: сформировать представление о ПФ при его исследовании. В большинстве случаев предполагается, что МРТК попадает в ПФ впервые и ему требуется осуществлять как локализацию — то есть определение местоположения с последующим перемещением в заданную позицию, так и картографирование, то есть формирование интегрального представления о ПФ. Зачастую в методах определения местоположения используется информация об относительном смещении объектов ПФ в ходе движения мобильной робототехнической платформы.

Первыми работами в этом направлении можно считать [1], [2], описывающие возможности использования объекты окружающего пространства как опорных точек при навигации. Позже в работах [3], [4], [5] была поставлена задача корреляции положения объектов, зарегистрированных сенсорной системой с разных местоположений мобильного робота. В работах [6], [7], были рассмотрены вопросы оптимизации вычислений при использовании алгоритмов локализации и картографирования.

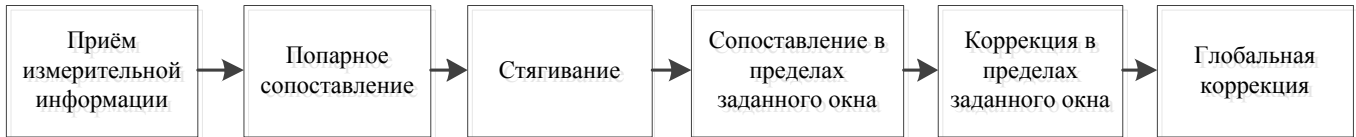


Рис. 1. Общая структура алгоритма сопоставления

Одним из наиболее распространённых алгоритмов для сопоставления является Итеративный алгоритм ближайших точек, предложенный в работах [8],[10] и более детально представленный в работе [9] с описанием различных вариантов. Несмотря на использование различных модификаций, алгоритм ИСР, для стабильной работы системы сопоставления используются начальные приближения с других типов датчиков. Поэтому предлагается рассмотреть комплексный алгоритм, который способен осуществлять достоверную оценку перемещения МРТК в ПФ без использования корректирующей информации от других типов датчиков.

Одними из наиболее популярных сенсоров сканирующего типа в робототехнике являются ЛСД высокого разрешения (ЛСДВР) Velodyne. Серьёзным недостатком этого датчика является неравномерность горизонтального и вертикального разрешения, что сказывается на сложности сопоставления данных классическим алгоритмом. Делая акцент на этих особенностях, в настоящей работе предлагается алгоритм, позволяющий компенсировать влияние факторов неравномерности углового разрешения и деформацию пространственного представления при использовании данных, полученных в ходе перемещения МРТК с ЛСДВР Velodyne и аналогичных по конструкции.

Пусть  $P$  — множество измерений, полученных за определённый период времени в ходе перемещения МРТК. В множество  $P$  входят подмножества  $P = \{P_1, \dots, P_{N_p}\}$ , каждое из которых сформировано из измерений, полученных за один полный оборот ЛСДВР вокруг вертикальной оси. Каждое из подмножеств  $P_i, i=1, \dots, N_p$  будем называть частной трёхмерной сценой,  $N_p$  — количество трёхмерных сцен, входящих в полученный массив измерений. Каждая из трёхмерных сцен в свою очередь состоит из множества пространственных положений измерений или точек

$$P_k = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix}.$$

Каждая из сформированных трёхмерных сцен имеет определённую структуру в соответствии с типом

сканирующего устройства. Так, для ЛСДВР Velodyne структуру можно представить в виде матрицы, где каждая строка соответствует лазерному сканирующему модулю (ЛСМ), а каждый столбец соответствует угловому положению сканирующей головки. При числе ЛСМ в устройстве  $l_{sn}$ , порядковом номере углового положения сканирующей головки  $hda$  и номере ЛСМ  $l$ , порядковый номер точки в массиве измерений  $k$  будет определяться как

$$k = hda \cdot l_{sn} + l$$

Основной задачей алгоритма сопоставления для двух трёхмерных сцен  $P_b$  и  $P_c$  является поиск такого вращения  $R$  и перемещения  $\tau$ , при которых справедливо выражение

$$P_c = RP_b + \tau$$

Поскольку при сканировании с разных пространственных положений области отражения лазерного луча не совпадают, то выражение можно определить как минимизацию функции вида

$$E(R, \tau) = \sum_i \|p_{c,i} - (Rp_{b,i} + \tau)\|^2$$

где  $p_{b,i}$  и  $p_{c,i}$  — соответствующие точки из трёхмерных сцен  $P_b$  и  $P_c$ . Понятие соответствующих точек подразумевает, что для области пространства, в котором произошло отражение лазерного электромагнитного излучения от поверхности с получением исходных данных

$$\{r_{b_i}, a_{b_i}, \varphi_{b_i}, \psi_{b_i}, \chi_{b_i}, t_{b_i}\}$$

и далее точки  $p_{b,i}$  является наиболее близким областью пространства, в котором произошло отражение лазерного электромагнитного излучения с получением исходных данных

$$\{r_{c_i}, a_{c_i}, \varphi_{c_i}, \psi_{c_i}, \chi_{c_i}, t_{c_i}\}$$

и далее точки  $p_{c,i}$ .

Задача алгоритма сопоставления заключается в последовательном вычислении пространственного положения мобильной платформы в каждый момент вре-



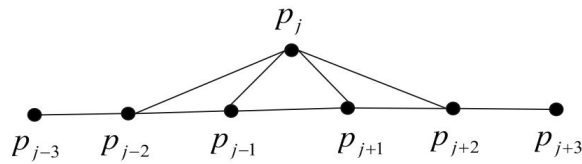


Рис. 2. Схематическое изображение точек, полученных на основе измерений с одного ЛСМ.

мени получения измерительной информации. Общая структура алгоритма представлена на рисунке 1.

Рассмотрим алгоритм выделения особых точек. Пусть  $P_{b, l_i}$  подмножество трёхмерной сцены  $P_b$ , включающее измерения, полученные с помощью одного ЛСМ,

$$P_{b, l_i} = \{p_1, \dots, p_j, \dots, p_{N_{b, l_i}}\},$$

где  $N_{b, l_i}$  — количество измерений, полученное ЛСМ, причём

$$N_{b, l_i} = \frac{N_{P_b}}{l_{sn}}$$

Выберем исследуемую точку  $p_j$ , такую что  $p_j \in P_{b, l_i}$ ,  $j \neq 1$  и  $j \neq N_{b, l_i}$ . Рассмотрим две соседние точки,  $p_{j-1}$  и  $p_{j+1}$ . Используя алгоритм определения важности узла [107] определим, насколько исследуемая точка будет эффективна при поиске соответствующей ей. Важность точки определим согласно выражению

$$I_j = \left\| p_j - p_{j-1} \right\|^2 + \left\| p_{j+1} - p_j \right\|^2 - \left\| p_{j+1} - p_{j-1} \right\|^2$$

На рисунке 2 схематически представлена окрестность исследуемой точки  $p_j$ , которая обладает наивысшей важностью среди рассматриваемых, поскольку

$$\left\| p_j - p_{j-1} \right\|^2 + \left\| p_{j+1} - p_j \right\|^2 > \left\| p_{j+1} - p_{j-1} \right\|^2.$$

Точки  $p_{j-1}$  и  $p_{j+1}$  также обладают высокой важностью, а точки  $p_{j-2}$  и  $p_{j+2}$  обладают низкой важностью, поскольку

$$\left\| p_{j-2} - p_{j-3} \right\|^2 + \left\| p_{j-1} - p_{j-2} \right\|^2 \approx \left\| p_{j-1} - p_{j-3} \right\|^2$$

и  $I_{j-2} \approx 0$ , а также аналогично

$$\left\| p_{j+3} - p_{j+2} \right\|^2 + \left\| p_{j+2} - p_{j+1} \right\|^2 \approx \left\| p_{j+3} - p_{j+1} \right\|^2$$

и  $I_{j+2} \approx 0$ .

Важной особенностью предлагаемого алгоритма сопоставления является его оценка на предмет правдоподобия с учётом текущих параметров движения МРТК.

Предлагается ввести динамический порог по расстоянию среди найденных соответствий

$$d_{tr} = d_{min} + \alpha_1 \bar{d} \cdot \exp(\alpha_2 i_{iter})$$

где  $d_{min}$  — минимальное значение порогового расстояния,  $\bar{d}$  — среднее расстояние между соответствующими точками при последней итерации сопоставления,  $i_{iter}$  — номер текущей итерации,  $\alpha_1$  — коэффициент пропорциональности, определяющий превышение порога над фактическими значениями расстояния между соответствующими точками,  $\alpha_2$  — коэффициент, определяющий скорость уменьшения расстояния в зависимости от итерации,  $\alpha_2 < 0$ .

Из полученных и принятых соответствий формируется множества точек

$$\hat{P}_b = \{\hat{p}_{b,1}, \dots, \hat{p}_{b, N_{cor}}\} \text{ и } \hat{P}_c = \{\hat{p}_{c,1}, \dots, \hat{p}_{c, N_{cor}}\}$$

где  $N_{cor}$  — количество найденных и принятых соответствий и для каждой точки  $\hat{p}_{b,i}$  точка  $\hat{p}_{c,i}$  является соответствующей. В предлагаемом алгоритме используется метод оценки трансформации, основанном на сингулярном разложении [9]. Имея множества соответствующих точек определим центроиды для двух сканов среди найденных соответствий. Центroidы  $M_b$ ,  $M_c$  для множеств  $\hat{P}_b$ ,  $\hat{P}_c$  определяться как

$$M_b = \frac{1}{N_{cor}} \sum_{i=1}^{N_{cor}} \hat{p}_{b,i} \quad M_c = \frac{1}{N_{cor}} \sum_{i=1}^{N_{cor}} \hat{p}_{c,i}$$

Несмещённые множества точек определяются как

$$P'_b = \hat{P}_b - M_b \quad P'_c = \hat{P}_c - M_c$$

при этом  $P'_b = \{p'_{b,1}, \dots, p'_{b, N_b}\}$ ,  $P'_c = \{p'_{c,1}, \dots, p'_{c, N_c}\}$ . Сингулярное разложение корреляционной матрицы

$$H = \sum_i p'_{b,i} p'_{c,i}{}^T$$

в виде  $H = U \Lambda V^T$ , где  $U$ ,  $V$  — ортонормальные матрицы и  $\Lambda$  — диагональная матрица с положительными элементами позволяет определить вращение как

$$R = VU^T$$

Для повышения эффективности алгоритма сопоставления используются комбинации следующих стратегий:

1. Парное сопоставление — каждое последующая полученная сцена сопоставляется с предыдущей. Стратегия используется для грубого приближения и первоначального формирования представления о ПФ.

2. Стягивание — каждое последующая полученная сцена сопоставляется с базовой из текущей группы, которая используется до тех пор, пока сохраняется эффективность сопоставления. При снижении эффективности роль базовой сцены переходит к последней успешно сопоставленной;

3. Сопоставление в пределах заданного окна — осуществляется для повышения качества сопоставления за счёт использования набора сцен в пределах окна;

4. Коррекция в пределах заданного окна — коррекция параметров сопоставлений в соответствии с используемым критерием в пределах заданного окна;

5. Глобальная коррекция — коррекция параметров сопоставлений в соответствии с используемым критерием на всём рассматриваемом наборе сцен.

Особое внимание уделено сопоставлению частных сцен при движении МРТК. Вводится понятие скорости соответствия, под которым подразумевается значение скорости МРТК, определённое на основе найденного сопоставления.

Для найденных множеств соответствующих точек  $P_c$  и  $P_b$  определим два множества индексов

$$I_{base} = \{idx_{base,1}, \dots, idx_{base,N_{cor}}\}$$

и

$$I_{cor} = \{idx_{cor,1}, \dots, idx_{cor,N_{cor}}\},$$

содержащие индексы пар соответствий в множестве  $P_b$  (для  $I_{base}$ ) и  $P_c$  (для  $I_{cor}$ ). Кроме этого, введём множество моментов времени, в которые была получена измерительная информация

$$T = \{t_1, \dots, t_{N_T}\},$$

где  $N_T$  — общее количество пакетов измерительной информации формата  $\{r, a, \chi, \psi, t\}$  в множестве  $\mathbf{P}$ . Для каждого множества соответствующих точек определим два множества моментов времени

$$T_{base} = \{t_{base,1}, \dots, t_{base,N_{cor}}\}$$

и

$$T_{cor} = \{t_{cor,1}, \dots, t_{cor,N_{cor}}\},$$

каждый элемент которых определяет момент времени, в который было получено измерение соответствующей точки, для множеств  $P_b$  и  $P_c$  соответственно. Тогда линейная скорость соответствий будет определяться как

$$v_{tx,i} = \frac{P_{c,idx_{cor,i},x} - P_{b,idx_{base,i},x}}{t_{cor,i} - t_{base,i}}$$

$$v_{ty,i} = \frac{P_{c,idx_{cor,i},y} - P_{b,idx_{base,i},y}}{t_{cor,i} - t_{base,i}}$$

$$v_{tz,i} = \frac{P_{c,idx_{cor,i},z} - P_{b,idx_{base,i},z}}{t_{cor,i} - t_{base,i}}$$

где  $v_{tx,i}, v_{ty,i}, v_{tz,i}$  — линейная скорость соответствий по каждому из параметров для  $i$ -ого соответствия,  $P_{c,idx_{cor,i},x}$  — значение координаты  $x$  для соответствующей точки с индексом  $idx_{cor,i}$  из множества  $P_c$ ,  $P_{b,idx_{base,i},x}$  — значение координаты  $x$  для соответствующей точки с индексом  $idx_{base,i}$  из множества  $P_b$ .

Вводится понятие ограничения скорости соответствия в двух категориях: ограничения первой категории связаны с физическими возможностями МРТК и её кинематической схемой; ограничения второй категории связаны с текущими параметрами движения МРТК и невозможностью мгновенно изменить скорость движения. Коррекция комплексным алгоритмом сопоставления осуществляется с использованием ограничений скоростей соответствия.

### Экспериментальная часть

Проведены экспериментальные исследования комплексного алгоритма сопоставления частных трёхмерных сцен. Эксперимент с использованием смоделированных данных проводился в программном модуле MATLAB. В качестве смоделированных данных использовались трёхмерные сцены, полученных моделью ЛСДВР Velodyne HDL-32E. Сбор данных в ходе движения МРТК приводит к нарушению целостности трёхмерной сцены, что выражается в виде геометрических искажений. Использование алгоритма на основе скорости соответствий позволило компенсировать влияния равноускоренного движения на формируемую трёхмерную сцену.

Таблица 1. Результаты эксперимента по перемещению МРТК по замкнутой траектории на территории кампуса РГРТУ

№	Длина пройденного пути, м	Расстояние между стартовой и финишной точкой траектории после сопоставления, м		
		Базовый алгоритм	Комплексный алгоритм с коррекцией в пределах заданного окна	Комплексный алгоритм с глобальной коррекцией
1	118,5	3,34	0,24	0,12
2	194,4	8,08	0,45	0,06
3	482,15	28,03	9,22	1,26

Анализ показал, что для предложенного алгоритма показатель среднеквадратического отклонения составил  $\sigma_{cs} = 1,16$ , в то время как для классического алгоритма он составил  $\sigma_c = 5,78$ , что почти в 5 раз выше.

Для экспериментов на реальных данных был произведён сбор измерительной информации с использованием ЛСДВП Velodyne HDL-32E, установленного на МРТК на базе Газель «Бизнес» вместе с системой ГНСС Garmin 18x LVC. Перемещение осуществлялось по траекториям с совпадающими точками старта и финиша. Для оценки предлагается использовать полученные значения расстояния между оцененными положениями старта и финиша в качестве критерия эффективности предложенного комплексного алгоритма сопоставления. В табл. 1 представлены результаты эксперимента на реальных данных, полученных в ходе перемещения МРТК, пилотируемой оператором по территории Рязанского радиотехнического университета (РГРТУ) и показатели расстояния между начальной и конечной точкой маршрута. Суммарная ошибка достижения МРТК точки старта составляет не более 0,1 м.

В результате экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- ♦ разработанный комплексный алгоритм сопоставления позволяет осуществлять оценку перемещения МРТК с ошибкой не более 0,02 м на 1 м перемещения в условиях городской местности, что в 8–10 эффективнее, чем базовый алгоритм.
- ♦ оценка скорости МРТК, проведённая на основе скоростей соответствия в рамках комплексного алгоритма сопоставления позволяет снизить геометрические искажения при движении МРТК до 3 раз эффективнее, чем при использовании базового алгоритма.

Помимо оценки перемещения в ходе эксперимента была получена трёхмерная сцена ПФ МРТК на базе совмещённых частных сцен.

## ВЫВОДЫ

Разработанный алгоритм позволил получить дополнительный источник навигационной информации для МРТК и может быть использован в условиях низкой эффективности других навигационных систем. Кроме этого, точное сопоставление трёхмерных сцен для оценки параметров объектов ПФ требует анализа объектов ПФ частных сцен, что и было проведено в рамках разработанного алгоритма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. R. Smith and P. Cheesman. On the representation of spatial uncertainty. *Int. J. Robotics Research*, 5(4):56–68, 1987.
2. H.F. Durrant-Whyte. Uncertain geometry in robotics. *IEEE Trans. Robotics and Automation*, 4(1):23–31, 1988
3. H. Durrant-Whyte, D. Rye, and E. Nebot. Localisation of automatic guided vehicles. In G. Giralt and G. Hirzinger, editors, *Robotics Research: The 7th International Symposium (ISRR'95)*, pages 613–625. Springer Verlag, 1996.
4. M. Csorba. Simultaneous Localisation and Map Building. PhD thesis, University of Oxford, 1997
5. M. Csorba and H. F. Durrant-Whyte. A new approach to simultaneous localisation and map building. In *Proceedings of SPIE Aerosense, Orlando, 1996*
6. J. Hollerbach and D. Koditscheck (Editors). *Robotics Research, The Ninth International Symposium (ISRR'99)*. Springer-Verlag, 2000.
7. S. Thrun, D. Fox, and W. Burgard. A probabilistic approach to concurrent mapping and localization for mobile robots. *Machine Learning*, 31(1):29–53, 1998
8. Chen, Y. and Medioni, G. «Object Modeling by Registration of Multiple Range Images,» *Proc. IEEE Conf. on Robotics and Automation*, 1991.
9. S. Rusinkiewicz, M. Levoy. Efficient Variants of the ICP Algorithm, *3-D Digital Imaging and Modeling*, 145–152
10. Besl, P. and McKay, N. «A Method for Registration of 3-D Shapes,» *Trans. PAMI*, Vol. 14, No. 2, 1992.

## ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ДАТЧИК ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ

### SURFACE PROFILE SENSOR

**A. Cherepanov**  
**I. Tyshchenko**  
**M. Popova**  
**D. Vakhnin**  
**Yu. Bochkarev**  
**S. Pesterev**

*Summary.* This article gives an overview of the of development of an optoelectronic surface profile sensor (primary sensor of various measuring instruments and systems) designed for non-contact measurement and control of surface profile, position, displacement, dimensions, recognition of technological objects, construction of 3D models. The description of the chosen design solution and the scheme of operation of the optical system is given. In particular, the calculation of the laser triangulation sensor is given and methods for increasing the measurement accuracy are described. In the article the structural scheme of the sensor and the conditions of its operation are presented.

*Keywords:* optoelectronic sensor, optical systems, surface profile control, psd photosensor, automated measuring systems, cmos-matrix, laser triangulation.

**Черепанов Александр Николаевич**

*К.ф.-м.н., доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, tchustu@mail.ru*

**Тыщенко Игорь Сергеевич**

*Лаборант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, tis-public@yandex.ru*

**Попова Мария Александровна**

*Лаборант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, mari.mashapopova@mail.ru*

**Вахнин Дмитрий Олегович**

*Лаборант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, dmitrii.vakhnin@gmail.com*

**Бочкарев Юрий Владимирович**

*Инженер, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, bocha@d-test.ru*

**Пестерев Сергей Николаевич**

*Директор, ООО «Оптические измерительные системы» pesterev@d-test.ru*

*Аннотация.* В данной статье приведен обзор процесса разработки оптоэлектронного датчика профиля поверхности (первичный сенсор различных измерительных приборов и систем), предназначенного для бесконтактного измерения и контроля профиля поверхности, положения, перемещения, размеров, распознавания технологических объектов, построения 3D моделей. Приведено описание выбранного конструктивного решения и схемы работы оптической системы. В частности, приведен расчет лазерного триангуляционного датчика и описаны методы повышения точности измерения. В статье представлена структурная схема датчика и условия его эксплуатации.

*Ключевые слова:* оптоэлектронный датчик, оптические системы, контроль профиля поверхности, psd фотосенсор, автоматизированные измерительные системы, cmos-матрица, лазерная триангуляция.

### Введение

**Д**атчик профиля поверхности оптоэлектронный (далее по тексту «датчик») разрабатывается как первичный сенсор (электронный узел) различных измерительных приборов и систем. Датчик предназначен для бесконтактного измерения и контроля про-

филя поверхности, положения, перемещения, размеров, распознавания технологических объектов, построения 3D моделей. С использованием датчиков обеспечивается сканирование измеряемой поверхности с высокой частотой и точностью. Результатом сканирования является облако точек измеряемой поверхности в абсолютных величинах с требуемыми метрологическими

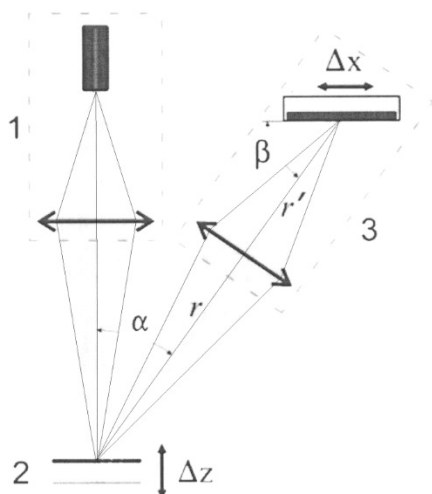


Рис. 1. Схема лазерного триангуляционного датчика

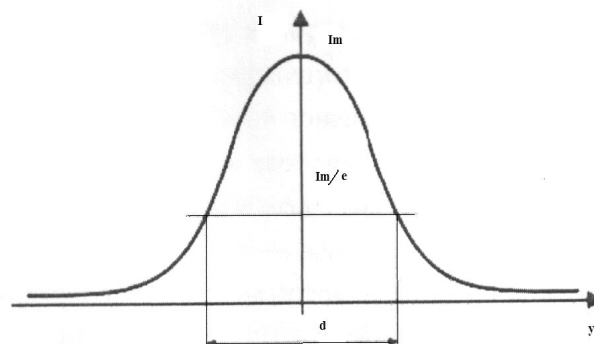


Рис. 2. Распределение Гаусса  
(I – интенсивность света, y — направление перпендикулярное распространению излучения, d — ширина зондирующего пучка).

Таблица 1. Основные технические характеристики датчика

Тип датчика	триангуляционный двумерный сенсор с встроенной лазерной подсветкой
Диапазон измерения, мм	от 140 до 250
Ширина измеряемого профиля, мм	не менее 50
Предел абсолютной погрешности измерения, % от диапазона	0,1
Быстродействие в обычном режиме,	250 профилей/с
Быстродействие в режиме повышенной частоты	500 профилей/с
Максимальное быстродействие	1900 профилей/с
Линейность, Z ось	±0.1% от диапазона
Разрешение, Z ось	0.1% от диапазона
Линейность, X ось	±0.2% от диапазона
Разрешение, X ось	80, 160, 320, 640 или 1 280 точек/профиль
Интерфейс связи	Ethernet IPv4, RS485
Электропитание, В	9–36 постоянного тока
Защита от внешних воздействий	IP67
Масса, кг, не более	1.5
Потребляемая мощность, Вт, не более	5
Габариты размеры (Д×Ш×В), мм, не более	110x150x60

характеристиками расположенных в системе координат датчика. Применение датчика возможно в следующих областях: различные отрасли промышленности (пищевая, фармацевтическая, химическая и т.д.), металлургия, нефтегазовая промышленность, приборостроение. Датчик позволяет проводить измерение: зазоров, диаметра, овальности, отклонения от круга, сварных швов, профиля поверхности, нарезов, дефектов, геометрических размеров различных изделий, а также проводить распознавание объектов.

#### Описание выбранной конструкции

Бесконтактные оптико-электронные методы измерения геометрических параметров изделий широко применяются для решения задач промышленного размерного контроля. Одним из таких методов является метод лазерной триангуляции, принцип действия которого состоит в формировании на контролируемой поверхности светового пятна, построении изображения этого пятна на многоэлементном фотоприемнике, определении по-

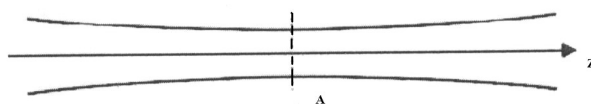


Рис. 3. Пучок Гаусса в продольном разрезе

ложения  $X$  изображения и расчете (по известной зависимости) координаты  $Z$  поверхности.

В рамках данной статьи разработан двумерный триангуляционный датчик, который выполняется в классической однокорпусной компоновке со встроенным высокоскоростным вычислителем. Такой датчик легок в использовании, не требует перекалибровки после монтажа/демонтажа и способен выдавать массив координат измеряемого объекта в абсолютных координатах без дополнительного внешнего вычислителя.

Основная задача, решаемая триангуляционным датчиком — это бесконтактное определение расстояния до объекта измерения, но на основе одного или нескольких лазерных триангуляционных датчиков могут быть реализованы лазерные 2D/3D измерители профиля, лазерные 3D сканеры, системы контроля и диагностики различных объектов, а также системы распознавания.

### Конструктивное решение

Схему лазерного триангуляционного датчика условно можно разделить на три части (рис. 1): излучающий канал, контролируемая поверхность, приемный канал.

Первая часть схемы — излучающий канал, который состоит из источника излучения и объектива, который формирует зондирующий пучок на контролируемой поверхности. В качестве источника излучения, как правило, используется лазерный диод. Распределение света, создаваемое такими источниками, называется гауссовым (рис. 2).

Шириной  $d$  зондирующего пучка называется расстояние между точками профиля интенсивности на уровне  $I_{\max}/e$ .

Перетяжкой пучка Гаусса называется минимальная ширина пучка вдоль направления распространения. На рис. 3 перетяжка расположена в плоскости  $A$ . Очевидно, в этой плоскости интенсивность зондирующего пучка достигает максимального значения.

Объектив состоит из одной или нескольких оптических линз. Относительное положение объектива и лазерного диода определяет настройку излучающего канала. Чтобы настроить лазерный модуль необходимо

выставить перетяжку в центр диапазона измерения и отцентрировать зондирующий пучок.

Результатом хорошей настройки является отцентрированный пучок, ширина и интенсивность которого симметрично изменяются относительно центра диапазона измерений.

Вторая неотъемлемая часть схемы лазерного триангуляционного датчика — это контролируемая поверхность. Каждая поверхность имеет свойство отражать или рассеивать падающее излучение. Рассеяние зондирующего излучения поверхностью контролируемого объекта используется в триангуляции как физическая основа для получения информации о расстоянии до этой поверхности. Поэтому, свойство контролируемой поверхности рассеивать зондирующее излучение является неотъемлемой частью лазерного триангуляционного датчика.

Третья часть схемы лазерного триангуляционного датчика — приемный канал, который состоит из проецирующего объектива и фотоприемника.

Проецирующий объектив формирует изображение зондирующего пятна в плоскости фотоприемника. Чем больше диаметр  $D$  объектива, тем выше его светосила, тем интенсивнее и качественнее строится изображение пятна.

В зависимости от конкретной реализации, для регистрации сформированного изображения в качестве приемника используют либо фотодиодную матрицу (ПЗС), либо позиционно-чувствительный фотоприемник (PSD). По разрешающей способности PSD превосходит ПЗС в 10 раз. Также при использовании PSD может быть достигнута большая частота измерений, чем при использовании ПЗС. Однако PSD фотоприемники могут быть использованы только при построении 1D триангуляционного датчика, имеют ряд ограничений по использованию и не рассматриваются в рамках настоящей статьи.

### Расчет триангуляционного датчика

Схема лазерного триангуляционного датчика, приведенная на рис. 1, работает следующим образом. Излучающий канал 1 формирует изображение светового пятна на контролируемой поверхности 2. Далее рассеянный контролируемой поверхностью свет попадает в прием-

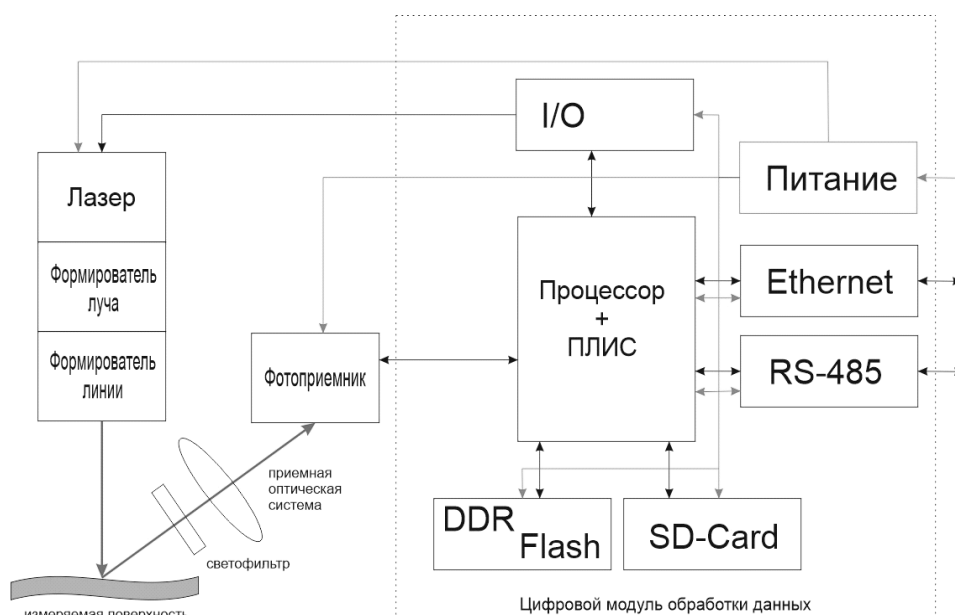


Рис. 4. Структурная схема датчика

ный канал 3. Таким образом, в плоскости фотоприемника создается изображение освещенного участка контролируемой поверхности (световое пятно). При смещении контролируемой поверхности на величину  $dZ$ , световое пятно в плоскости фотоприемника смещается на величину  $dX$  (рис. 1). Зависимость смещения контролируемой поверхности  $dZ$  от смещения светового пятна в плоскости фотоприемника  $dX$  в общем случае имеет следующий вид:

$$Z = \frac{X}{\gamma \cdot \sin \alpha}, \quad (1)$$

$$\text{где } \gamma = \frac{f}{r+f},$$

для случая  $r \gg f$ , где  $f$  — фокусное расстояние линзы проецирующего объектива,  $r$  — расстояние от контролируемой поверхности 2 до проецирующего объектива приемного канала,  $\alpha$  — угол между оптической осью приемного канала и зондирующим лучом передающего канала пересекающиеся на контролируемой поверхности расположенной в центре диапазона измерений смещений (рис. 1).

Это уравнение выполняется только для  $dZ \ll r$ , так как в этом случае угол  $\alpha$  можно считать постоянным.

При условии, что мы можем конструктивно выполнить датчик таким образом и точно измерить угол  $\alpha$  (который будет всегда постоянным и нам известным) мы можем вывести формулы, точно описывающие зависимость  $Z$  от  $X$  во всем диапазоне измерений. Например, для  $\alpha = 45^\circ$  формула приобретает вид:

$$Z = \frac{\sqrt{2} \cdot X}{\gamma \cdot (1 + \frac{X}{r})} \quad (2)$$

При движении поверхности объекта в вертикальном направлении происходит изменение величины  $r$  и связанной с ней величины  $r'$ . При этом изображение световой точки перемещается не только по оси  $X$ , но и вдоль оси оптической системы. Это означает, что только для единственного положения объекта (в центре диапазона измерения смещений) световая точка сфокусирована на оси  $X$ . При перемещении объекта из центрального положения в какую-либо сторону происходит размытие изображения. Этот эффект можно исключить, повернув плоскость изображения на угол  $\beta$  таким образом, чтобы изображение световой точки всегда было резким. Выражение для угла  $\beta$  будет иметь вид:

$$\beta = 90^\circ - \tan^{-1} \left( \frac{\gamma}{\tan \alpha} \right) \quad (3)$$

Также существуют программные методы повышения точности измерений лазерным триангуляционным датчиком, связанные с алгоритмами дополнительной обработки сигнала такие, как: интерполяция дискретного изображения для достижения субпиксельного разрешения, сглаживание видеосигнала для уменьшения влияния шероховатостей и неоднородностей и др. методы.

#### Концепция построения датчика

Датчик является классическим лазерным триангулятором. Используется двумерная триангуляция.

Принцип оптической триангуляции основан на проецировании изображения лазерной линии на измеряемом объекте на CMOS-матрицу через оптическую систему.

Излучение полупроводникового лазера формируется в виде линии и проецируется на объект. Диффузионное излучение на объекте (изображение линии) объективом собирается на двумерной CMOS-матрице. Полученное изображение контура объекта анализируется на ПЛИС и процессором, который рассчитывает расстояние до объекта (координата Z) для каждой из множества точек вдоль лазерной линии на объекте (координата X). Сканеры характеризуются началом рабочего диапазона (мертвая зона) по координате Z, рабочим диапазоном (диапазон Z) по координате Z, рабочим диапазоном по координате X в начале рабочего диапазона по Z (диапазон X передний) и в конце рабочего диапазона по Z (диапазон X задний).

Датчики могут использовать лазеры различной длины волны от 400 до 800 нм (ориентировочно). Использование различных длин волн обусловлено широким спектром задач сканирования поверхностей. Использование синих лазеров вместо традиционных красных и ИК существенно расширяет возможности датчиков, в частности, при контроле высокотемпературных объектов (горячий металл), а также органических материалов (пищевое волокно, жевательная резина).

При эксплуатации датчик устанавливается таким образом, чтобы контролируемый объект располагался в зоне рабочего диапазона датчика. Кроме того, в области прохождения падающего на объект и отраженного от него излучения не должно находиться посторонних предметов. При контроле объектов сложной формы и текстуры необходимо минимизировать попадание зеркальной составляющей отраженного излучения во входное окно датчика.

Электронные модули выполняются в виде двух- и четырехслойных печатных плат на FR-4 методом поверхностного монтажа. Все платы, разъемные соединения защищаются компаундом. Все резьбовые соединения фиксируются герметиком.

Все функциональные модули корпусируются в едином блоке (корпусе). Корпуса модулей изготавливаются из алюминиевого сплава и снабжаются крышками. Такие корпуса обеспечивают электромагнитную совместимость модулей, кондуктивный теплоотвод, механическое крепление и защиту.

Датчики могут устанавливаются (крепиться) на жесткое основание, используя три (четыре) крепежных отверстий. Для крепления одна из граней датчика выполняется точно и является базовой. Охлаждение датчика пассивное, за счет теплообмена через корпус датчика. Активная вентиляция используется для специальных применений и обеспечивается с помощью принудительной конвекции и теплообмена в защитном кожухе.

## Заключение

В данной статье приводится обзор проблем, возникающих при построении оптоэлектронных датчиков профиля поверхности для контроля геометрических параметров различной продукции на производстве, а также приведены решения некоторых из них. Представлены основные принципы построения таких датчиков.

Было разработано конструктивное решение для данных профилемеров. Подробно описана расчет триангуляционной части датчика, смоделирована его структурная схема.

Работы по статье выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках договора № 02.G25.31.0161 от 01.12.2015 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пуряев Д.Т. Оптические измерения. — М.: Машиностроение, 1987. — 264 с.
2. В.П. Коронкевич, А.Г. Полещук, А.Г. Седухин, Г.А. Ленкова Лазерные интерферометрические и дифракционные системы // Компьютерная оптика. — 2010, том 34, № 1, с. 4–23.
3. Н.П. Заказов, С.И. Киришин, В.И. Кузичев Теория оптических систем. — М.: Физматлит, 1992. — 448 с.
4. Ю.М. Климов Прикладная лазерная оптика. — М.: Машиностроение, 1985. — 66 с.
5. Dr. Ralf Mayer Precision Injection Molding // Optic & Photonic. — 2007, Vol. 2, Issue 4, p. 2–60.

© Черепанов Александр Николаевич (tchustu@mail.ru), Тыщенко Игорь Сергеевич (tis-public@yandex.ru),  
Попова Мария Александровна (mari.mashapopova@mail.ru), Вахнин Дмитрий Олегович (dmitrii.vakhnin@gmail.com),  
Бочкарев Юрий Владимирович (bocha@d-test.ru), Пестерев Сергей Николаевич (pesterев@d-test.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ ИМПЕДАНСА ПРИ ЛЕЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ПОЛУЧИВШЕГО ОЖОГ

### A STUDY OF THE IMPEDANCE IN THE TREATMENT OF A BIOLOGICAL OBJECT RECEIVED A BURN

**S. Yampilov**  
**I. Polyakova**  
**M. Voskresenskaya**  
**A. Zhigzhitov**

*Summary.* in ESSUTM apparatus bioimpedance spectrometry, which determines for a given frequency of the electric current, the resistance of biological tissues. This unit allows you to assess the condition of organs and systems of biological objects under various external influences (burn, anesthesia, drugs, etc.). Different from all existing devices in that it allows to simultaneously obtain the data of the impedance at different frequencies of the probing current.

The study aims at examining the level of impedance in the treatment of a biological object received a burn unit bioimpedance spectrometry.

It was studied the level of impedance in the treatment of a biological object received a burn unit bioimpedance spectrometry.

Observed in rats one day after the burn of esophagus pericardial inflammation, swelling, tissue necrosis as a consequence of the sharp decrease in impedance at different frequencies. Data analysis of rats under the action of the drug (0.5% solution of calendula in sea buckthorn oil) showed that with increasing exposure time of the drug is observed a slight increase in the magnitude of the impedance. That is, the drug begins to have a positive therapeutic effect on a biological object. With the increase in the frequency of the probing current on the biological object impedance decreases.

*Keywords:* apparatus, electric current, resistance of biological tissues, the frequency of the probe current, bio-impedance spectrometry, generator, power supply.

**Ямпиров Сэнгэ Самбуевич**  
*Д.т.н., профессор, Восточно-Сибирский  
государственный университет технологий и управления,  
г. Улан-Удэ*  
yampilovss@mail.ru

**Полякова Лариса Евгеньевна**  
*К.т.н., доцент, Восточно-Сибирский государственный  
университет технологий и управления, г. Улан-Удэ*  
**Воскресенская Марина Леонидовна**  
*Аспирант, Бурятский научный центр СО РАН,  
г. Улан-Удэ*

**Жигжитов Алексей Олегович**  
*Преподаватель, Восточно-Сибирский  
государственный университет технологий и управления,  
г. Улан-Удэ*

*Аннотация.* в ВСГУТУ разработан аппарат биоимпедансной спектрометрии, который определяет для заданных частот электрического тока, сопротивление биологических тканей. Данный аппарат позволяет оценить состояние органов и систем биологических объектов при различных внешних воздействиях (ожог, наркоз, лекарственных веществ и др.). Отличается от всех существующих аппаратов тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока.

Цель исследования — изучения уровня импеданса при лечении биологического объекта получившего ожог аппаратом биоимпедансной спектрометрии.

Был изучен уровень импеданса при лечении биологического объекта получившего ожог аппаратом биоимпедансной спектрометрии.

Наблюдается у крыс через сутки после ожога пищевода экссудативное воспаление, отек, тканевый некроз как следствие резкое уменьшение импеданса на разных частотах. Анализ данных крысы под действием лекарственного препарата (0,5% раствора календулы в облепиховом масле) показал, что с увеличением времени воздействия лекарственного препарата наблюдается некоторое увеличение величины импеданса. То есть лекарственный препарат начинает благоприятно оказывать лечебное воздействие на биологический объект. С увеличением частоты зондирующего тока на биологический объект импеданс уменьшается.

*Ключевые слова:* аппарат, электрический ток, сопротивление биологических тканей, частота зондирующего тока, биоимпедансная спектрометрия, генератор, блок питания.

### Введение

**А**нализ методов диагностики биологических тканей (магнитно-резонансной томографии, ультразвукового сканирования, радионуклеидной диагностики и др.), с точки зрения их использования для постоянного контроля, показывает, что большая

часть методов, даже высокотехнологичных, могут быть использованы только для периодического наблюдения за процессами в тканях в силу следующих причин: высокая лучевая нагрузка; сложность и стоимость оборудования; длительность и стоимость процедур обследования. В тоже время, для оптимизации процессов лечения внутренних органов, воспалительных и ряда других заболе-

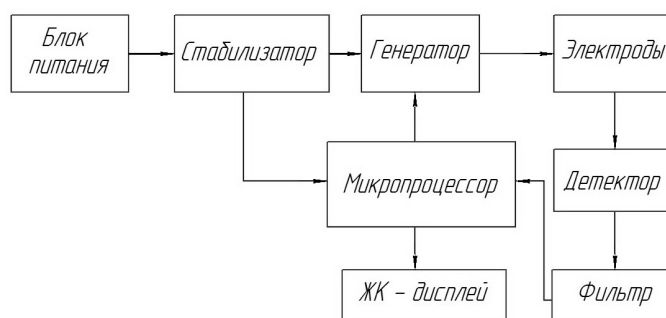


Рис. 1. Структурная схема аппарата биоимпедансной спектрометрии

ваний в мягких тканях, необходим постоянный контроль за изменениями, происходящими в этих тканях, соблюдая при этом требование безвредности, неинвазивности и простоты измерительных процедур. Указанным требованиям в значительной мере отвечает электроимпедансная спектрометрия, основанная на измерении и анализе электрического импеданса живой ткани при изменении ее физиологического состояния, при патологических состояниях, при действии повреждающих факторов (ожог, обморожение и др.). Известны устройства биоимпедансной спектрометрии, которые определяют для заданной частоты зондирующего тока — сопротивление биологических тканей. При этом данные аппараты позволяют получить информацию о состоянии биологических тканей и о водном балансе организма человека. Основными блоками данных устройств являются источник переменного тока, блок коммутации, токовые и потенциальные электроды и блок обработки результатов в виде АЦП [1, 2, 3].

Недостатками указанных устройств являются использование одной частоты зондирующего тока, разделение электродов на токовые и потенциальные, их малое количество, которые ограничивают количество информационных показателей, снимаемых с биологического объекта, обеспечивают невысокую точность измерений и не позволяют широко использовать данные устройства для проведения биоимпедансной спектрометрии.

Аппараты биоимпедансной спектрометрии используют для количественной оценки состояния органов и систем организма при различных заболеваниях [4,5,6], а также для выявления изменений в биологических тканях, вызываемыми различными внешними воздействиями (ожог, обморожение и другими лекарственными препаратами).

Суммарное сопротивление переменному электрическому току биологической ткани называется полным импедансом  $Z$ . Его активная составляющая  $R$  связана в первую очередь с проводимостью внутренних жидких

сред, являющихся электролитами. Различные процессы в биологических тканях, сопровождающиеся необратимыми потерями энергии, также дают вклад в величину активной составляющей импеданса. Реактивная компонента  $X$  определяется емкостными свойствами биологической ткани, в частности, емкостью биологических мембран. Т.е. биологические ткани способны накапливать электрические заряды при прохождении через них электрического тока. Кроме того, в емкостную составляющую дает вклад и область контакта электродов с биологическими тканями.

Величина полного импеданса определяется выражением:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}. \quad (1)$$

#### Основная часть

В ВСГУТУ разработан аппарат для проведения биоимпедансной спектрометрии, который состоит из следующих блоков — блока питания, стабилизатора, генератора, микроконтроллера, детектора, фильтра, электродов и ЖК-дисплея, который отличается от всех существующих тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при трех разных частотах зондирующего тока.

Блок питания выносной, обеспечивает питание схемы постоянным нестабилизированным напряжением 12 В. Мощность блока 6 Вт. Питающее напряжение поступает на стабилизатора, собранный на двух аналоговых микросхем LM3175 и LM7805. Первая представляет собой регулируемый стабилизатор, построенный на выходном напряжении 10 В. Вторая — это нерегулируемый стабилизатор с выходным напряжением 5 В. Стабилизированное напряжение 10 В. питает повторитель генератора, а все остальные блоки используют напряжение 5В.

На рисунке 1 представлена структурная схема аппарата биоимпедансной спектрометрии.

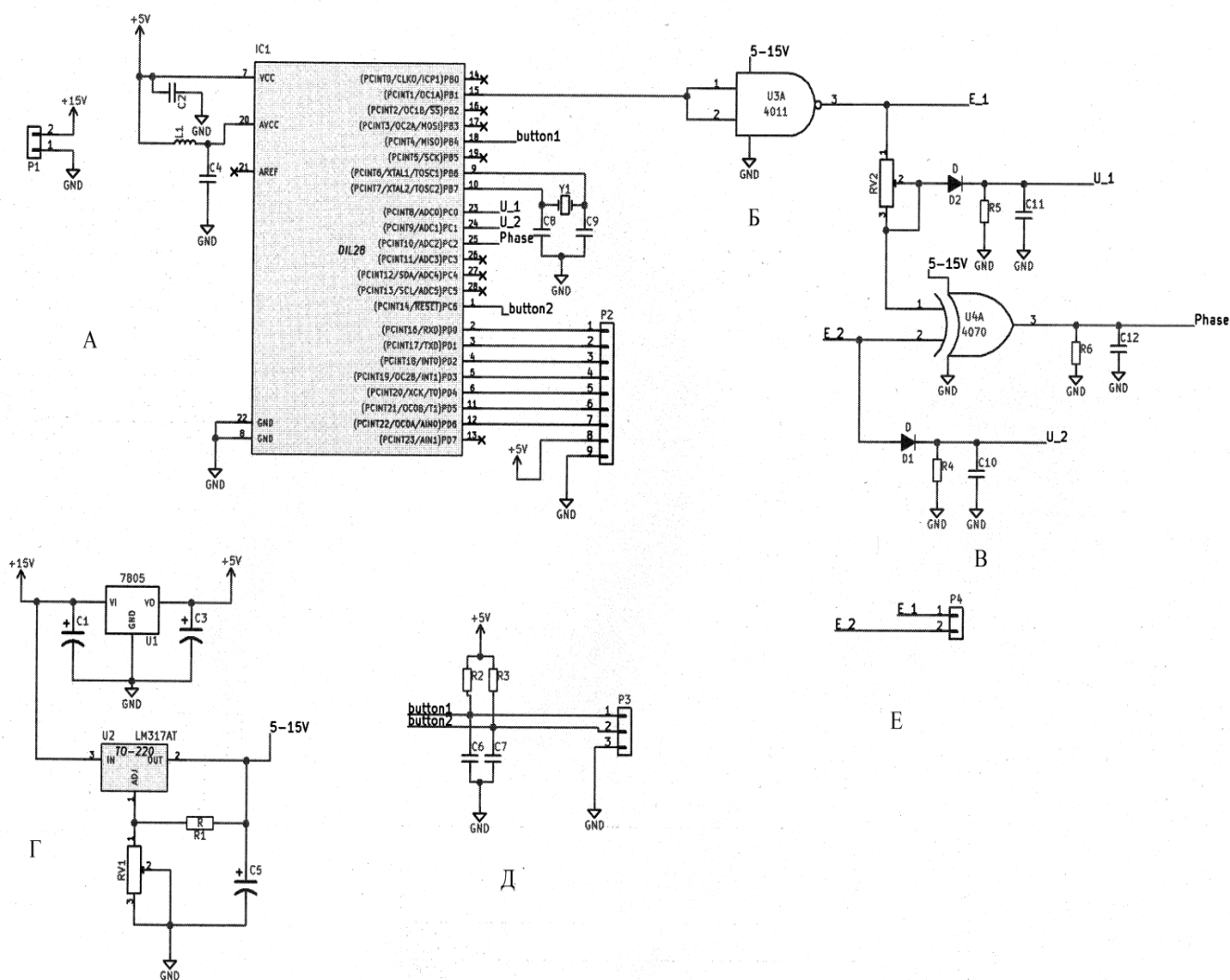


Рисунок 2.— Электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной спектрометрии  
А — микроконтроллер; Б — усилитель; В — блок обработки информации; Г — стабилизатор напряжения; Д — фильтр; Е — электроды.

Генератор состоит из задающего генератора, функции которого выполняет микроконтроллер и усилители, собранного на микросхеме 4011. Объединив входы элемента получим инвертор, усиливающий входной меандр до уровня 10В. Выходное напряжение генератора поступает на активный электрод и на измерительную схему (D2, R5, C11), преобразует импульсное напряжение в постоянное и позволяет микроконтроллеру оценивать уровень выдаваемого на электроды сигнала.

Электроды прикладывают к биологическому объекту, через него протекает электрический ток и на измерительном электроде появляется потенциал.

Напряжение измерительного электрода поступает на схему измерения сдвига фаз и детектор (D1, R4, C10). Детектор вместе с фильтром преобразуют импульсное напряжение в постоянное для оценки его микроконтроллером.

На рисунке 2 представлена электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной спектрометрии.

Схема измерения сдвига фаз выполнена на микросхеме 4070, который, выдает импульсы шириной равной величине сдвига фаз. Далее импульсы преобразуются в постоянное напряжение (R6, C12).

Микроконтроллер выполняет несколько функций. Во — первых, генерирует последовательности импульсов частотой 50, 100 и 200 кГц со скважностью 50%. Во — вторых, используя встроенный аналого-цифровой преобразователь, оцифровывает значения напряжения на активном, измерительном электроде ми со схем измерения сдвига фаз. В — третьих, на основе полученных данных вычисляет значение импеданса в условных единицах и выводит на ЖК-дисплей.

Для изучения внешних факторов (ожога и действие лекарственного препарата) на биологический объект с помощью аппарата биоимпедансной спектрометрии были проведены опыты на биологическом объекте (лабораторная крыса рода «Вистар»). Последовательность проведения опытов: в экспериментах использовали всего 4 мыши; взвесили —  $150^{+6}$  гр; с помощью шприца вводили в мышечную ткань крыс общий наркоз (тиопентал натрия (**Thiopentalum natrium**)) 45 мг/кг; после того как крысы погрузились в сон.

Вводили внутрипищеводно 20–30–40% раствор уксусной кислоты в объеме 0,5 мл для получения ожога. А затем, включали аппарат и проверяли его готовность к работе; по истечению 5 минут вводили в пищевод электроды; прилаживали электроды к ожогу; через 15 секунд снимали показания аппарата в омах.; затем процедуру повторили в пяти повторностях. Аппарат биоимпедансной спектрометрии измеряет полное сопротивление объекта (импеданс объекта) который зависит как от свойств самого объекта (электрического сопротивления  $R$ , емкости  $C$  и индуктивности  $L$  объекта), так и от частоты переменного тока. Аппарат измеряет величину электрического импеданса  $Z$  биоткани (формула 1) на участке исследования между активным электродом и пассивным электродом в диапазоне подаваемых на исследуемый участок биологического объекта частот от 50 кГц до 200 кГц.

Так, измерение импеданса пищевода до ожога биологических объектов, показал, что он составляет  $47^{+2}$  ом при разных частотах зондирующего тока.

После того, как все данные были сняты внутрипищеводно вводили 0,5% раствора календулы в облепиховом масле первой крысе, а второй, третьей и четвертой вводили облепиховое масло. Объем вводимого препарата составлял 1,2 мл. Вывод животных из эксперимента выполнили на 14 сутки. Результаты экспериментов представлены в таблице 1

В зависимости от степени поражения ожогом биологических тканей пищевода наблюдается экссудативное воспаление, отек, тканевый некроз как следствие понижение импеданса. При этом через сутки после ожога



Рис. 3. Исследование крысы с ожогом при лечении

крыс импеданс резко падает на разных частотах, больше чем в два раза. Но под действием лекарственного препарата (0,5% раствора календулы в облепиховом масле) у первой крысы начиная с 3 суток импеданс начинает медленно увеличиваться на разных частотах. И на 14 —ые сутки у первой крысы при частоте 50 кГц увеличивается до 24 ом. Это позволяет сделать вывод о том, что действие лекарственного препарата начинает благоприятно воздействовать на пищевод первой крысы. А лечебное воздействие облепихового масла на второй крысе только на 14 сутки начинает проявляться, на третьей и четвертой животных не оказывает лечебного воздействия. С увеличением частоты зондирующего тока на биологический объект импеданс уменьшается.

### Заключение

Разработан аппарат для проведения биоимпедансной спектрометрии биологических объектов, который позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока. Были проведены опыты на биологическом объекте (крыса) при воздействии ожога пищевода и лечение лекарственными препаратами. Наблюдается у крыс через сутки по-

Таблица 1. Уровень импеданса при лечении биологического объекта получившего ожог

№	Частота зондир. тока, кГц	Импеданс, ом				
		До ожога	Через 1 сутки	Через 3 суток	Через 7 суток	Через 14 суток
1	50	47	20	22	23	24
	100	47	19	20	20	21
	200	47	18	18	19	19
2	50	47	20	19	17	22
	100	46	17	19	17	18
	200	46	17	18	16	18
3	50	48	21	16	20	21
	100	47	19	16	19	19
	200	46	18	16	18	18
4	50	47	21	18	20	20
	100	46	19	17	18	19
	200	45	18	17	18	18

сле ожога пищевода экссудативное воспаление, отек, тканевый некроз как следствие резкое уменьшение импеданса на разных частотах. Анализ данных крысы под действием лекарственного препарата (0,5% раствора календулы в облепиховом масле) показал, что с увеличением времени воздействия лекарственного

препарата наблюдается некоторое увеличение величины импеданса. То есть лекарственный препарат начинает благоприятно оказывать лечебное воздействие на биологический объект. С увеличением частоты зондирующего тока на биологический объект импеданс уменьшается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповалов В.В., Саввин В. В. Способ определения электрических сопротивлений внутренних тканей участка тела биологического объекта и реанализатор. Патент РФ № 2470580. 27.12.2012 г.
2. Иванов В.Б. и др. Способ обнаружения новообразований в молочной железе и маммограф. Патент РФ № 2578180. 20.09. 2014 г.
3. Устюжанин В.А., Епифанцев В. В., Ишков А. А. Устройство для проведения импедансной спектрометрии биологических объектов Патент на полезную модель РФ. № 100894. 20.06. 2010 г.
4. Ямпиллов С.С., Галсанов Б. Р., Потемкина Т. Ф. Разработка устройства биоимпедансной диагностики. Материалы международной научно-практической конференции. «Проблемы динамики и прочности современных машин». -Вып.1. Улан-Удэ. —2016. С. —140–145.
5. Московец О. Н. Оценка состояния тканей падонта методом биоимпедансной спектрометрии / О. Н. Московец, Д. В. Николаев //Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: сб.тр. седьмой научн-практ.конф., 23 марта 2005 г. М.,—2005.-С.67–69.
6. Устюжанин В.А. и др. Электроимпедансная диагностика биологических тканей / В. А. Устюжанин, В. В. Епифанцев, А. А. Ишков А. А. // Чита. Изд.во ЗабГУ,—2013.—с.122.

© Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич ( yampilovss@mail.ru ), Полякова Лариса Евгеньевна,  
Воскресенская Марина Леонидовна, Жигжитов Алексей Олегович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ И ВЫБОР СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РЕГИОНА

THE ANALYSIS AND THE CHOICE  
OF THE PROGRAMMING ENVIRONMENT  
FOR CONSTRUCTION COMPLEX  
OF THE AUTOMATED FORMATION  
OF TARIFFS IN THE SPHERE OF POWER  
SUPPLY OF THE REGION

**G. Arunyants  
T. Voronin  
S. Ayrapetov**

*Summary.* Analysis results of a status of different approaches to creation of difficult software products are given in the concept of «cloud computing» and criteria for evaluation of suitability of different software platforms as tools for development of the program PT-Q-1 and TEE-1 complexes of automated formation of rates in the sphere of power supply. The valid conclusion is drawn on feasibility and a possibility of application of the Zend Framework 2.0, Eclipse and NedBeans platforms. Eclipse of the reliable, well protected and modern cross-platform web applications providing a possibility of creation.

*Keywords:* power supply, thermal and electrical networks, heat and electrical losses, rate, method of calculation of rates, tariff regulation, automated information system, program complex, algorithm, information support, software.

**Арунянц Геннадий Георгиевич**

*Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Калининградский  
государственный технический университет (КГТУ)»  
Suro99@mail.ru*

**Воронин Тимофей Аркадьевич**

*Аспирант, ФГБОУ ВПО «Калининградский  
государственный технический университет (КГТУ)  
voronin.timofey@gmail.com*

**Айрапетов Сергей Альбертович**

*Аспирант, ФГБОУ ВПО «Калининградский  
государственный технический университет (КГТУ)  
sergey@kit39.com*

*Аннотация.* Приводятся результаты анализа состояния различных подходов к построению сложных программных продуктов в концепции «облачных вычислений» и критериев оценки пригодности различных программных платформ как инструментов для разработки программных комплексов PT-Q-1 и ТЭЭ-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере энергоснабжения. Сделан обоснованный вывод о целесообразности и возможности применения платформ Zend Framework 2.0, Eclipse и NedBeans. Eclipse обеспечивающих возможность построения надежных, хорошо защищённых и современных кроссплатформенных веб-приложений.

*Ключевые слова:* энергоснабжение, тепловые и электрические сети, тепловые и электрические потери, тариф, методика расчета тарифов, тарифное регулирование, автоматизированная информационная система, программный комплекс, алгоритм, информационное обеспечение, программное обеспечение.

**С**овременный этап развития и функционирования регионального энергоснабжающего комплекса характеризуется ростом предъявляемых к нему требований: управляемости, доступности, надежности. В то же время, согласно отечественному и зарубежному опыту такой комплекс должен быть отрегулирован таким образом, чтобы он служил на благо всему обществу. Основной целью управления объектами (комплексами) энергоснабжения является создание экономических, организационных и правовых условий, обеспечивающих надежное и безопасное функционирование системы энергообеспечения экономики. Сфера регионального энергоснабжения, в рамках которой осуществляется бесперебойное производство и распределение жизненно важных источников энергии — электричества и тепла, сегодня является жизненно необходимым элементом в системе энергетической безопасности региона и страны в целом. Одной из важнейших проблем при этом становится поиск новых инновационных концепций и подходов к формированию тарифов на тепловую

и электрическую энергию как компоненты эффективного тарифного регулирования деятельности субъектов региональных энергоснабжающих систем и координации их деятельности.

Основной задачей регулирования деятельности субъектов естественных монополий в тепло- и электроэнергетике становится обеспечение баланса интересов различных групп (производителей и потребителей тепловой и электрической энергии и услуг по их передаче), при соблюдении интересов государства. Эффективное регулирование предполагает утверждение тарифов на эти виды энергии не менее 4 раз в год, что означает необходимость повторного анализа состояния объектов их снабжения и многократного проведения сложных технико-экономических расчетов. Это становится возможным только при наличии региональных автоматизированных информационных систем (АИС) обработки технико-экономической информации в этой сфере.

Современные энергоснабжающие организации региона используют большое количество программных продуктов для автоматизации своей деятельности, число которых постоянно растет, а многие из них для своего использования требуют содержание инфраструктуры (серверов, СУБД, ЛВС). Растут и издержки на обеспечение их работоспособности: установка, настройка, администрирование и обновление. Чем больше средств автоматизации, тем выше требования к инфраструктуре, а значит и к ее стоимости.

Несмотря на высокий уровень оснащенности современных энергетических систем средствами вычислительной техники и информационными технологиями, проблема внедрения АИС в сферу тарифного регулирования остается актуальной и требует проведения дополнительных исследований. А проведенный анализ показывает, что в настоящее время мониторинг и контроль за технико-экономическим состоянием энергоснабжающих организаций региона, расчеты тарифов и цен на тепловую и электрическую энергию в основном проводятся с недостаточным применением современных информационных технологий. Разрабатываемые в ФГБОУ ВО КГТУ программные комплексы ТЭЭ-1 и РТ-Q-1 автоматизированного формирования и анализа тарифов соответственно в сфере электро- и теплоснабжения позволяют автоматизировать расчет тарифов для организаций, вовлеченных в процесс генерации, передачи и потребления указанных видов энергии и населения. Эффективность расчета тарифов достигается благодаря частому перерасчету и анализу тарифов на основе поступающих оперативных данных о состоянии субъектов системы энергоснабжения региона [1].

Наряду с тепло- и электроснабжающими предприятиями региона, указанные комплексы ориентированы и на их использование региональной службой по государственному регулированию цен и тарифов (СГРЦТ), что позволяет реализовать единые правила для всех субъектов регулирования в части методики определения себестоимости выработки и передачи тепловой энергии, установление экономически обоснованных тарифов и защита интересов субъектов регионального теплоэнергетического рынка [2]. Показано, что от состояния и эффективности функционирования общего информационного поля «СГРЦТ — субъекты регулирования» зависит оперативность и точность принимаемых решений, связываемых с расчетом и анализом произведенных затрат, включаемых в состав себестоимости производимых субъектами теплоэнергетического рынка продукции или услуг.

Для реализации концепции максимально простого обмена данными в указанном информационном поле

с целью установления единых правил для всех субъектов регулирования в части методики определения себестоимости выработки и передачи энергоресурсов, повышения эффективности оперативной проверки регулирующими органами правильности отнесения затрат на себестоимость продукции, а также мониторинга и анализа состояния энергоснабжающего комплекса региона для разработки плана оперативных мероприятий и стратегии развития тепло- и электроэнергетических систем региона было принято решение свести к минимуму сложности, связанные с установкой и эксплуатацией разрабатываемых программных комплексов автоматизированного формирования тарифов в сфере тепло- и электро снабжения, как субъектами регулирования, так и СРГЦТ [3].

В наше время, все более активно, набирают популярность «облачные вычисления». Многие сходятся во мнении, что на сегодняшний день, именно «облачные вычисления» являются инструментом позволяющим свести к минимуму сложности, связанные с внедрением и эксплуатацией программного комплекса (как финансового, так и технического характера). Именно поэтому, при выборе среды разработки было принято решение: вести разработку программных комплексов автоматизированного формирования тарифов в сфере энергоснабжения с применением «облачных вычислений».

Ключевое понятие «облачные вычисления» означает, что хранение и обработка данных осуществляются не на стороне пользователя, а на стороне компании, предоставившей соответствующие Интернет-сервисы [4]. В связи с разнообразием возможностей «облачных вычислений» и их непрерывным развитием привести, какую-либо, четкую их классификацию достаточно сложно. Поэтому представлялось важным выделение и анализ основных категорий, связанных с характером сервиса и его программно-технической реализацией.

В такой постановке задачи была определена целесообразность более глубокого рассмотрения активно развивающейся в последние 3–5 лет технологии разработки программного обеспечения SaaS (Software as a Service) [4], представляющей собой модель использования бизнес-приложений в формате интернет-сервисов. Модель SaaS предполагает размещение программного обеспечения (ПО) на сервере, подключенном к сети, или в «облаке». Все вычисления производятся на сервере, а пользователи взаимодействуют с ПО через обычный интернет-браузер. Важно отметить, что под категорию SaaS подпадает только прикладное программное обеспечение (ППО).

Таким образом, любой компьютер с доступом к сети может использовать ПО при наличии доступа (логина

и пароля). Установки специализированного программного обеспечения (программ клиентов, виртуальных машин) на компьютеры пользователей не требуется. Программные комплексы, работающие по технологии SaaS, вытесняют классические приложения с рынка.

При внедрении новых программных продуктов, ключевым показателем становится простота доступа к ним и цена использования.

Ощутимым фактором в пользу формата SaaS-приложения играет экономическая составляющая. Для разработчика SaaS-приложений отпадает необходимость в обеспечении совместимости ПО с различными операционными системами. Можно заранее определить аппаратную среду для функционирования ПО и оптимизировать под нее среду разработки.

Нет необходимости подготовки и распространения для клиентов обновленных версий программ, так как все изменения программного обеспечения выгружаются на сервер, и сразу становятся доступны пользователям. Пользователь может использовать для работы любой персональный компьютер, на котором установлен браузер (при наличии доступа к интернету). Все вышеперечисленное позволяет разработчикам ПО ощутимо снизить стоимость разработки и внедрения.

Еще одним аргументом за применение SaaS-технологии при реализации программного комплексов ТЭЭ-1 и РТ-Q-1 является то, что ее использование подразумевает хранение баз данных (БД) на серверах или в облаке, вместе с самим ПО. Решается задача централизованного сбора и хранения информации от пользователей, работающих в различных частях области и в различных сетях. Для передачи данных от пользователя к серверу достаточно интернет-соединения практически любой скорости. БД и оперативные массивы, заполняются на сервере в режиме реального времени. Проектируемые интерфейсы, при этом, могут функционировать в браузере.

Все это наглядно подтверждает очевидные преимущества применения концепция модели SaaS с доступом через WEB- браузер.

Более подробное рассмотрение возможности применения концепции SaaS-системы для построения указанных про граммных комплексов показало:

1. При использовании настоящей модели заказчику нет необходимости нести затраты на внедрение, обновление, поддержку специального ПО и оборудования для его работы.

2. В отличие от классической формы использования специального ПО (лицензирования), заказчик не несет крупных затрат. Затраты относительно небольшие и носят периодический характер. Заказчику нет необходимости инвестировать средства в приобретение лицензии на использование копии ПО и необходимых аппаратных средств для её использования, а с течением времени поддерживать работоспособность ПО.

При этом предполагается, что если временно отсутствует необходимость в ПО, то заказчик может временно приостановить его использование [5]. Не менее важным становится анализ ключевых признаков, SaaS-системам [6]:

- ◆ заказчик получает доступ к ПО по сетевым каналам связи, как правило, через Интернет;
- ◆ ПО функционирует на сервере обработки данных в виде единого программного комплекса, к которому получают доступ заказчики;
- ◆ ПО, как правило, доступно заказчикам на условиях периодической арендной платы;
- ◆ разработка, внедрение и обновление ПО выполняется разработчиком;
- ◆ затраты на обслуживание, обновление, техническую поддержку, как правило, уже включаются в арендную плату.

Зачастую SaaS-системы приравнивают к ASP-системам (Application Service Provider), но это утверждение ошибочно. ASP-системы реализуют совершенно другую концепцию продвижения ПО. Наиболее важное отличие SaaS от ASP заключается в том, что при использовании модели SaaS заказчик оплачивает доступ программному комплексу (единому для всех), которым наравне с ним пользуются все заказчики. Разработчик SaaS-системы обеспечивает развитие и своевременное обслуживание программного комплекса, а в рамках модели ASP-систем каждому заказчику, для использования, предоставляется выделенная копия ПО, которая установлена на сервере разработчика и не может быть доступна сразу нескольким заказчикам.

Наиболее важным фактором, иллюстрирующим экономическую выгоду SaaS-систем, является «эффект масштаба» [7] — поставщик SaaS-системы обслуживает единый программный комплекс, которым могут пользоваться все заказчики, и тем самым тратит значительно меньше ресурсов по сравнению с ситуацией при которой поставщику необходимо осуществлять управление множеством отдельных копий ПО. Также, использование единого программного комплекса позволяет планировать распределение вычислительных мощностей и заранее уменьшить пиковые нагрузки для отдельных групп заказчиков. Все эти факторы позво-



ляют поставщикам SaaS-систем существенно снизить стоимость эксплуатации ПО, что естественно сказывается на цене услуг для заказчика такого ПО. За счет этого стоимость обладания таким ПО значительно ниже издержек, которые возникают при использовании модели лицензирования в классическом виде [8]. Были проанализированы наиболее значимые факторы, стимулирующие использование SaaS-систем заказчиками и развитие таких систем разработчиками, важнейшими из которых являются:

- ◆ отсутствие необходимости в установке ПО на рабочем месте пользователя (доступ к нему осуществляется через web-браузер и крайне редко разработчик предоставляет специальную программу-клиент);
- ◆ сокращение затрат на установку системы, техническую поддержку, обновление и отладку систем в организации заказчика;
- ◆ интуитивно понятный интерфейс — большая часть сотрудников, как правило, хорошо знакома и привыкла к использованию веб-сайтов и сервисов;
- ◆ удобство оплаты, заказчик может отказаться от права на использование ПО, при его высокой стоимости или некачественной работе, что в свою очередь является защитой инвестиций;
- ◆ мультиплатформенность — заказчик никак не зависит от программно-аппаратной платформы, которую выбрал разработчик ПО.

Важным становится и рассмотрение ряда положительных факторов SaaS-систем для разработчиков ПО, к которым, прежде всего, необходимо отнести следующие:

- ◆ развитие веб-технологий, значительные возможности веб-приложений (функциональные) в комплексе с простотой их реализации;
- ◆ быстрый процесс внедрения и относительно низкие затраты на обслуживание конкретного заказчика;
- ◆ лёгкое проникновение на крупные рынки, быстрое распространение;
- ◆ отсутствие проблем с использованием ПО без лицензии;
- ◆ в отличие от классической модели приобретения лицензии, заказчик SaaS-системы не может отказаться от услуг разработчика и при этом продолжать использовать систему, в результате чего обеспечивается защита разработчика и его инвестиций в процесс продаж;
- ◆ в долгосрочном рассмотрении доходы от SaaS-систем могут значительно превысить доходы от продаж лицензионных копий ПО (даже с учетом оказания услуг по технической поддержке);

- ◆ разработчик вправе выбирать ту программно-аппаратную платформу, которую ему выгодно, из соображений её технико-экономической эффективности, а не из-за её распространенности у потенциальных пользователей ПО.

Однако, при всех видимых достоинствах SaaS-системы и наряду с факторами, побуждающими заказчиков внедрять SaaS-системы, а разработчиков — инвестировать значительные ресурсы в их создание, все же, существует ряд факторов, которые могут ограничивать использование данной модели:

- ◆ SaaS-системы применимы далеко не всегда, поскольку значительная экономия ресурсов разработчика SaaS-систем достигается за счёт «эффекта масштаба», поэтому SaaS-системы зачастую неэффективны при необходимости глубокой адаптации под каждого заказчика;
- ◆ многие заказчики опасаются использовать SaaS-системы из соображений безопасности (боясь возможной утечки информации).
- ◆ зависимость от надежности подключения к Интернету.

Все это позволяет сделать вывод о том, что применение концепции SaaS-системы тем не менее являются подходящей для решения задачи наиболее простого обмена данными в информационном поле «СГРЦТ — субъекты регулирования» и будет способствовать ускорению процесса внедрения, позволит снизить затраты на обслуживание конкретного заказчика, а также будет способствовать быстрому распространению разрабатываемых программных комплексов автоматизированного формирования тарифов в сфере энерго снабжения, так как для новых пользователей (субъектов региональной системы энергоснабжения) не потребуются дорогостоящая лицензия для их внедрения.

Принципиальная схема информационного обмена в информационном поле «СГРЦТ — субъекты регулирования» при использовании концепции SaaS показана на рисунке 1.

Проведенные исследования показали, что к основным критериям, по которым следует оценивать пригодность программных платформ как инструмента для разработки указанных программных комплексов необходимо отнести следующие: 1) возможность доступа к конечному приложению через Интернет; 2) низкий уровень связанности логической модели с её визуальным представлением; 3) простота разработки и настройки пользовательских интерфейсов; 4) удобство разработки баз данных; 5) возможность использования приёмов объектно-ориентированного программирования; 6) возможность удобной работы с пользо-

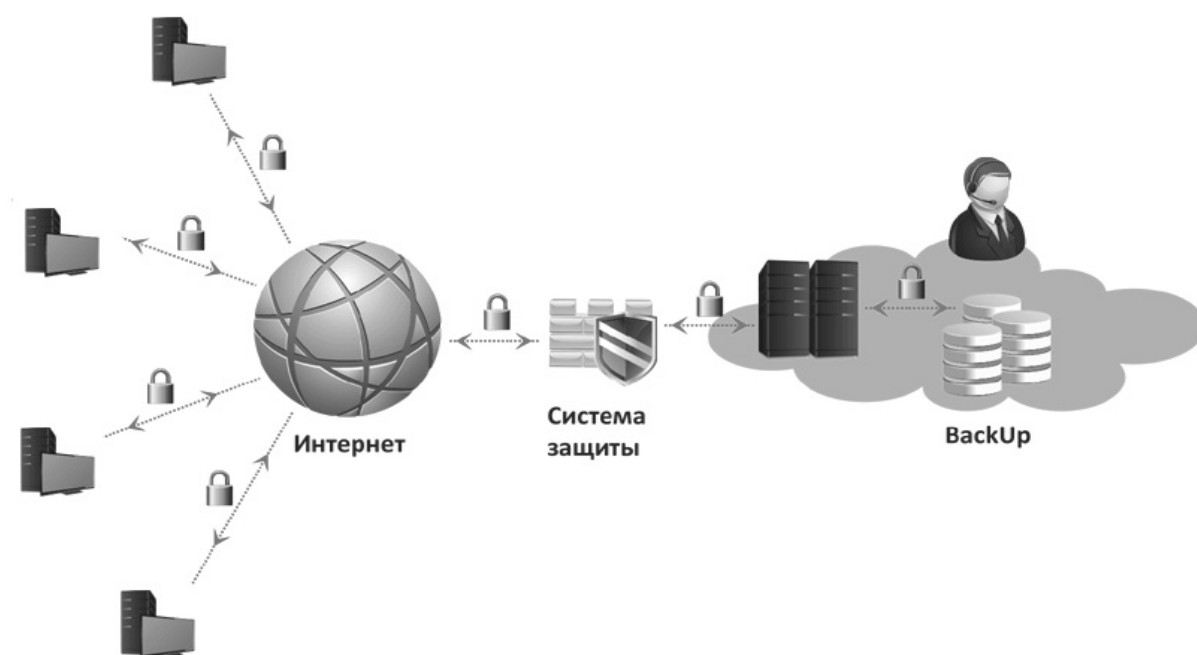


Рис. 1. Принципиальная схема информационного обмена при использовании концепции SaaS

вателями и правами доступа; 7) построение отчетов; 8) защищенность и безопасность конечного приложения; 9) кроссплатформенность (возможность работы на различных платформах).

Разработанные машинно-ориентированные алгоритмы расчета и анализа различных видов тарифов региональной системы энергоснабжения могут быть реализованы на языках, используемых в SaaS. В виду того, что все вычислительные процессы могут производиться в облаке, снимаются какие-либо ограничения на сложность математического аппарата или объем обрабатываемых данных. Наиболее распространенным языком программирования в SaaS представляется язык php, интерпретатор которого запускается на Web-сервере, а ПО представляет собой набор скриптов, хранящихся в исходных кодах. Часть разработчиков отдадут предпочтение языкам ASP, Python, Perl. Существуют специализированные редакторы, которые упрощают написание кода и поиск ошибок в нем. Они позволяют создавать скрипты под разные интерпретаторы (php, asp и др.) Наиболее распространенными из специализированных редакторов являются Dream Weaver, Eclipse, Ned Beans, Ruby on Rails (версии 5.0.2 и 4.2), Zend Framework (версии 3 и 2), имеющие встроенные средства отладки скриптов.

Следует отметить, что практически все перечисленные программные платформы соответствуют в той или иной степени описанным критериям и пригодны для ис-

пользования в качестве инструмента для решения задачи построения про граммных комплексов РТ-Q-1 и ТЭЭ-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере энерго снабжения с применением концепции SaaS.

Окончательный выбор разработчиками конкретных программных продуктов (платформ) для разработки специального ПО был произведен с учетом накопленного ими опыта работы, навыками, квалификацией и предпочтениями,

В частности, при разработке программного комплекса РТ-Q-1 автоматизированного формирования и анализа тарифов на тепловую энергию предпочтение было отдано Zend Framework, являющейся каркасом для веб-приложений, разработанной компанией Zend. Zend Framework представляет из себя библиотеку классов. И на основе этой библиотеки, по определённым правилам, разрабатывается приложение. Важно отметить, что использование библиотек классов в значительной степени сокращает время на проектирование и разработку приложения. Это достигается за счёт применения ранее созданного и выверенного программного кода. Разработчиками Zend Framework реализовано множество классов, что позволяет реализовывать стандартные задачи, такие как доступ к базам данных, различные механизмы аутентификации пользователей с разным уровнем доступа и другие. Также особое внимание уделено безопасности применения классов, что повышает

надежность разрабатываемого комплекса в целом. Zend Framework, также как и RoR, реализует архитектурный шаблон MVC. Ряд авторов отмечают [9–10] следующие достоинства Zend Framework: использование лучших приёмов объектно-ориентированного программирования; открытая лицензия; качественный, протестированный, быстро исполняемый программный код. Немаловажным фактором при выборе программной платформы для разработки программного комплекса РТ-Q-1 является то, что основной упор его разработчиками был сделан на обеспечение при использовании Zend Framework возможности построения надежных, хорошо защищённых и современных кроссплатформенных веб-приложений. Кроме того, учитывался накопленный авторами опыт работы с языком PHP и базами данных MySQL. Все это позволило сделать вывод о том, что наиболее полно отвечающей всем предъявленным критериям и удобной для разработки РТ-Q-1 программной платформой является Zend Framework 2.0.

При разработке комплекса ТЭЭ-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере электро снабжения предпочтение было отдано специализированным редакторам Eclipse и NetBeans. Eclipse, написанная на языке программирования Java, является бесплатной программной платформой с открытым исходным кодом. Eclipse имеет ряд особенностей, таких как: кроссплатформенность (работает под операционными системами Windows, Linux, Mac OSX и др); мультиязычность — используя Eclipse можно программировать на множестве языков, таких как Java, C и C++, PHP, Perl, Python, Cobol и других. NetBeans, позволяющему быстро и легко разрабатывать настольные, мобильные и веб-приложения Java, а также приложения HTML5 с использованием технологий HTML, JavaScript и CSS. Работа над проектом Eclipse ведётся в нескольких направлениях, основные три — работа над платформой Eclipse, разработка Java IDE, разработка плагинов для расширения функциональности Eclipse. Гибкость и расширяемость достигается благодаря модульности платформы. Определившись с целями, возможно использовать любую подходящую для поставленных задач сборку, уже укомплектованную необходимыми расширениями.

NetBeans позволяет быстро и легко разрабатывать настольные, мобильные и веб-приложения Java, а также приложения HTML5 с использованием технологий HTML, JavaScript и CSS. IDE также предоставляет многофункциональные наборы средств для разработчиков работающих на языке PHP и C/C++. Это бесплатное ПО с открытым исходным кодом, которое имеет большое сообщество пользователей и разработчиков по всему миру. [12]

По сравнению с другими средами IDE среда IDE NetBeans обеспечивает высококлассную комплексную

поддержку новейших технологий Java и последних усовершенствований стандартов Java. Благодаря постоянно совершенствующемуся редактору Java, разнообразным возможностям и широкому спектру инструментов, шаблонов и образцов, IDE NetBeans устанавливает стандарт разработки с помощью новейших готовых технологий.

Редактор поддерживает множество языков — от Java, C / C++, XML и HTML до PHP, Groovy, Javadoc, JavaScript и JSP. Редактор является расширяемым, поэтому можно подключить поддержку для множества других языков.

IDE NetBeans предлагает различные представления данных, от нескольких окон проектов до полезных средств настройки и эффективного управления приложениями, что обеспечивает быстрый и удобный переход по уровням иерархии данных, а также предоставляет средства управления версиями с помощью готовой интеграции Subversion, Mercurial и Git. При присоединении к проекту новых разработчиков они смогут понять структуру приложения благодаря четкой организации кода и дружественным интерфейсом. С помощью редакторов и функций перетаскивания в среде IDE можно быстро и эффективно разрабатывать графические интерфейсы для приложений Java SE, HTML5, Java EE, PHP, C/C++ и Java ME. NetBeans GUI Builder автоматически обрабатывает правильные интервалы между строками и выравнивание для приложений Java SE, поддерживая редактирование внутри строки. Конструктор графического интерфейса достаточно интуитивен и прост в использовании.

NetBeans предоставляет средства статического анализа, в частности интеграцию с широко используемым инструментом FindBugs, для выявления и исправления распространенных проблем в коде Java. Кроме того, отладчик NetBeans позволяет размещать точки останова в исходном коде, добавлять контрольные модули для полей, выполнять код в пошаговом режиме с заходом в методы, создавать снимки и отслеживать выполнение. Также, по аналогии со средой разработки Eclipse в среде NetBeans существует конструктор среды.

NetBeans Profiler предоставляет экспертную помощь для оптимизации скорости приложения и использования памяти, а также упрощает построение надежных и масштабируемых приложений Java SE, JavaFX и Java EE. IDE NetBeans включает в себя визуальный отладчик для приложений Java SE, что позволяет выполнять отладку пользовательских интерфейсов, не обращаясь к исходному коду. IDE NetBeans может быть установлена на всех операционных системах с поддержкой Java — от Windows и Linux до Mac OS X. Сообщество NetBeans является большим и активным. Этот факт позволяет разработчику работающему со средой NetBeans обмени-

ваться опытом, устранять какие-либо ошибки в ходе разработки ПО, а также быть в курсе последних обновлений связанных со средой.

Исходя из всего сказанного, было принято обоснованное решение об использовании в качестве среды для разработки ПО универсального программного комплекса ТЭЭ-1 автоматизированного формирования и анализа тарифов в сфере электроснабжения Eclipse и NedBeans,

в которых наряду с перечисленными преимуществами предусмотрены средства, упрощающие разработку для СУБД и пользовательского интерфейса. С этих позиций среда NedBeans представляется наиболее удобной. В качестве языка программирования используется php, база данных — MySQL. Сервер ТЭЭ-1 при таком подходе может функционировать под управлением любой операционной системы, способной запускать Web- сервера Apache, IIS, Nginx и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арунянц Г.Г., Воронин Т. А., Айрапетов С. А. Тарифное регулирование деятельности субъектов электроснабжающего комплекса Калининградской области и пути его автоматизации / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Перспективы науки. Технические науки. Информатика, вычислительная техника и управление, 2016, № 6 (81). — С. 8–17
2. Арунянц Г. Г. Концепция и особенности построения программного комплекса РТ-Q-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере тепло снабжения / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Наука и бизнес: пути развития. — 2016. — № 3 (57). — С. 66–73.
3. Арунянц Г.Г., Воронин Т. А., Айрапетов С. А. Процесс регулирования деятельности субъектов теплоснабжающего комплекса Калининградской области и пути его автоматизации / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Научное обозрение. — 2016. — № 9. — С. 231–238.
4. Денисов Д. В. Перспективы развития облачных вычислений / Д. В. Денисов // Прикладная информатика. — 2009. — № 5(23). — С. 52–58.
5. Модель SaaS — в мире и в России // BYTE Россия. Управление ИТ-инфраструктурой. — 2008. — № 10 (119).
6. Traudt, E., Konary, A. IDC2005 Software as a Service Taxonomy and Research Guide / E. Traudt, A. Konary. — IDC, 2005.
7. Maynard, J. Five Benefits of Software as a Service / J. Maynard. — Trumba, 2007. — 14 с.
8. Strategic Backgrounder: Software as a Service / Software and Information Industry Association, 2001. — 18 с.
9. Hartl, M. Ruby on Rails Tutorial / M. Hartl. — 3rd edition. — Addison-Wesley, 2015. — 664 с.
10. Васвани, В. Zend Framework. Разработка веб-приложений на PHP / В. Васвани. — СПб.: Питер, 2012. — 432 с.
11. Шасанкар, К. Zend Framework 2.0. Разработка веб-приложений / К. Шасанкар. — СПб.: Питер, 2014. — 208 с.
12. Обзор среды разработки NetBeans, Никифоров В.С / № 5/ том 1/2013 Руководство по использованию среды NetBeans с языком C++

© Арунянц Геннадий Георгиевич ( Suro99@mail.ru ), Воронин Тимофей Аркадьевич ( voronin.timofey@gmail.com ), Айрапетов Сергей Альбертович ( sergey@kit39.com ). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЗНАЧИМОГО МНОЖЕСТВА ПРАВИЛ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## METHODOLOGY FOR FORMING A SIGNIFICANT SET OF THE RULES OF CORRELATION TO IDENTIFY DISTRIBUTED EVENTS OF INFORMATION SECURITY

**A. Gaynov  
I. Zavodtsev**

*Summary.* In this script a technique for forming a significant set of the rules for SIEM-systems is proposed, which allows to identify and eliminate possible conflicts in the process of forming correlation rules in case of simultaneously setting complementary, parallel or interrelated relations between different security events. In general it allows reducing the number of information security incidents, which are not detected by other methods.

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

**Гайнов Артур Евгеньевич**

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

**Заводцев Илья Валентинович**

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

*Аннотация.* В работе предложена методика формирования значимого множества правил для SIEM-систем, которая позволяет выявлять и устранять возможные конфликты в процессе формирования правил корреляции при одновременном задании в них дополняющих, параллельных или взаимосвязанных отношений между различными событиями безопасности. Это позволяет в целом снизить количество необнаруженных с помощью других способов инцидентов информационной безопасности.

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

**В** условиях интенсивного развития и внедрения информационных и телекоммуникационных технологий особое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности критически важных объектов. Выведение таких объектов из строя может привести к тяжелым и даже катастрофическим последствиям [1].

В связи с тем, что в настоящий момент ни одна из существующих SIEM-систем не обеспечивает полноценного управления инцидентами информационной безопасности (ИИБ) при постоянно увеличивающихся требованиях к защите информационных ресурсов, возникает необходимость разработки новых технических решений по построению компонентов SIEM-систем на основе других принципов.

При этом, в такой системе должно быть реализовано упреждающее управление безопасностью, а так же надежный и устойчивый сбор данных о событиях информационной безопасности (СИБ). Дополнительными требованиями к таким системам выступают следующие подходы [2, 3]:

- ◆ межуровневая корреляция СИБ и их многоуровневое моделирование;
- ◆ интеллектуальный (упреждающий) мониторинг безопасности.

Решение этой проблемы предполагается достигать за счет эффективных процедур кластеризации и корреляции СИБ, поступающих из различных слоев, а также в обеспечении требуемой полноты представления данных обо всех потенциальных критических СИБ.

В общем случае реализация алгоритма продукционного вывода в SIEM-системах включает следующую последовательность действий [3, 5]:

- ◆ формирование исходного множества правил для выполнения корреляционного анализа;
- ◆ задание фоновых условий и уровня глубины анализа для каждого правила;
- ◆ отбор значимых правил в действующее множество, на основании которых и будет выполняться поиск взаимосвязей между распределенными СИБ;
- ◆ выявление и устранение конфликтов во вновь сформированном множестве;
- ◆ проверка для каждого правила из действующего множества соответствие фактической глубины анализа заданной.

Однако у большинства существующих SIEM-систем процедура формирования новых правил корреляции выполняется вручную, с помощью экспертных методов. Что ставит качество обнаружения и расследования рас-

пределенных по времени и месту ИИБ в зависимости от уровня знаний конкретного эксперта и его навыков в выявлении взаимосвязей между разнородными СИБ.

Поэтому целесообразна разработка специальной процедуры отбора для корреляции только значимых правил, а также устранения возможных конфликтов между ними, что позволит расширить спектр обнаруживаемых ИИБ путем расследования не только простых событий деструктивного характера, но и составных, включающих разнесенные по времени и по месту СИБ. Эффективность выявления корреляционных связей между распределенными событиями будет обеспечиваться методикой формирования специального множества значимых правил корреляции и реализованными в ней возможностями разрешения конфликтов при отборе таких правил.

*Цель статьи* — разработка специализированной методики формирования правил корреляции, позволяющая учитывать в продукционных правилах причинные, дополняющие, параллельные или взаимосвязанные отношения между различными СИБ и, одновременно, выявлять и устранять возможные конфликты в процессе отборе таких правил в значимое множество правил корреляции.

Задание правил обычно реализуется на интуитивно понятном уровне, но выработка корректного набора правил по отношению к конкретной задаче в общем случае достаточно затруднительна. Это связано с субъективностью задания правил администратором безопасности, необходимостью учета в разрабатываемых им правилах различных фоновых условий, а также невозможностью применять с прежней эффективностью готовые правила при возникновении новой (нестандартной) ситуации в информационной системе (ИС). При этом администратор безопасности должен описать столько правил (сигнатур), сколько необходимо для эффективной работы средства анализа, однако количество случайных событий в ИС огромно, а количество возможных ИИБ постоянно растет. Все это приводит к конфликтам внутри самого множества правил, когда при последовательной обработке правил могут выдаваться незапланированные директивы, появляться пропуски или, наоборот, управляющий алгоритм будет попадать в петлю.

Поэтому в настоящем методике предлагаются дополнительные действия [4]:

- ◆ задание фоновых условий и исходного уровня глубины выполняемого анализа правилами;
- ◆ формирование исходного множества правил для выполнения корреляционного анализа;
- ◆ отбор значимых правил в действующее множество;

- ◆ выявление и устранение конфликтов среди отобранных правил;
- ◆ проверка для каждого правила из действующего множества соответствие фактической глубины анализа заданной.

В качестве фоновых условий определяют обстоятельства, влияющие на учет (рассмотрение) тех или иных признаков СИБ при проверке правил корреляции. Каждому из фоновых условий администратор безопасности присваивает коэффициент уверенности  $CF_i$ .

Примером набора фоновых условий может служить применение на сетевом устройстве (сервере) операционной системы Linux (коэффициент уверенности  $CF_1=0,1$ ) с командным интерпретатором bash (коэффициент уверенности  $CF_2=0,2$ ). При чем, если используется интерпретатор bash с версией 4.2 и 4.3 (коэффициент уверенности  $CF_3=0,3$ ), а в операционной системе отсутствует соответствующий ему патч (коэффициент уверенности  $CF_4=0,4$ ), то общий коэффициент уверенности  $CF_S$  для этого набора фоновых условий составит:

$$CF_S = CF_1 + CF_2 + CF_3 + CF_4 = 1, \quad (1)$$

в противном случае, при изменении любого из фоновых условий, соответствующий ему коэффициент уверенности  $CF_i$  устанавливается равным 0. В данном примере максимальный вес всех коэффициентов уверенности имеет  $CF_4$ , так как именно он оказывает самое существенное влияние возможность эксплуатации злоумышленником уязвимости CVE: 2014–6278. Фоновые условия, также как и признаки включаются в структуру правила (сигнатуру).

Кроме фоновых условий для каждого правила задают параметр глубины анализа  $H_i = (V, T)$ , определяющий временной интервал  $T$ , в течение которого с указанного источника данных собирается информация о СИБ, и объем данных  $V$ , содержащий информацию об этих событиях. Использование параметра глубины анализа основано на той теоретической предпосылке, что одно событие, происходящее в течение определенного временного промежутка, может являться причиной другого события.

Как правило, единица измерения временного интервала  $T$  составляет 1 минуту, а типовой временной интервал сбора данных составляет 1 сутки. Ограничение временного интервала связано со следующим: около 70% правил корреляции работают с событиями, которые произошли в течение суток, 20% — до одной недели, 5% — не более месяца. Оставшиеся — в интервале квартал или полгода.

Таблица 1. Анализ данных из журнала безопасности Windows 7, где использовано два значимых поля ( $V_i = 2$ )

№ п/п	Используемые поля из log-журнала (объем данных, $V$ )	
	Код события	Ключевые слова
1	4624, Logon	Аудит успеха
2	4768, Account Logon	Kerberos Ticket Events
3	4688, Detailed Tracking	Process Creation

Таблица 2. Расширенный состав полей журналов регистрации

№ п/п	Используемые поля из log-журнала (объем данных, $V$ )				
	Код события	Ключевые слова	Системное время	Пользователь	ID процесса
1	4672, Special Logon	Аудит успеха	2015-10-12T07:06:49.816368900Z	S-1-5-18	940

Объем данных  $V$  для правила определяется количеством значимых полей из журналов регистрации этого источника, используемых для корреляционного анализа признаков распределенных событий безопасности. На начальном этапе  $V$  задают минимального размера. Например, анализ данных из журнала безопасности операционной системы Windows 7 обычно имеет  $V_i = 2$  (табл. 1), что зачастую достаточно для анализа локальных ИИБ.

Это связано с тем, что в среднестатистической системе аудита нормальным считается поток событий равный 8000–10000 событий в секунду (EPS), при этом общее количество данных от 50–80 источников с учетом разных типов событий и набора учитываемых полей может достигать десятков тысяч EPS, что оказывает существенную нагрузку на систему.

В тоже время для выявления распределенных ИИБ зачастую необходимо рассматривать расширенный состав полей журналов регистрации, объем данных может быть увеличен, например, до  $V=5$  (табл. 2).

Параметр  $H$  для всех правил задается администратором безопасности. Основная цель — определить *средние* значения количества данных о распределенных событиях безопасности, которые необходимо получать для анализа от разных источников в различные временные интервалы (рабочий день, ночь, выходные и т.д.). При необходимости на дальнейших этапах обработки данных глубина анализа для каждого правила может быть увеличена вплоть до максимальных значений, определяемых наибольшим количеством полей в журналах регистрации и наибольшим периодом времени за который отслеживаются СИБ в ИС.

В алгоритме формирования значимого множества правил корреляции (рисунок 1) на этапе развертывания

системы защиты администратор безопасности, исходя из своих знаний, задает исходное множество правил для выявления признаков деструктивных СИБ. Для этого формируется первоначальный список правил корреляции, содержащих совокупность возможных признаков ( $p$ ) обнаруживаемого события или совокупности нескольких СИБ.

В общем случае, правила корреляции строятся на основе закономерностей и представляют собой выражения в виде:

$$B = A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } A_n, \quad (2)$$

где  $A_1, \dots, A_n, B$  — предикаты, при этом предикат  $B$  является целевой (THEN ACTION) частью,  $A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } A_n$  — условной (IF) частью, объединяющей признаки различных событий (совокупности событий) и фоновые условия для данной ИС.

В качестве признаков событий безопасности, подлежащих обнаружению, определяют признаки тех событий, которые влияют на общую защищенность всей информационной системы или отдельного ее элемента. Например, к учитываемым в правилах корреляции событиям безопасности относят данные:

- ♦ о попытках изменения полномочий учетных записей;
- ♦ о входе одного пользователя под разными учетными записями;
- ♦ о превышении среднего времени соединения между узлами;
- ♦ о большом количестве узлов в сети организации, пытающихся соединиться с одним тем же внешним ресурсом.

В исходное (начальное) множество включают правила трех видов.

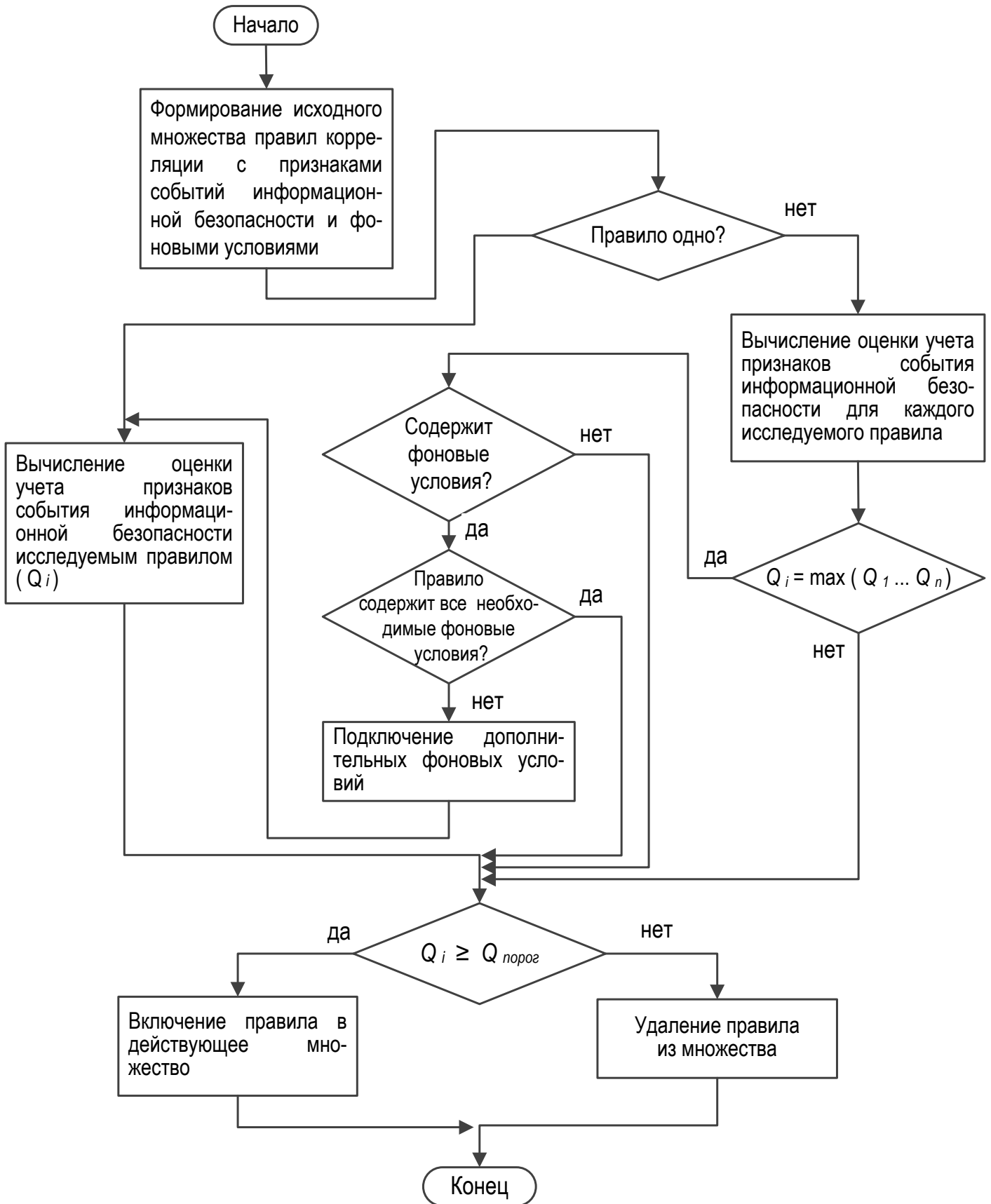


Рис. 1. Алгоритм формирования значимого множества правил корреляции



1. Правила, которые описывают признаки ИИБ, состоящего из одиночного СИБ. Например, правило осуществляет выдачу сигнала об опасности, если выполнена остановка (пауза) критичной службы на сервере:

**Alert Event1** = *device action {stoppet, paused}*

*AND matches filter {Windows/System Services and Auditing/Critical Services}*

*OR device vendor {Microsoft}, EventID {7036},*

где *stoppet, paused* — признак полной или частичной остановки контролируемого сервиса,

*Windows/System Services and Auditing/Critical Services* — признак выявления совпадения с сервисом, который поставлен на контроль,

*device vendor {Microsoft}, EventID {7036}* — признак, указывающий на успешное завершение действия (переход в другое состояние) с учетом фоновых условий, т.е. действие подлежит обязательному контролю, если работа ведется в среде ОС *Windows*.

2. Правила, которые описывают признаки ИИБ, состоящего из нескольких последовательных СИБ, произошедших за определенный период времени. Например, если получают сигнал от средства антивирусной защиты и выявляют последующее сканирование сети с того устройства (хоста), на котором сработал антивирус. Чтобы идентифицировать такой ИИБ, включающий распределенные СИБ, в формируемом правиле необходимо связать признаки сканирования сети и обнаружения вируса:

**Alert Event2** = *select current\_timestamp {'Critical' severity}, host\_virus.host\_ip*

*AND host\_scan {src\_ip = host\_virus.host\_ip}*

*AND timer: within {1 minute},*

где *'Critical' severity* — признак срабатывания средства антивирусной защиты,

*src\_ip = host\_virus.host\_ip* — признак выявления совпадения между инфицированным вирусом хостом, и АРМ, осуществляющим сканирование сети,

*timer: within {1 minute}* — признак учета временно-интервала, в течение которого, после инфицирования хоста, может начаться процесс сканирования локальной вычислительной сети.

3. Правила, которые идентифицируют признаки ИИБ на основе выявления отклонений (аномалий) от средних значений активности того или иного устройства (программы) за определенный период времени. Например, правило отслеживает превышение среднего показателя срабатываний антивируса за квартал:

**Alert Event3** = *Current\_Infected\_Hosts {Host\_Count\_Threshold}*

*OR Current\_Virus\_Count {Virus\_Count\_Threshold},*

где *Host\_Count\_Threshold* — признак, показывающий текущее значение «среднего показателя» срабатываний антивируса за квартал,

*Virus\_Count\_Threshold* — признак, определяющий заданное администратором безопасности на основе статистики за предыдущие периоды среднее значение этого показателя.

На следующем шаге из исходного множества производят отбор значимых правил в действующее множество, на основании которых и будет выполняться поиск взаимосвязей между признаками СИБ.

Для этого выполняют оценку количества правил в исходном множестве. Если в списке только одно правило, то для него сразу вычисляют оценку  $Q$ , отражающую степень учета признаков СИБ именно этим правилом (2):

$$\begin{cases} Q_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \cdot \sum_{k=1}^{p_i} w_k^i \cdot CF_s^i, \\ \sum_{k=1}^m w_k = 1, \\ i = 1, n, k = 1, m \end{cases}$$

где  $n$  — общее количество правил корреляций, включенных в действующее множество,

$m$  — общее количество признаков СИБ, учитываемых правилами из действующего множества,

$p_i$  — количество признаков СИБ, учитываемых  $i$ -м правилом,

$w_k^i$  — весовой коэффициент  $k$ -го признака, учитываемого  $i$ -м правилом,

$CF_s^i$  — суммарный коэффициент уверенности для всех учитываемых правилом фоновых условий.

Весовые коэффициенты признаков определяются заранее экспертным методом при составлении правил администратором безопасности в зависимости от ис-

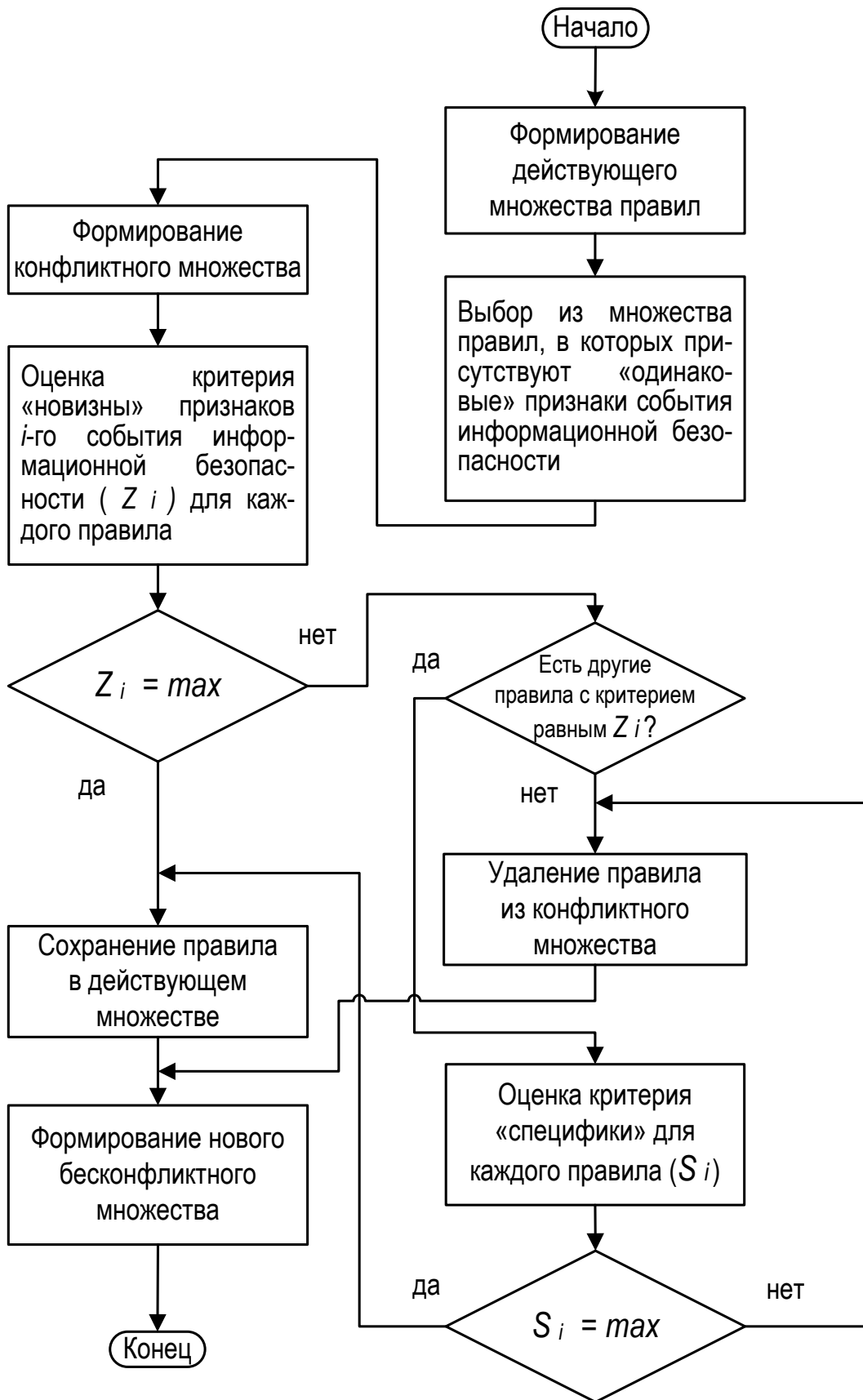


Рис. 2. Алгоритм выявления и устранения возможных конфликтов в множестве правил

пользуемых моделей защищенности ИС и описаний уязвимостей программного обеспечения. Таким образом, чем большее количество признаков учитывает конкретное правило, и чем они значимее, тем более весомую оценку  $Q$  будет иметь данное правило.

Если в список включено несколько правил, то аналогичную оценку  $Q$  вычисляют для каждого из них, но для последующего отбора выбирают правило, обладающее наивысшей оценкой среди проверяемых правил

$$Q_i = \max(Q_1, \dots, Q_n) \quad (4)$$

Остальные правила дополнительно проверяют на наличие фактического учета в сигнатуре правила фоновых условий. Если в правиле использованы фоновые условия, то их проверяют на корректность и полноту описания для данной ИС. В случае неполноты учета требуемых фоновых условий сигнатурой правила, производят подключение дополнительных фоновых условий и повторное вычисление оценки  $Q$ . Подключение дополнительных фоновых условий осуществляет администратор безопасности экспертным методом.

Однако некоторые правила могут включать в себя небольшое количество признаков, что может быть обусловлено как особенностью самой сигнатуры расследуемого СИБ, так и малозначимостью самого правила. В последнем случае это приводит к необоснованному увеличению общего объема правил и, как следствие, снижению скорости анализа данных.

Поэтому для уменьшения в сформированном множестве количества малозначимых правил оценку всех отобранных правил  $Q$  дополнительно сравнивают с пороговым уровнем  $Q_{порог}$ . Задание пороговой оценки производится администратором безопасности в пределах 40–70% от уровня максимально возможного значения  $Q_{max}$ , что позволяет ограничить рост потребляемой памяти — ведь каждая анализируемая сигнатура СИБ требует порождения отдельного процесса для своего обслуживания.

Также с пороговым уровнем сравнивают оценку правил, если их сигнатура вообще не требует использования фоновых условий или уже корректно учитывает все требуемые для данной ИС фоновые условия.

При удовлетворении оценкой степени учета признаков СИБ для  $i$ -го правила корреляции заданному требованию, его включают в действующее множество правил, в противном случае удаляют из исходного множества. На следующем этапе между отобранными из исходного множества правилами корреляции выявляют и устраняют возможные конфликты (рисунок 2). Это связано с не-

обходимостью нивелирования субъективности администратора безопасности при задании правил, а также для отбора в множество наиболее эффективных правил из числа сформированных ранее с учетом изменения конфигурации и структуры ИС.

Для этого из полученного после оценки учета признаков множества выбирают те правила, которые одновременно содержат «одинаковые» признаки деструктивного события или совокупности СИБ, и формируют конфликтное множество правил.

Для каждого  $i$ -го правила конфликтного множества оценивают коэффициент «новизны»  $Z_i$ , отражающий близость признаков СИБ, рассматриваемых этим правилом, к признакам, учитываемых всеми другими правилами из этого множества. Для этого вычисляют произведение попарных коэффициентов совпадений признаков  $i$ -го правила с признаками каждого из  $l$  правил, включенных в конфликтное множество:

$$Z_i = \prod_{j=1}^l \frac{2p_{(j,i)}^{cos}}{p_i + p_j}, j = \overline{1, l},$$

где  $p_i$  и  $p_j$  — количество признаков СИБ, учитываемых  $i$ -м и  $j$ -м правилом, соответственно,

$p_{(j,i)}^{cos}$  — количество совпадающих признаков, включенных одновременно в  $j$ -е и  $i$ -е правила корреляции,

$l$  — количество правил корреляции, отобранных в конфликтное множество.

Чем выше у правила значение коэффициента  $Z$ , тем больше в нем учитываемых признаков совпадает признаками, учитываемыми другими правилами. Приоритет отдают правилам с наивысшим значением коэффициента  $Z$ , эти правила доминируют над остальными и сохраняются в формируемом множестве.

В случае несоответствия правила данному требованию или когда несколько правил имеют равный приоритет, осуществляют сравнение правил по критерию «специфики»  $S_i$ , отражающему количество признаков СИБ, загружаемых в рабочую память для проверки:

$$S_i = \frac{p_i}{\max(p_1, \dots, p_n)}, \quad (6)$$

где  $p_i$  — количество признаков СИБ, учитываемых  $i$ -м правилом,

$\max(p_1, \dots, p_n)$  — наибольшее количество признаков, учитываемых одним из правил, входящим в действующее множество.

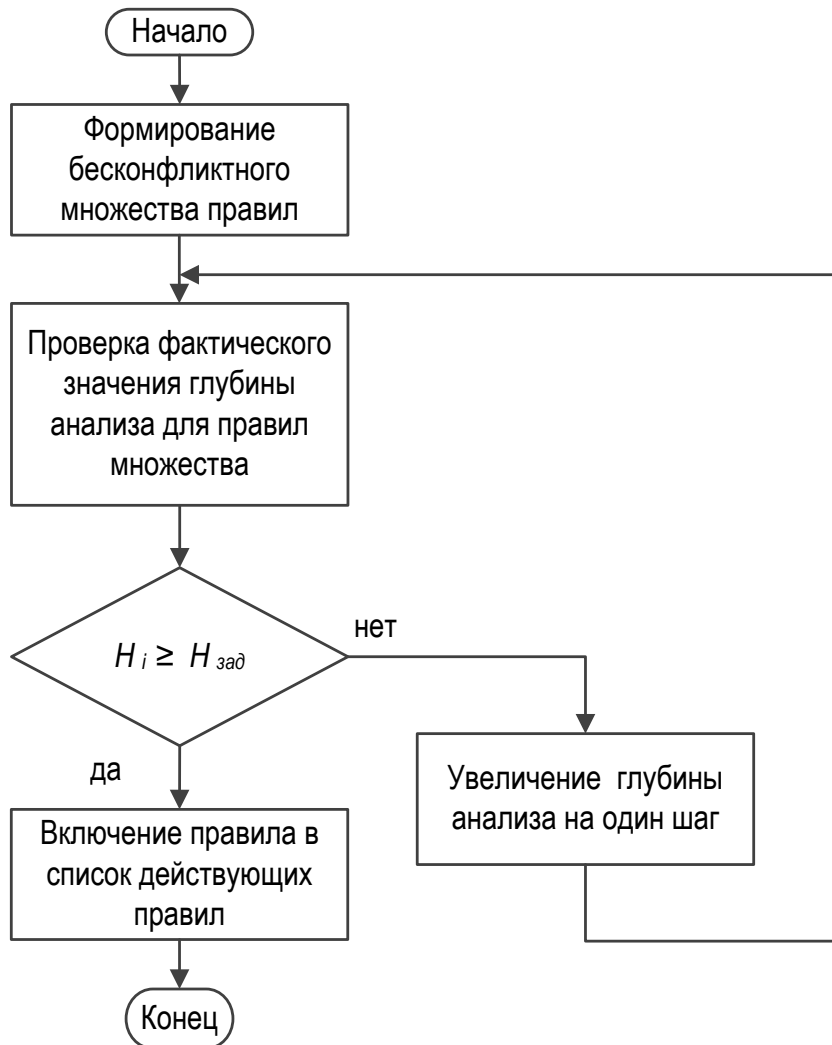


Рис. 3. Алгоритм корректировки фактического значения глубины анализа для правил

Здесь предпочтение отдают тому правилу, применение которого требует проверки наибольшего количества признаков СИБ, остальные правила удаляются из множества. Из отобранных правил формируют действующее (бесконфликтное) множество правил корреляции.

После устранения конфликтов в сформированном множестве осуществляют корректировку фактического значения глубины анализа  $H$  для всех его правил (рисунок 3). Так как параметр  $H$  задается администратором безопасности и определяет средние значения количества данных о распределенных СИБ, получаемых для анализа от разных источников в различные временные интервалы, то такая процедура позволяет контролировать и, при необходимости, уточнять приоритеты в расследовании распределенных СИБ и, следовательно, повысить уверенность в обнаружении ИИБ.

На этом этапе выполняют проверку фактического значения глубины анализа  $H_i$  для  $i$ -го правила. Если правило имеет глубину анализа соответствующую заданному уровню, то его включают в действующее множество правил корреляции. Если проверяемое правило имеет глубину анализа менее заданного уровня, администратором безопасности увеличивается глубина анализа на один шаг и повторяют проверку фактического значения глубины анализа  $H_i$ . При необходимости на дальнейших этапах обработки данных глубина анализа для каждого правила может увеличиваться вплоть до максимальных значений.

Затем для проведения корреляционного анализа данных случайным равновероятным способом из всего действующего множества правил выбирают одно значимое правило и проверяют взаимосвязанность признаков СИБ как в пределах одного набора данных, так и из различных (в том числе и временных) наборов. Если обнару-

жены скрытые отношения между распределенными СИБ, выдают сигнал оповещения об обнаружении ИИБ.

Таким образом, в статье предложена методика формирования значимого множества правил для SIEM-систем, которая позволяет выявлять и устра-

нять возможные конфликты в процессе формирования правил корреляции при одновременном задании в них дополняющих, параллельных или взаимосвязанных отношений между различными СИБ. Использование методики позволит в целом снизить количество необнаруженных с помощью других способов ИИБ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический отчет «Обзор инцидентов информационной безопасности АСУ ТП зарубежных государств» (по материалам Интернет-изданий за 2008–2010 гг.) М.: НТЦ «Станкоинформзащита». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://itdefence.ru>
2. Котенко И. В., Саенко И. Б. Построение системы интеллектуальных сервисов для защиты информации в условиях кибернетического противоборства // Труды СПИИРАН. СПб.: Наука, 2012. Вып. 3(22). С. 84–100.
3. Заводцев И. В., Гайнов А. Е. Анализ требований, предъявляемых к современным средствам управления инцидентами информационной безопасности: Информационная безопасность — актуальная проблема современности. Совершенствование образовательных технологий подготовки специалистов в области ИБ / И. В. Заводцев, А. Е. Гайнов // сборник трудов VI–VII Всероссийской научно-технической конференции. — Краснодар: ФВАС, 2013. — Т1. — 365 с.
4. Патент РФ № 2610395 С1, 2017 г. МПК G06F21/55, Заводцев И. В., Гайнов А. Е.
5. Kruegel Ch., Valeur F. Intrusion Detection and Correlation. Challenges and Solutions. Springer Science + Business Media, Inc., 2005. ISBN: 0–387–23398–9. [Режим доступа]: <http://link.springer.com/book/10.1007%2Fb101493>.

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

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КУРСА

## THE LIFECYCLE MODEL OF E-LEARNING COURSE

**O. Gustun  
N. Budaragin**

*Summary.* In the article we have considered the lifecycle model of the e-learning course in e-learning systems and electronic educational environment. The lifecycle consists of three stages: course concept development, courseware development, course implementation and use. Each stage contains three phases, all together they describe the complete cycle of development, using and support of the e-learning course.

We have proposed the scheme of the internal structure of the learning object, which separates the learning content from the ways of working with it, which facilitates the design of learning materials, and enables one to use different algorithms for the control of the student's educational path of the course.

The conditions of using the e-learning course for the control system of the learning process in educational environment are considered.

*Keywords:* lifecycle, e-learning course, e-learning system, educational environment, lifecycle stage, phase of lifecycle, control of the learning process, courseware, educational path, assessment, learning object, content delivery, learner response.

**Густун Олег Николаевич**

Старший преподаватель, Национальный  
исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
gustun@gmail.com

**Бударагин Николай Владимирович**

Аспирант, Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ», n.v.budaragin@gmail.com

*Аннотация.* Рассмотрена модель жизненного цикла электронных учебных курсов, применяемых в электронных обучающих системах и образовательных средах. Жизненный цикл курса состоит из трех стадий: разработка концепции курса, разработка учебно-методического обеспечения, реализация и использование курса. Каждая из стадий содержит по три этапа, все вместе они описывают полный цикл разработки, применения и сопровождения учебного курса.

Предложена схема внутренней структуры элемента учебно-методического комплекса, отделяющая учебный контент от способов работы с ним, которая облегчает проектирование учебных материалов, и позволяет использовать различные алгоритмы управления продвижением обучаемого по учебной траектории курса.

Рассмотрены условия использования электронного учебного курса при применении системы управления процессом обучения в электронной образовательной среде.

*Ключевые слова:* жизненный цикл, электронный учебный курс, электронная обучающая система, образовательная среда, стадия жизненного цикла, этап жизненного цикла, управление процессом обучения, учебно-методическое обеспечение, образовательная траектория, оценочные средства, элемент учебно-методического материала, предъявление контента, отклик обучаемого.

## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ УЧЕБНОГО КУРСА

**Б**урное развитие компьютерной техники и широкое применение информационных технологий в сфере образования привело к появлению большого количества электронных образовательных ресурсов, компьютерных обучающих систем различного назначения, сетевых информационно-образовательных сред. Часто в таких системах и средах образовательной единицей является электронный учебный курс, рассчитанный на проведение законченного цикла обучения.

Разработка электронных учебных курсов ведется на основе различных подходов [1], но в масштабных проектах, как правило, за основу берутся спецификации и стандарты электронного обучения, такие как, например, SCORM или Tin Can API.

С точки зрения разработчиков электронной образовательной системы жизненный цикл учебного курса можно разделить на три крупные стадии (рис. 1):

- ◆ разработка концепции курса,
- ◆ разработка учебно-методического обеспечения,
- ◆ реализация и использование курса.

Каждая из этих стадий состоит из последовательности нескольких отдельных этапов.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КУРСА

**Разработка концепции курса** делится на следующие этапы:

- ◆ анализ потребностей в изучении курса;
- ◆ исследование концепции курса;
- ◆ определение концепции курса.

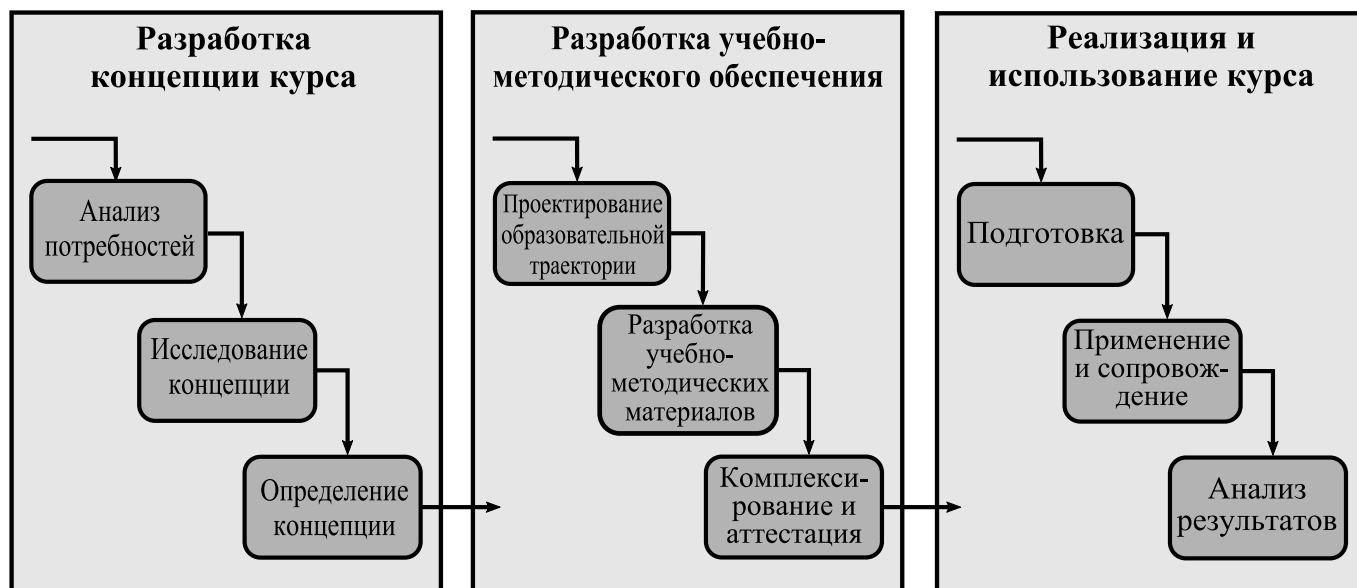


Рис. 1. Жизненный цикл учебного курса

На первом этапе проводится анализ потребностей в изучении нового курса, при котором на основе квалификационной характеристики обучаемого определяются набор компетенций, формируемых в результате освоения курса, перечень приобретаемых знаний, умений и навыков, формируются требования к степени их освоения. В ходе такого анализа ставятся цели освоения учебного курса, и за ним закрепляется свое место в структуре образовательной программы направления подготовки.

На следующем этапе исследуются возможные варианты концепции курса: определяются возможные стратегии преподавания, подбираются подходящие методы и технологии организации и проведения учебного процесса. В результате такого исследования формируются требования к характеристикам учебного курса, а также разрабатываются несколько вариантов концепции курса.

На этапе определения концепции выбирается предпочтительная концепция курса, при которой достигается разумный баланс между качеством подготовки обучаемых, имеющимися ресурсами и возможностями образовательной организации.

#### РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

На стадии разработки учебно-методического обеспечения создается учебно-методический комплекс (УМК), который состоит из обучающих, методических и вспомогательных материалов, разрабатываемых на основе

заранее определенной единой концепции курса. Разработка УМК проходит несколько этапов:

- ◆ проектирование образовательной траектории курса (или набора траекторий для нескольких категорий обучаемых);
- ◆ разработка учебно-методических материалов (УММ) курса;
- ◆ комплексование и аттестация УМК курса.

При проектировании образовательной траектории курса определяются структура и содержание учебного курса, разрабатываются механизмы контроля усвоения учебных материалов курса, формируются алгоритмы продвижения обучаемого по элементам содержания в зависимости от результатов контроля, определяются требования к контрольно-измерительным материалам и оценочным средствам и УММ курса в целом. Результатом выполнения данного этапа является составление документа — рабочей программы учебного курса.

Разработка УММ является самым трудоемким и продолжительным на данной стадии этапом. Комплект УММ, как правило, содержит элементы двух типов: материалы, обеспечивающие освоение курса, и средства оценки успешности данного процесса.

К материалам для освоения курса относятся: базовое учебное пособие, конспект лекций, практикум, сборник упражнений и задач, методические указания обучаемым, вспомогательные средства (например, информационное и/или программное обеспечение, средства выполнения расчетно-графических работ и/или моделирования).

Оценочные средства включают в себя: контрольно-измерительные материалы (в том числе для входного и остаточного контроля), контрольные задания для проведения различных видов аттестации (входной, промежуточной, текущей, итоговой), методики проведения аттестации и критерии оценивания. Оценочные средства могут различаться по форме: тесты, задачи, задания, вопросы к зачету, билеты к экзамену, темы рефератов и эссе и др.

На заключительном этапе создания УМК разработанные УММ объединяются в единый комплекс, который должен полностью отвечать целям подготовки обучаемого по данному курсу, обеспечивать заданное качество подготовки. Описание созданного УМК отражается в документации, после чего УМК проходит экспертизу и, в случае необходимости, проводится корректировка компонент УМК.

## РЕАЛИЗАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУРСА

Стадия реализации и использование курса содержит следующие этапы:

- ◆ подготовка УМК для использования в качестве электронного учебного курса в электронной образовательной среде;
- ◆ применение курса в реальном учебном процессе и сопровождение курса;
- ◆ анализ результатов применения курса.

Подготовка УМК для использования в качестве электронного учебного курса заключается в трансформации всех необходимых элементов УМК в форму, пригодную для использования в электронной образовательной среде. При этом электронный учебный курс должен воспроизводить описанные в УМК методики преподавания, аттестации и оценки.

При первом применении курса в реальном учебном процессе проводится апробация созданного УМК курса (или отдельных его элементов). По результатам апробации, обычно, курс подвергается самой существенной корректировке, после которой происходит принятие решения о постоянном использовании курса в учебном процессе. На следующих итерациях применения в курс также могут вноситься изменения, но они, как правило, менее существенны и относятся к отдельным элементам УМК.

После применения курса в учебном процессе проводится анализ результатов, и на его основе делаются выводы о необходимости модернизации курса (или его элементов) для его дальнейшего использования на следующих итерациях, либо принимается решение о пре-

кращении использования курса. В любом случае информация о завершенной итерации применения курса протоколируется, а при необходимости материалы курса и полученные в ходе его использования результаты отправляются в хранилище.

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Последняя стадия описанной модели жизненного цикла учебного курса предполагает многократное использование УМК, совершенствование отдельных его элементов. При этом не исключается, что со временем в рабочую программу учебного курса могут вноситься изменения: корректируется общая структура УМК, меняются условия и способы его применения, методы анализа и оценки учебных достижений обучаемых.

В ходе внесения подобных изменений механизм версионирования как отдельных элементов УМК, так и целых рабочих программ позволяет не выходить за рамки единого жизненного цикла учебного курса. Кроме того, необходимо учитывать использование различных алгоритмов управления продвижением обучаемого по его индивидуальной траектории обучения [2].

Все это должно учитываться при разработке каждого элемента УММ, входящего в состав УМК. С точки зрения применения в УМК электронного учебного курса элемент УММ состоит из следующих частей:

- ◆ описание (идентификационная информация, общие сведения, технические характеристики);
- ◆ содержание (структура материала, контент);
- ◆ механизм предъявления (сценарии взаимодействия разных категорий обучаемых с контентом, параметры процессов взаимодействия);
- ◆ механизм получения и анализа отклика (способ получения результатов взаимодействия обучаемых с контентом, методы и средства их анализа).

Отсутствие последней части — механизма получения и анализа отклика — характерно для материалов, обеспечивающих освоение курса, но эта часть является обязательной для средств оценки успешности обучения.

На концептуальной схеме элемента УММ (рис. 2) можно проследить отношения между компонентами элемента УММ — направленная стрелка устанавливает отношение детерминированности.

Пунктирной стрелкой обозначен случай, когда сценарий предъявления контента меняется в режиме реального времени в зависимости от результатов анализа отклика обучаемого. Данная ситуация характерна для



адаптивных алгоритмов интерактивного взаимодействия обучаемого с элементом УММ (например, при проведении адаптивного тестирования).

Таким образом, оба описанных механизма, являющиеся компонентами УММ, определяются его структурой и контентом, причем одному содержанию может соответствовать несколько вариантов механизма предъявления и несколько вариантов механизма получения и анализа отклика. Выбор конкретного варианта происходит на этапе комплексирования УММ и создания УМК в соответствии с реализуемой концепцией учебного курса.

Приведенная схема может использоваться для описания как отдельного элемента УММ, так и блока (модуля), состоящего из нескольких элементов, связанных между собой.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ

Рассмотрим случай, когда при разработке концепции курса определено, что функции управления процессом обучения должна выполнять электронная образовательная среда [2].

Тогда на этапе проектирования образовательной траектории курса в программе учебного курса закладываются сведения о том, какие параметры обучаемых следует подвергнуть измерению, какие характеристики учебно-методического материала необходимо использовать в качестве переменных параметров управляющих воздействий. При этом на образовательной траектории отмечаются точки, в которых происходит измерение выделенных параметров, определяются процедуры прове-

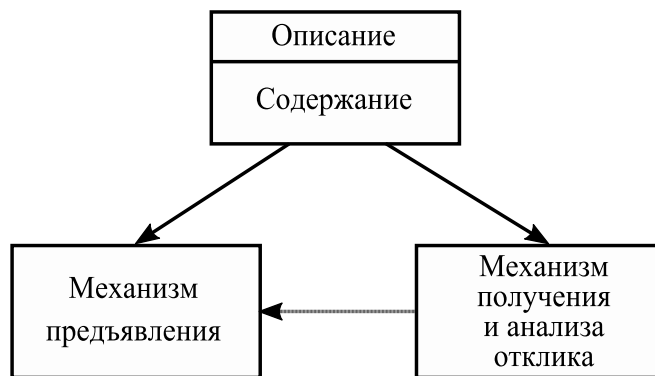


Рис. 2. Схема элемента УММ

дения измерений. А также задаются точки, в которых после проведения измерений на основе оценки значений параметров обучаемых принимается решение о формировании управляющего воздействия, то есть определяется дальнейший путь траектории обучения [3].

При формировании управляющих воздействий варьируются такие параметры учебных материалов, предъявляемых обучаемому, как объем, глубина, интенсивность, уровень сложности. Алгоритм формирования управляющих воздействий должен соответствовать цели управления.

Применение системы управления обеспечивается УМК, который включает в себя средства проведения измерений, анализа получаемых при этом данных и расчета оценок параметров обучаемых; комплект структурированных учебных материалов для формирования различного содержательного объема и глубины проработки, наборы задач и заданий различных уровней сложности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башмаков А.И., Башмаков И. А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003.
2. Леонова Н. М. Параметрически адаптивное управление образовательной деятельностью: монография / под ред. А. Д. Модяева. — М.: МИФИ, 2006.
3. Бударагин Н. В. Разработка информационно-образовательной среды нового поколения на основе технологии SPACEL // XIX Международная телекоммуникационная конференция молодых ученых и студентов «Молодежь и наука». Тезисы докладов. Ч. 3. — М.: НИЯУ МИФИ, 2015. — С. 54–55.

© Густун Олег Николаевич (gustun@gmail.com), Бударагин Николай Владимирович (n.v.budaragin@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

## DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE FOR DEFINITION OF EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES DURING FORMATION OF PAINT-FINISHING COATINGS

V. Romanov  
B. Pruss

*Summary.* The article describes information support and software, which allows to implement simulation of the formation process paintwork, with the help of which the volume of emissions of harmful substances is determined.

*Keywords:* software, simulation modeling, harmful substances, emissions.

**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 описано разработанное информационное и программное обеспечение, позволяющее осуществить имитационное моделирование процесса формирования защитно-декоративных покрытий древесины, а так же определяющее объем выбросов вредных веществ.

*Ключевые слова:* программное обеспечение, имитационное моделирование, вредные вещества, выбросы.

**В** настоящее время для формирования покрытия на поверхности изделия чаще всего применяются синтетические лакокрасочные материалы (ЛКМ), в которых содержится много различного летучего остатка — ацетон ( $C_3H_6O$ ), ксилол  $C_6H_4(CH_3)_2$ , этилбензол  $C_6H_5C_2H_5$  и т.д.[2]

Процесс формирования покрытий заключается в нанесении ЛКМ и его сушке. При этом происходит полный переход летучей части ЛКМ в парообразное состояние. Причем, при окраске выделяется 20...30% выбросов вредных химических веществ, а при сушке — остальное их количество [3].

Вредные вещества, входящие в состав лакокрасочных материалов, могут оказывать воздействие на организм человека через дыхательные пути, кожу и пищеварительный тракт. Большое значение имеет летучесть растворителей: чем она выше, тем быстрее загрязняется воздух [4,5,6].

На объем выбросов влияют многочисленные факторы, но наибольшее влияние оказывают: доля аэрозоля; пары растворителя; доля летучей части растворителя [7].

Для отыскания зави симости объема выбросов от перечисленных выше факторов было решено разработать программное обеспечение, позволяющее провести экс-

периментальные исследования на основе имитационного моделирования.

Чаще всего расчет выбросов вредных загрязняющих веществ выполняется в соответствии с методикой [3].

В качестве исходных данных для расчета принимают: фактический или плановый расход ЛКМ; долю содержания в нем растворителя; долю компонентов ЛКМ, выделяющихся из него в процессах окраски и сушке.

Объем выбросов летучей части каждого компонента в процессе окраски Ппарок, г, рассчитывается по формуле

$$П_{ок}^{пар} = m_k \times f_p \times \frac{\delta_p'}{10^4} \quad (1)$$

где  $f_p$  — доля летучей части растворителя в ЛКМ, %;

$\delta_p'$  — доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при нанесении покрытия, %;

$m_k$  — масса краски, используемой для покрытия, г.

В процессе сушки происходит практически полный переход летучей части ЛКМ (растворителя) в парообразное состояние.

Объем выбросов летучей части каждого компонента в процессе сушки Ппарс, г, рассчитывается по формуле

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования переменных факторов

Обозначения		Интервал варьирования	Уровни варьирования				
Натуральный вид	кодированный вид		- α	нижний - 1	основной 0	+ α	верхний + 1
D <sup>э</sup>	X <sub>1</sub>	14,85	6,32	0,3	15,15	23,9	30
D <sup>л</sup> <sub>рас</sub>	X <sub>2</sub>	43,3	27,55	10	53,3	79,04	96,6
P <sub>рас</sub>	X <sub>3</sub>	15	26,08	20	35	43,91	50
P <sup>суш.</sup> <sub>рас</sub>	X <sub>4</sub>	15	76,01	75	77,5	78,98	80

$$\Pi_c^{пар} = m_k \times f_p \times \frac{\delta_p''}{10^4} \quad (2)$$

где  $\delta_p''$  — доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при сушке покрытия, %;

Для выполнения перечисленных выше расчетов на кафедрах информационных технологий и технологии деревообработки ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет» разработано информационное и программное обеспечение для имитационного моделирования процесса формирования лакокрасочного покрытия, в результате которого рассчитывается площадь отделяемой поверхности изделий из древесины, норма расхода лакокрасочного материала с последующим расчетом выбросов летучих веществ [8, 9]. В качестве изделий были выбраны оконные блоки («евроокна»).

Разработка информационного обеспечения выполнялась в несколько этапов. На этапе концептуального проектирования была разработана ER-диаграмма. В данной предметной области были выделены следующие базовые сущности: типы окон; окна; бруски; детали; периметр сечения детали; виды лакокрасочных материалов; марки лакокрасочных материалов; летучая часть; компоненты; способы нанесения; доля аэрозоля; параметры; коэффициенты; учет выпуска окон. На основании семантического моделирования было принято решение о создании реляционной базы данных типа Paradox. На этапе логического проектирования были определены типы атрибутов сущностей и создана модель объектов. В процессе физического проектирования была проведена нормализация модели данных. В результате физического проектирования информационного обеспечения задачи была создана реляционная база данных, включающая 15 таблиц, с информацией: о параметрах «евроокон» (основные типы оконных блоков, марки окон, детали окон с периметрами их сечений [9]); об изделиях из древесины (порода древесины, годовая программа выпуска изделий, спецификация деталей); о нормативах расхода ЛКМ; о компонентах, входящих в состав ЛКМ; о долях летучей части компонентов.

Программа написана на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi 2009. Программное обеспечение включает подпрограммы по расчету: площадей отделяемых поверхностей «евроокон» и других изделий из древесины; норм расхода ЛКМ; объемов выбросов вредных веществ.

На основании предварительных экспериментов и априорной информации установлено, что зависимость величины объемов вредных выбросов от доли аэрозоля при окраске (сушке), паров растворителя и доли летучей части растворителя имеет нелинейный характер. Поэтому для проведения эксперимента принят равномерноротатбельный план. Пределы варьирования указанных выше факторов составляют: доля аэрозоля (0,3..30%); пары растворителя (20..50%); доля летучей части растворителя (10..96%).

Поскольку факторы процесса неоднородны (имеют различные единицы измерения), а числа, выражающие величины факторов, имеют различные порядки, они приведены к единой системе счисления путем перевода от натуральных значений факторов к кодированным [1] (таблица 1).

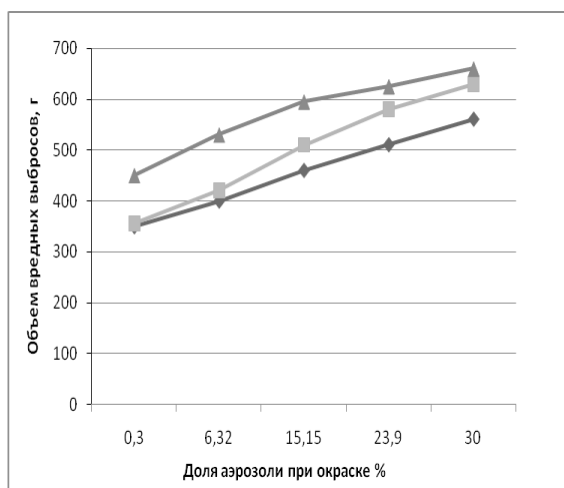
Эксперимент проводился путем имитационного моделирования формирования защитно-декоративного покрытия с использованием разработанной программы в соответствии с матрицей планирования [1].

Количество повторений каждого опыта принято не меньше трех, так как неуправляемые факторы могут внести ошибку в эксперимент и повлиять на точность модели.

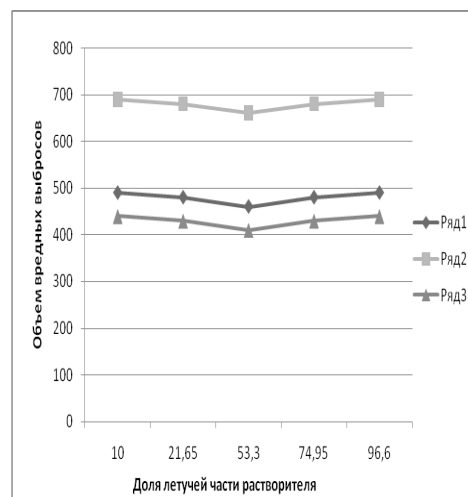
После обработки результатов проведенных исследований построена математическая модель уравнения регрессии в нормализованных обозначениях факторов и выполнена оценка значимости коэффициентов в уравнении регрессии.

Окончательно получены следующие уравнения регрессии:

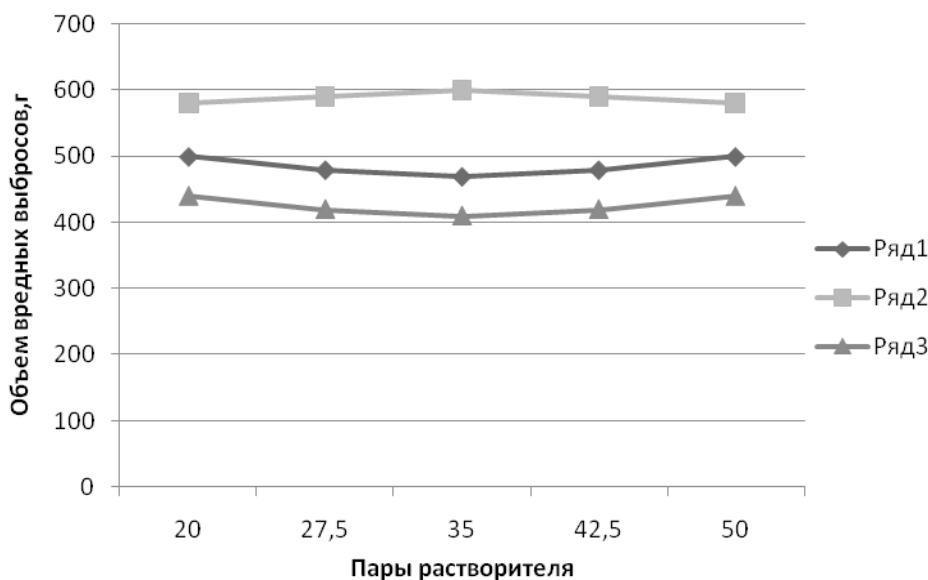
- ◆ для процесса окраски



а)



б)



в)

Рис. 1. Графики зависимости объемов вредных выбросов от:  
а — доли аэрозоля при окраске; б — доли летучей части растворителя при окраске;  
в — паров растворителя при окраске

$$Y = 698 - 0,539x_1 - 1,228x_2 + 0,01152x_2^2 - 14,89x_3 + 0,163x_3^2 + 0,231x_1x_3, \quad (3)$$

◆ для процесса сушки

$$Y = 4365 - 3,56x_1 + 0,12x_1^2 + 0,081x_2 - 77,06x_3 + 0,48x_3^2. \quad (4)$$

Полученные уравнения регрессии позволяют предсказать значение выходной величины для любой точки внутри области варьирования факторов.

По модели в натуральных обозначениях построены графики за зависимости выходной величины от фактора при закрепленных значениях остальных факторов (рис. 1).

Анализируя графики зависимости объемов выбросов от различных факторов, приходим к следующим выводам, что при увеличении доли аэрозоля при окраске объемы выбросов вредных веществ возрастают (рис. 1а). При увеличении доли летучей части раство-

рителя в процессе окраски объемы вредных выбросов уменьшаются, а после значения  $D_{\text{рас}}=53,3\%$  — увеличиваются (рис. 1б). При воздействии паров растворителя при окраске объемы выбросов вредных веществ находятся в однородном состоянии (рис. 1в).

Подобные графики были построены для процесса сушки покрытий. Анализируя их, было выяснено, что на ускорение процесса сушки влияет ряд факторов, наиболее важными из которых являются температура нагревания лакокрасочного слоя и степень подвижности воздуха. При неподвижном воздухе среда, непосредственно соприкасающаяся со свежоокрашенной поверхностью, насыщается парами растворителей, и процесс сушки замедляется. При увеличении скорости воздушного потока пары растворителя интенсивно уносятся вместе с воздухом в начале сушки [10].

На основании полученных уравнений регрессии с помощью разработанной программы были рассчитаны доли выбросов вредных веществ при окраске оконного блока для различных видов и способов нанесения ЛКМ. Установлено, что наибольший суммарный выброс имеет способ пневматического распыления. В этом случае, в производственных условиях следует применять систе-

му очистки с фильтрами, имеющими большую эффективность очистки. Для пневматического способа горячего распыления следует применять два слоя фильтрации: фильтр картонный лабиринтный и фильтр стекловолоконный. Безвоздушный и гидроэлектростатический способы имеют наименьший выброс, следовательно, необходимо применять фильтры менее производительные и более экономичные — стекловолоконный, стекловолоконный в раме. Электростатический способ имеет большой выброс, следовательно целесообразна установка фильтра в один слой, имеющего хорошую производительность — фильтра из крафт-бумаги. При пневмоэлектростатическом способе целесообразна установка одного слоя фильтра стекловолоконного или фильтра кокосово-волоконного.

Таким образом, с помощью разработанного программного обеспечения, определяющего объем выбросов вредных веществ при формировании защитно-декоративных покрытий древесины как при нанесении ЛКМ, так и в процессе сушки покрытий, установлено, что наибольшее влияние на увеличение объемов выбросов вредных веществ ЛКМ при окраске оказывают доля аэрозоля, пары растворителя и доля летучей части растворителя. В процессе сушке — доля аэрозоля, доля летучей части растворителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пижурин, А. А. Основы научных исследований в деревообработке: Учебник для вузов / А. А. Пижурин, А. А. Пижурин. — М.: МГУЛ, 2005. — 305с.
2. Пехташева, Е. Л. Биоповреждения и защита лакокрасочных материалов / Е. Л. Пехташева, А. Н. Неверов, Г. Е. Заиков // Вестник Казанского технологического университета. — 2012. — № 10. — С. 149–152.
3. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей). Введ. 14.04.1997. — СПб.: НИИ Атмосфера, 2005. — 32 с.
4. Кузнецова, О. П. Экологическое развитие в лакокрасочной промышленности / О. П. Кузнецова // Вестник Казанского технологического университета. — 2013. — № 14. — С. 66–70.
5. Крючкова, Н. Н. Профессиональные риски, обусловленные воздействием химического фактора на работников лакокрасочного производства / Н. Н. Крючкова, Г. Е. Косяченко, В. П. Филонов // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. — 2009. — № 1. — С. 41–46.
6. Баринов, А. В. Современное состояние наличия вредных веществ и отходов производства на промышленном предприятии / А. В. Баринов, О. П. Кузнецова // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2013. — № 2. — С. 20–25.
7. Заболотских, В. В. Анализ проблемы снижения экологических рисков при образовании отходов лакокрасочных материалов в Самарской области / В. В. Заболотских, А. В. Васильев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2015. — № 6–2. — С. 337–341.
8. Свидетельство № 2016614593. RU. Программа для расчета площади отделяемой поверхности оконных блоков, расхода химических материалов при отделке деталей и объема выбросов летучих веществ / Романов В. А., Милюкова А. В. — № 2016611725; заяв. 03.03.2016; опуб. 20.05.2016. — 3 с.: ил.
9. Романов В. А., Милюкова А. В. Автоматизированный расчет площади отделяемой поверхности евроокон и нормы расхода лакокрасочного материала // Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под общей редакцией Е. А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 40. — Брянск: БГИТА, 2014. — С. 112–114.
10. Коптева, Н. А. Оценка выбросов загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий / Н. А. Коптева, С. А. Коробской, Н. М. Удинцова // Вестник аграрной науки Дона. — 2012. — № 2. — С. 95–100.

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ ЭХО-СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

## APPLICATION OF ECHO STATE NEURAL NETWORKS FOR TIME SERIES FORECASTING

**A. Shelonik**  
**A. Smirnov**  
**A. Kalistratov**  
**V. Koldobskiy**

*Summary.* The architecture of an echo state neural network is described. An echo state neural network is a recurrent neural network. An echo state network allows effective time series forecasting. Having low computational requirements, an echo state network shows results that are highly dependent on randomly generated initial values. A solution of this dependency problem is proposed. Usage of the multilayer architecture of the network and a genetic algorithm for acquiring network parameters is described. Echo state neural network's performance is compared with other networks' results.

*Keywords:* neural network, neural network architecture, time series forecasting.

**Шелоник Антон Александрович**  
 Магистрант, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
 antonshelonik@gmail.com

**Смирнов Артём Сергеевич**  
 Магистрант, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
 artem.smirnov@hotmail.com

**Калистратов Алексей Павлович**  
 Магистрант, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
 akalistratov@gmail.com

**Колдобский Владислав Игоревич**  
 Магистрант, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
 admin@nevergone.ru

*Аннотация.* В статье описана архитектура эхо-сетей, рекуррентных нейронных сетей. Нейронные эхо-сети (НЭС) позволяют эффективно предсказывать последовательность значений временного ряда. Обладая невысокой вычислительной сложностью на этапе обучения, НЭС показывает результаты, сильно зависящие от начальных значений, заданных случайным образом. Рассматривается методика устранения проблемы зависимости результатов. Предлагается использование многослойной архитектуры и генетического алгоритма для подбора гиперпараметров сети. Производится сравнение результатов работы НЭС с нейронными сетями другой архитектуры.

*Ключевые слова:* нейронная сеть, архитектура нейронных сетей, прогнозирование временных рядов.

## Введение

**Н**ейронные сети состоят из связанных между собой простых элементов, называемых нейронами. С помощью простых автоматов можно моделировать нейроны и связи между ними [1]. Применение нейронных сетей позволяет решать такие задачи, как фильтрация данных по различным признакам, построение временных рядов на основе отфильтрованных данных и их анализ [2].

Анализ временных рядов имеет широкое применение: от предсказания продаж до прогнозирования погоды. Построение моделей основывается на предположении, что более близкие по времени состояния системы связаны сильнее, чем состояния, удаленные друг от друга во времени. Это необходимо учитывать при построении модели временного ряда на основе нейронной сети. Задача предсказания будущего состояния системы на основе прошлого, т.е., построение временных рядов, является одной из важнейших проблем машинного обучения [3].

Нейронные сети называются рекуррентными в случае, если они имеют обратные связи, одну или несколь-

ко. В наличии обратной связи заключается основное отличие рекуррентных сетей от сетей прямого распространения: в каждый момент времени сеть получает кроме входных данных информацию о прошлых состояниях сети. Форма обратной связи может быть сконфигурирована разными способами [4].

Преимущество использования рекуррентных ИНС заключается в большей гибкости прогноза, подстройке сети под изменяющуюся внешнюю среду и способности качественно прогнозировать временные ряды [5]. В настоящий момент у этой архитектуры есть недостаток, связанный с быстро возрастающей сложностью на этапе обучения при увеличении длины последовательности и при усложнении архитектуры. Данную проблему можно обойти, сохранив при этом обратную связь, при помощи нейронных эхо-сетей.

В данной работе рассматривается нейронная эхо-сеть (НЭС), архитектура рекуррентных нейронных сетей, способная эффективно предсказывать последовательность значений временного ряда. Обладая невысокой вычислительной сложностью на этапе обучения, НЭС показывает результаты, сильно зависящие от случайно сге-

нерированных начальных значений. Предметом сравнения в данной работе является величина погрешности сгенерированных НС данных относительно реальных показателей. Объектом обработки для НЭС и ее аналогов выступают временные ряды, представляющие собой суперпозицию гармонических сигналов разных частот. Результаты работы НЭС будут сравниваться с другими архитектурами нейронных сетей [6, 7]:

- ◆ рекуррентная нейронная сеть Элмана (РНЭС, далее используется англоязычная аббревиатура ERNN)
- ◆ сеть с долгой краткосрочной памятью (ДКП, далее LSTM)
- ◆ сеть с управляемыми рекуррентными нейронами (УРН, далее GRU)

### Нейронные эхо-сети

Нейронные эхо-сети — нестандартная архитектура рекуррентных сетей, главное преимущество которой — очень низкая вычислительная сложность на этапе обучения [8]. Основная идея НЭС состоит в применении скрытого слоя, называемого резервуаром, внутри которого нейроны соединены случайно сгенерированными связями. В классическом описании вводится понятие состояния резервуара, вычисляемое по формуле:

$$x(n) = \tanh(W_{reservoir}x(n-1) + W_{input}i(n-1) + W_{feedback}y(n-1)) \quad (1)$$

Здесь  $n$  — номер шага по времени,  $i(n)$  — входной сигнал,  $y(n)$  — выходной сигнал.  $W_{input}$ ,  $W_{reservoir}$  и  $W_{feedback}$  — входная матрица, матрица весов связей в резервуаре и матрица обратной связи, соответственно. Все три матрицы наполняются случайно сгенерированными числами и не изменяются в процессе тренировки — за счет этого достигается прирост в скорости обучения.

На основе текущего состояния резервуара система вычисляет выходной вектор значений, путем умножения на выходную матрицу:

$$y(n) = W_{output}x(n) \quad (2)$$

Выходной вектор значений затем передается обратно в систему, обеспечивая обратную связь. Параметры матрицы  $W_{output}$  — это единственные веса, изменяющиеся в процессе обучения НЭС.

### Эмуляция полосного фильтра нейронами

Одной из проблем НЭС является ее зависимость от начальных значений, случайно задаваемых при гене-

рации. Чтобы увеличить точность предсказания модели, требуется множество итераций генерации начальных параметров для нахождения комбинации, наиболее подходящей под данные и условия задачи. Один из способов устранения этой проблемы при построении модели временных рядов описывает новый тип нейрона, реализующий полосный фильтр как разность двух низкочастотных:

$$x_1(n) = (1 - \alpha_1)x(n-1) + \alpha_1 \tanh(W_{reservoir}x(n-1) + W_{input}i(n-1) + W_{feedback}y(n-1)) \quad (3)$$

$$x_2(n) = (1 - \alpha_2)x_2(n-1) + \alpha_2 x_1(n-1) \quad (4)$$

где коэффициенты

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  пропорциональны частоте среза фильтра [8].

Итоговая формула выглядит следующим образом:

$$x(n) = x_1(n) - x_2(n) \quad (5)$$

На практике не всегда просто определить частоту среза на основе массива неотфильтрованных данных. В случае ошибочного подбора данных эти значения ухудшают качество предсказания модели. Поэтому мы добавили эти коэффициенты к изучаемым параметрам.

Из-за наличия этих параметров становится невозможным использовать традиционный метод обучения НС. Вместо него для обучения будет использован алгоритм Adam [10].

### Архитектура глубокой НЭС

Другой метод улучшения точности модели, предлагает использовать сочетание из нескольких сетей, каждая из которых использует отличный от других набор значений параметров «резервуара» [11]. Для нашей модели воспользуемся архитектурой с последовательно передающими друг другу состояние «резервуара» слоями. Каждый слой представляет собой полосный фильтр определенной частоты, поэтому коэффициенты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  внутри каждого слоя одинаковы. На рисунке 1 изображено графическое представление архитектуры глубокой НЭС.

Для данной архитектуры формула, описывающая состояние «резервуара» каждого слоя, принимает следующий вид:

$$x_j^l(n) = (1 - \alpha_j^l)x_j^l(n-1) + \alpha_j^l \tanh(W_{reservoir}^l x_j^l(n-1) + W_{input}^l i(n-1) + W_{feedback}^l y^l(n-1)) \quad (6)$$

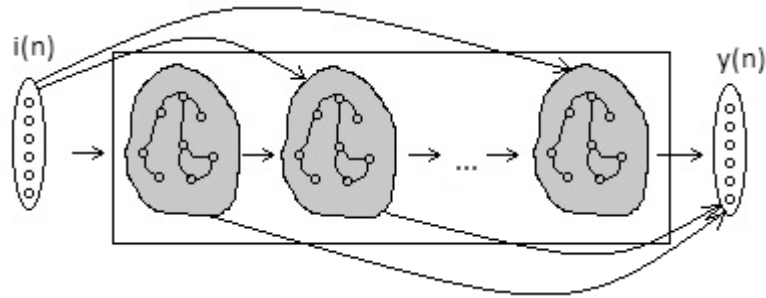


Рис. 1. Архитектура глубокой НЭС

$$x_2^l(n) = (1 - \alpha_2^l)x_2^l(n - 1) + \alpha_2^l x_1^l(n - 1) \tag{7}$$

$$x^l(n) = x_1^l(n) - x_2^l(n) \tag{8}$$

Здесь  $l$  — номер слоя.

Для вычисления результирующего значения после слоев эхо-сетей были добавлены два слоя прямого пространства. Первый слой состоит из нейронов, которые вычисляют выходное значение каждой эхо-сети, получая вектор  $y(n)$ . Значение каждого элемента рассчитывается по формуле:

$$y^l(n) = W_{output}^l x^l(n) \tag{9}$$

Второй слой является простым полносвязным слоем, выполняющим следующую операцию:

$$Y(n) = W_Y y(n) \tag{10}$$

### Оптимизация процесса подбора параметров

В большинстве случаев структурные параметры НС выбираются вручную, основываясь на опыте и конкретной задаче [12]. Это может привести, например, к слишком большому размеру резервуара, что влечет за собой необоснованное увеличение вычислительной сложности. Слишком малый размер резервуара, в свою очередь, снижает качество модели и точность прогноза. Для оптимизации процесса подбора параметров и повышения точности вычислений предлагается использовать алгоритм недоминирующей сортировки (АНС, далее NGSA-II) [13]. Структура сети представляется в виде вектора гиперпараметров, состоящего из:

- ◆ вероятность формирования связи в резервуаре;
- ◆ вероятность формирования связи в матрице обратной связи;
- ◆ размер резервуара;
- ◆ диапазон значений резервуара;
- ◆ диапазон значений входной матрицы;
- ◆ диапазон значений матрицы обратной связи;

◆ число слоев — полосных фильтров.

Для каждого набора параметров составлялся вектор значений, по значению вектора строилась нейронная сеть, которая затем обучалась и тестировалась.

### Эксперимент

В процессе тестирования было предложено предсказать несколько значений из набора временных рядов. Каждый временной ряд получаем путем суммирования  $M$  синусоид:

$$Y = \sum_{i=1}^M \sin(\omega_i n) \tag{11}$$

Были использованы следующие значения частот:  $\omega_1 = 0.2, \omega_2 = 0.311, \omega_3 = 42, \omega_4 = 0.51, \omega_5 = 0.63, \omega_6 = 0.74, \omega_7 = 0.85, \omega_8 = 0.97, \omega_9 = 1.08, \omega_{10} = 1.19, \omega_{11} = 1.27, \omega_{12} = 1.32$ .

В качестве тренировочных данных были использованы 500 заранее подготовленных эталонных результатов вычислений, а в качестве тестовых — неизвестные последующие 20 результатов. Для увеличения сложности задачи, также сеть тестировалась на тех же данных с добавлением случайного шума, сгенерированного с использованием нормального распределения  $N(0, 0.2)$ .

Для оценки качества работы нашей модели мы сравнили ее с другими архитектурами, перечисленными ранее. Для обучения сетей использовался алгоритм Adam. В качестве функции потерь была выбрана функция приведенной среднеквадратичной ошибки:

$$Loss = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y - \hat{y})^2}{n(y_{max} - y_{min})^2}} \tag{12}$$

Генетический алгоритм стартовал с популяции в 1000 особей и сошелся через примерно 140 поколений. Каждая сеть тренировалась и тестировалась на 8 временных рядах с  $M = 2, 5, 8, 12$  с добавлением шума и без него.



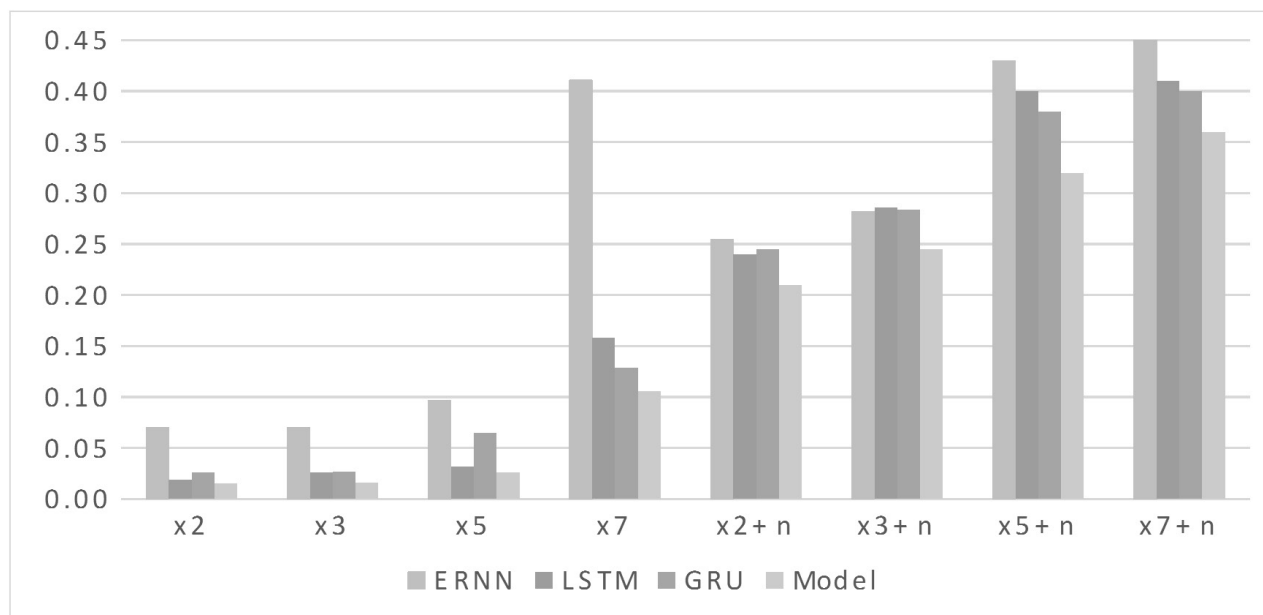


Рис. 2. Средняя величина ошибки для каждой НС

На рисунке 2 показана средняя величина ошибки 20 независимых испытаний для каждого временного ряда. Предложенная модель НЭС показала лучшую результативность в каждом испытании. Как и ожидалось, на зашумленных данных результат предсказаний значительно падает у каждой модели.

Архитектуры сетей, основанные на методе градиентной оптимизации (ERNN, LSTM, GRU), демонстрируют в среднем большее значение ошибки прогнозирования, чем наша модель. Также следует отметить, что сеть ERNN показывает заметно худшие результаты, чем модели LSTM и GRU, что особенно очевидно при экспериментах на незашумленных рядах. Такой результат связан с более простой архитектурой, которая неспособна корректно обрабатывать долгосрочные корреляции в анализируемых временных рядах. Результаты LSTM и GRU достаточно близки, и сложно сделать однозначный вывод о превосходстве в точности одной модели над другой.

Помимо лучших результатов эксперимента предложенной модели среди рассматриваемых, следует отметить, что время обучения нашей модели значительно

ниже, чем у сетей других архитектур, так как обучается меньшее число параметров.

## Заключение

В данной работе была описана архитектура рекуррентной нейронной сети, отличающейся от традиционных НС наличием скрытого слоя, названного резервуаром. В НЭС каждый нейрон представляет собой полосный фильтр, полученный путем комбинирования двух фильтров низких частот. Случайно соединенные нейроны образуют резервуар.

В работе была представлена структура нейронной сети в виде вектора гиперпараметров и описаны составляющие этого вектора. Число слоев, размер резервуара и другие составляющие можно вычислить при помощи генетического алгоритма.

Описанные улучшения создают дополнительные вычислительные расходы, повышая вычислительную сложность модели. Но они компенсируются простотой обучения НЭС и позволяют значительно повышать точность моделирования временных рядов и их анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Горбань, Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей, Сиб. журн. вычисл. матем., 1998, том 1, номер 1, 11–24
2. Терехов В.И., Жуков Р.В. Современное состояние и перспективы применения импульсных нейронных сетей // Информационно-измерительные и управляющие системы. Москва: Радиотехника. 2016 — № 12 — С. 143–145.

3. Кузовлев В.И., Орлов А. О. Метод выявления аномалий в исходных данных при построении прогнозной модели решающего дерева в системах поддержки принятия решений // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 9.
4. Нейронные сети: полный курс, 2 е издание.: Пер. с англ. М. Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
5. Воронов Иван Викторович, Политов Евгений Александрович, Ефременко Владимир Михайлович Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения // Вестник КузГТУ. 2007. № 3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/obzor-tipov-iskusstvennyh-neyronnyh-setey-i-metodov-ih-obucheniya> (дата обращения: 03.04.2017).
6. Рекуррентная нейронная сеть Элмана и ее моделирование в MATLAB/ Константинова Е. А. Хлевицкий А. В. // Вестник Морского государственного университета. Сер. Автоматическое управление, математическое моделирование и информационные технологии. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. — Вып. 37.
7. Будыльский Д. В. GRU и LSTM: современные рекуррентные нейронные сети // Молодой ученый. — 2015. — № 15. — С. 51–54.
8. H. Jaeger. Short term memory in echo state networks. GMD Report 152, GMD -German National Research Institute for Computer Science, 2002. <http://www.gmd.de/People/Herbert.Jaeger/Publications.html>.
9. Siewert, U., and Wustlich, W. Echo-state networks with band-pass neurons: Towards generic time-scale-independent reservoir structures. Internal status report, PLANET intelligentsystems GmbH (2007).
10. Diederik Kingma and Jimmy Ba. Adam: A method for stochastic optimization. ICLR, 2015. arXiv:1412.6980
11. C. Gallicchio, A. Micheli (2016). Deep Reservoir Computing: A Critical Analysis Claudio Gallicchio and Alessio Micheli // ESANN2016 proceedings, European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning. Bruges (Belgium), 27–29 April 2016, publ., ISBN978–287587027–8.
12. Лабунец Л.В., Лабунец Н.Л., Чижов М. Ю. Рекуррентные статистики нестационарных временных рядов // Радиотехника и электроника. 2011. Т. 56. № 12. С. 1468–1489.
13. Kalyanmoy Deb, Amrit Pratap, Sameer Agarwal, and T. Meyarivan. A Fast Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2):182–197, April 2002.

---

© Шелоник Антон Александрович ( [antonshelonik@gmail.com](mailto:antonshelonik@gmail.com) ), Смирнов Артём Сергеевич ( [artem.smirnov@hotmail.com](mailto:artem.smirnov@hotmail.com) ),  
Калистратов Алексей Павлович ( [akalistratov@gmail.com](mailto:akalistratov@gmail.com) ), Колдобский Владислав Игоревич ( [admin@nevergone.ru](mailto:admin@nevergone.ru) ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ТРАВМАТИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГРУДНОЙ АОРТЫ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

## TRAUMATIC INJURIES OF THE THORACIC AORTA (REVIEW)

**A. Borodulin  
E. Gumanenko  
A. Erofeev  
P. Rodionov**

*Summary.* Traumatic injury of the thoracic aorta is considered to be one of the main problems for the patients with a road accident trauma or catatrauma.

Most of the injured people (70–80%) die at the accident site. Clinical signs of the aorta trauma are not specific, as a rule the diagnosis is set based upon additional methods of patient examination. The treatment is possible by the open method (thoracotomy) or by the intravascular method. In surgical treatment the intravascular (endovascular) method is more preferable. But at the same time this method is subject to some limitations the young patients have (e.g. small diameter of the vessels, absence of the «traditional access»).

*Keywords:* thoracic aorta, deceleration syndrome, thoracic endovascular aortic repair.

**Бородулин Андрей Владимирович**

Сердечно-сосудистый хирург, Елизаветинская  
больница, Санкт-Петербург  
docsthc@mail.ru

**Гуманенко Евгений Константинович**

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский  
государственный университет, Санкт-Петербург

**Ерофеев Александр Алексеевич**

К.м.н., доцент, Военно-медицинская Академия  
им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург

**Родионов Петр Анатольевич**

К.м.н., сердечно-сосудистый хирург, Klinikum  
Mutterhaus der Borromaeerinnen, Трир, Германия

*Аннотация.* Травматические повреждения грудной аорты — одна из главных проблем у пациентов автодорожной и кататравмой.

Большинство пострадавших 70–80% погибают на месте происшествия. Клинические признаки травмы аорты неспецифичны, диагноз выставляется, как правило, на основании дополнительных методов обследования пациента. Лечение возможно либо открытым (торакотомия) либо внутрисосудистым способом. В хирургическом лечении основную позицию занимает внутрисосудистый (эндоваскулярный) метод, который в свою очередь сопряжен с рядом ограничений (малый диаметр сосудов, отсутствие «традиционного доступа») у молодых пациентов.

*Ключевые слова:* грудная аорта, децелирационный синдром, эндопротезирование аорты.

## Введение

**Т**равматические повреждения грудной аорты (ТПГА) — наиболее частая причина смерти на месте дорожно-транспортного происшествия (ДТП) и связана как правило с децелерационным синдромом (1, 2, 3). Частота повреждения нисходящей грудной аорты при дорожно-транспортных происшествиях составляет 18% (4). Большинство пострадавших 70–80% погибают на месте ДТП (2, 5, 6). Из пациентов, которые доставляются в стационар, выживают 60–70% при своевременном лечении (7), в то же время смертность при отсутствии лечения достигает 85% Fabian et al. (8). Постановка своевременного и правильного диагноза играет в этом ведущую роль.

Тупая травма груди при быстром торможении должны наводить на мысль о возможном повреждении аорты (2,3). Симптомы ТПГА неспецифичны: боль в грудной клетке, боль между лопаток, затруднение дыхания, нарушение глотания, внешние признаки повреждения

грудной клетки, гипотензия, повышение артериального давления на артериях верхних конечностей, дефицит пульса на бедренных артериях. Эти признаки присутствуют не всегда. Клинически повреждение восходящей аорты распознается только в 5% случаев. Однако на аутопсии такие повреждения встречаются в 20–25% случаев (1, 4). Такое несоответствие происходит в результате того, что в 80% случаев повреждения восходящей аорты сопровождаются смертельными осложнениями, такими как разрыв клапана аорты, разрыв коронарной артерии, гемоперикард с тампонадой (4).

Учитывая недостаток типичных признаков, чаще всего, диагноз выставляется на основании дополнительных методов: обзорной рентгенограммы грудной клетки в 2-х проекциях, спиральной компьютерной томографии, чреспищеводной эхокардиографии, ангиографии (9).

Наибольшее количество повреждений 90% возникает в месте перешейка аорты, немного дистальнее устья

левой подключичной артерии. Перешеек — участок нисходящей аорты между устьем левой подключичной артерии и местом прикрепления *ligamentum arteriosum*. Гораздо реже происходит повреждение нисходящей аорты в месте перехода через диафрагму (9, 10).

Reddy K. et al. (2013) предлагают разделять повреждение аорты на:

- 1a — разрыв интимы;
- 1b — интрамуральная гематома;
- 2 — разрыв интимы с периаортальной гематомой;
- 3a — разрыв аорты с ложной аневризмой;
- 3b — множественные повреждения аорты;
- 4 — свободный разрыв.

Дооперационная визуализация является необходимой не только для диагностики характера повреждения аорты, но и для планирования вмешательства (12).

Классическое лечение заключается в открытой операции (ушивание дефекта или протезирование аорты), однако эндоваскулярное лечение становится все более и более распространенным (9).

В обзоре проведенном Jonker среди всех пациентов пролеченных с 2000 по 2007 в Нью-Йорке (США), количество эндоваскулярных вмешательств превысило количество открытых при травматических повреждениях аорты.

Открытое хирургическое лечение проводится с первичным анастомозом или протезированием. Это возможно либо с применением экстракорпорального кровообращения или техники «пережимай и шей» (9). Летальность при хирургических вмешательствах составляет 20% и этот процент не меняется за последние несколько десятков лет. Количество неврологических осложнений, вследствие ишемического повреждения спинного мозга, остается также высоким 14% (12).

Проспективное исследование травматических повреждений грудной аорты показало, что пережатие аорты более 30 минут сопровождается большим количеством неврологических осложнений, чем аналогичное пережатие с сохранением дистальной перфузии. Открытое хирургическое лечение повреждений аорты может быть осложнено тем, что до 70% пациентов имеют сочетанные повреждения, такие как контузия легкого, повреждений сердца, селезенки, и переломов таза. Пожилые пациенты с ИБС находятся в группе повышенного риска, так как плохо переносят пережатие аорты (5).

Преимущества эндопротезирования аорты при ее травматических повреждениях несомненны. Это малоинвазивное вмешательство, не требующее торакотомии

и пережатия аорты. Эта манипуляция может быть выполнена быстро, чрескожно и под местной анестезией. Однако и эта процедура имеет ряд ограничений.

1. Стент-графты не всегда можно использовать у молодых пациентов с маленьким размером аорты и подвздошных артерий. Осложнения, связанные с доступом для проведения эндопротеза встречаются у 7% пациентов (14).

2. Идеальная длина стент-графта для лечения травматических повреждений должна составлять от 5 до 7 см. Наиболее распространенные эндопротезы для грудной аорты имеют размер более 10 см, отсюда излишнее перекрытие стенки грудной аорты. В тоже время, Fattori et al. сообщают о том, что неврологические осложнения, как правило, возникают при перекрытии грудной аорты более 20 см. (15).

3. Большинство эндопротезов для грудной аорты предназначено для лечения аневризм, и не подходят идеально для лечения ТПГА в области перешейка. Это может приводить к неполному раскрытию стента, недостаточной фиксации, подтеканиям (16).

4. Поскольку большинство повреждений находятся около устья левой подключичной артерии, часто оно перекрывается эндопротезом, и это приводит к необходимости транспозиции или шунтирования (17, 18). Перекрытие устья левой подключичной артерии сопровождается увеличением риска ишемии спинного мозга, которая приводит к параплегии, инсульту или ишемии верхних конечностей. В метаанализе проведенном Dunning et al. (498 пациентов из 20 различных исследований) — перекрытие устья левой подключичной артерии без восстановления кровообращения приводит к ишемии верхней конечности у 10% пациентов, и только в 4% случаев эти симптомы были настолько выраженными, что потребовали вмешательства (19).

Эндоваскулярное лечение аорты предложено Володось Н.Л. в 1985 году, результаты были опубликованы в 1991. С того времени технология эндопротезирования аорты улучшилась, лечения аневризм грудной аорты, расслоений аорты, и лечение травматических повреждений аорты стало распространенным в клинической практике. В настоящее время существуют множество стент-графтов для использования в грудной аорте позволяющее покрывать различные размеры аорты от 22 мм до 46 мм. Вероятно, что отсутствие пережатия аорты во время эндоваскулярного протезирования приводит к уменьшению количества спинальных осложнений и смертности (20, 21). В исследовании, проведенном Cambria et al., показано, что из 20 пациентов пролеченных по поводу травматического повреждения только

Автор	Кол-во пациентов	Смерть	Параплегия	Используемый протез
Rosenthal	31	0	0	ДАС
Sam	3	0	0	ДАС
Cambria	20	1	1	TAG фирмы Gore
Yamne	14	1	0	ДАС/ TAG фирмы Gore

у одного развилась параплегия. Однако у этого пациента во время протезирования было намеренно перекрыто устья левой подключичной артерии (16). В этом же исследовании смертность от открытой операции была 23%, в то время как от эндоваскулярной 7.2%.

Ряд исследований показывают возможность лечения ТПГА дополнительными аортальными сегментами (ДАС) устройств используемых для эндопротезирования брюшной аорты (22, 23). В статье Rosenthal et al — 31 пациент пролечен с использованием ДАС: 21 пациент — 2 ДАС, 9—3 ДАС, 1 пациент — 4 ДАС. Средний диаметр поврежденной аорты 18.5 мм (17–24 мм).

Смертей связанных с вмешательством отмечено не было. (21). Однако, основной недостаток использования ДАС — недостаточная длина доставляющего катетера (55–61 см). Поэтому часто требуется забрюшинный доступ к общей подвздошной артерии.

В многоцентровом исследовании по эндоваскулярному стентированию грудной аорты (ЭСГА) при ее травматических повреждениях с использованием устройства Gore TAG, Cambria et al. подтвердили преимущества ЭСГА в снижении смертности и осложнений по сравнению с открытой операцией. Из 20 пациентов пролеченных с использованием ЭСГА по поводу травматических повреждений аорты, только у одного пациента развилась параплегия, и один умер от дыхательных расстройств, связанных с контузией легкого. В этом исследовании, перекрытие подключичной артерии сопровождалось

единственным случаем параплегии (19). Эндопротезирование аорты сопровождается меньшим количеством неврологических осложнений, по сравнению с открытой операцией.

В исследовании, проведенном Girma Tefera, в период с 1999 по 2007 пролечено 26 пациентов (14 ЭСГА и 12 открытых операций). Механизм повреждения в большинстве случаев — автодорожное происшествие 92%. У 9 пациентов использованы ДАС, у 5 остальных стентграфты для грудной аорты. Левая подключичная артерия была частично или полностью перекрыта у 4 пациентов. Ни в одном случае не отмечена: ишемия верхней конечности или инсульт. Не отмечено ни одного случая параплегии связанного с ЭСГА (5).

## Заключение

Своевременная диагностика травматического повреждения аорты единственный шанс на спасение жизни пострадавшего. Несмотря на достаточное освещение вопроса в литературе отсутствуют сообщения о сопоставлении клинических признаков при политравме и вероятности травмы аорты. «Золотым стандартом» диагностики здесь остается компьютерная томоангиография. В лечении данной группы пациентов несомненное первенство занимает эндоваскулярные методы лечения. Открытыми вопросами остаются: выбор сосудистого доступа у молодых пациентов с малым диаметром бедренных или подвздошных артерий, отсутствие подходящего эндопротеза при малом диаметре аорты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуманенко Е.К., Самохвалов И. М. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: Руководство для врачей. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 672 с.: ил.
2. Mattox KL, Wall MJ, LeMaire SA. Injury to the thoracic great vessels. In: Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, editors. Trauma. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2000. p. 559–79.
3. Parmley L.F., Mattingly T.W., Manion W. C., Jahnke E.J. Jr. Nonpenetrating traumatic of the aorta. Circulation. 1958; 17:1086–1101.
4. Greendyke R. M. Traumatic rupture of the aorta: special reference to automobile accidents. JAMA 1966; 195:527–530.
5. Girma Tefera, Traumatic thoracic aortic injury and ruptures, J Vasc Surg 2010;52:415–445.
6. Corliss CE. Patten's human embryology. New York, NY: McGraw-Hill, 1976.
7. Groskin SA. Selected topics in chest trauma. Radiology 1992; 183:605–617.
8. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, Smith JS Jr, Rodman G Jr, Kearney PA, et al. Prospective study of blunt aortic injury: multicenter trial of the American Association for the Surgery of Trauma. J Trauma 1997;42:374–83.
9. Liapis C. D. Vascular Surgery, 673, 2007.
10. Harmouche M., Blunt traumatic aortic rupture of the proximal ascending aorta repaired by resection and direct anastomosis. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2013, Jul 9

11. Reddy K.N., Grading system modification and management of blunt aortic injury. *Chin. Med J (Engl)*. 2013 Feb; 126 (3): 442–5.
12. Garzon G. Endovascular stent-graft treatment of thoracic aortic disease. *Radiographics*. 2005. Oct; 25; Suppl 1: S229–44.
13. Jonker FH, Giacovelli JK, Muhs BE, Sosa JA, Indes JE. Trends and outcomes of endovascular and open treatment of thoracic aortic injury. *J Vasc Surg* 2010;51:565–71
14. Wozakowska-Kaplon B. Post-traumatic isolated aneurysm of aortic arch surgically repaired. *Kardiol Pol*. 2010 Apr; 68 (4): 450–4.
15. Fattori R., et al. Evolving concepts in the treatment of traumatic aortic injury. A review article. *J. Cardiovasc Surg (Torino)*. 2007 Oct;48(5):625–31
16. Cambria RP, Crawford RS, Cho JS, Bavaria J, FarberM, LeeWA, et al. A multicenter clinical trial of endovascular stent graft repair of acute catastrophes of the descending thoracic aorta. *J Vasc Surg* 2009;50:1255–64
17. Ott MC, Stewart TC, Lawlor DK, Gray DK, Forbes TL. Management of blunt thoracic aortic injuries: endovascular stents versus open repair. *J Trauma* 2004;57:565–70.
18. Greenberg RK, Clair D, Srivastava S, Bhandari G, Turc A, Hampton J, et al. Should patients with challenging anatomy be offered endovascular aneurysm repair? *J Vasc Surg* 2003;38:990–6.
19. Dunning JE, Martin H, Shennib DC, Cheng DC. Is it safe to cover the left subclavian artery when placing an endovascular stent in the descending thoracic aorta? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2008;7:690–7.
20. MakarounMS, Dillavou ED, Kee ST, Sicard G, Chaikof E, Bavaria J, et al. Endovascular treatment of thoracic aneurysms: result of the phase II multicenter trial of the Gore TAG thoracic endoprosthesis. *J Vasc Surg* 2005;41:1–9.
21. Fairman RM, Criado F, FarberM, Kwolek C, MehtaM, White R, et al. Pivotal results of the Medtronic vascular talent thoracic stent graft system: the Valor trial. *J Vasc Surg* 2008;48:546–54.
22. Rosenthal D, Wellons ED, Burkett AB, Kochupura PV, Hancock SM. Endovascular repair of thoracic aortic disruptions with «stacked» abdominal endograft extension cuffs. *J Vasc Surg* 2008;48:841–4.
23. Sam II A, Kibbe M, Matsumura SJ, Eskandari MK. Blunt traumatic aortic transection: endoluminal repair with commercially available aortic cuffs. *J Vasc Surg* 2003;38:1132–5.
24. Fujikawa T, Yukioka T, Ishimaru S, et al. Endovascular stent grafting for the treatment of blunt thoracic aortic injury. *J Trauma* Feb 2001;50:223–9.
25. Demetriades D, Velmahos GC, Scalea TM, Jurkovich GJ, Karmy-Jones R, Teixeira PG, et al. Operative repair or endovascular stent graft in blunt traumatic thoracic aortic injuries: results of an American Association for the Surgery of Trauma Multicenter Study. *J Trauma* 2008;64:561–71.

© Бородулин Андрей Владимирович ( docmhc@mail.ru ), Гуманенко Евгений Константинович,  
Ерофеев Александр Алексеевич, Родионов Петр Анатольевич.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ХРОНИЧЕСКИЙ ЭНДОМЕТРИТ В ПРАКТИКЕ АКУШЕРА-ГИНЕКОЛОГА

## CHRONIC ENDOMETRITIS IN THE PRACTICE OF OBSTETRICIAN-GYNECOLOGIST

**Z. Gatagazheva**  
**Z. Uzdenova**  
**M. Gatagazheva**  
**D. Sapralieva**

*Summary.* Chronic endometritis is the most common pathology in women with reproductive dysfunction and infertility reaches 60%. Objective: defining the role of viral infection of the endometrium in women with reproductive dysfunction and chronic endometritis, assessment of efficacy of antiviral therapy in complex treatment of patients. Material and methods. The study involved 140 patients with chronic endometritis of them with infertility — 112, habitual noncarrying of pregnancy — 28. Used culture methods and PCR to assess the microflora of the endometrium, as well as morphological. Results. Many patients identified extragenital diseases represented by one or more clinical forms. Foci of chronic inflammation extragenital localization combined with chronic endometritis 61.3% of women. There was a high frequency of concomitant gynecological pathology various locations. Taking into account the obtained data in complex treatment of women used along with antibacterial and antiviral therapy. The drug of choice of antiviral therapy Panavir was. Conclusions. Thus, taking into account the obtained data in complex treatment of patients with chronic endometritis should use Panavir, which showed high efficiency for the elimination of viruses in the reduction of the inflammatory process in General.

*Keywords:* chronic endometritis, herpesvirus infection, human papillomavirus, Panavir.

**Гатагажева Зарета Магомедовна**

К.м.н., доцент, Ингушский государственный университет  
Zareta1@list.ru

**Узденова Зухра Хаджимуратовна**

Д.м.н., профессор, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова,

**Гатагажева Малика Магомедовна**

К.м.н., старший преподаватель, Ингушский государственный университет

**Сапралиева Дзейнап Османовна**

К.м.н., доцент, Ингушский государственный университет

*Аннотация.* Хронический эндометрит является самой распространенной патологией у женщин с нарушением репродуктивной функции и при бесплодии достигает 60%. **Цель работы:** определение роли вирусной инфекции эндометрия у женщин с нарушением репродуктивной функции и хроническим эндометритом, оценка эффективности противовирусной терапии в комплексном лечении больных. **Материал и методы.** Обследованы 140 пациенток с хроническим эндометритом, из них с бесплодием — 112, привычным невынашиванием — 28. Использованы культуральные методы и ПЦР для оценки микрофлоры эндометрия, а также морфологическое. **Результаты.** У многих пациенток выявлены экстрагенитальные заболевания, представленные одной и более клиническими формами. Очаги хронического воспаления экстрагенитальной локализации сочетались с хроническим эндометритом у 61,3% женщин. Наблюдалась высокая частота сопутствующей гинекологической патологии различной локализации. С учетом полученных данных в комплексном лечении женщин использовали наряду с антибактериальной и противовирусную терапию. Препаратом выбора противовирусной терапии стал Панавир. **Выводы.** Таким образом, с учетом полученных данных в комплексном лечении пациенток с хроническим эндометритом следует использовать Панавир, показавший высокую эффективность как для элиминации вирусов, так и в уменьшении воспалительного процесса в целом.

*Ключевые слова:* хронический эндометрит, герпесвирусная инфекция, вирус папилломы человека, Панавир.

**Х**ронический эндометрит — воспалительная болезнь матки. По определению Международной классификации болезней 10-го пересмотра это заболевание относится к одной из основных причин нарушения репродуктивной функции женщин [2,4,5]. Привычное невынашивание беременности, бесплодие, эктопическая беременность, различные осложнения при беременности, включая истмико-цервикальную и плацентарную недостаточность — типичные последствия хронического эндометрита. По современным представлениям, практически все микробы, присутствующие во влагалище, могут принимать участие в воспалительном процессе. Микроэкологические нарушения часто

служат механизмом запуска, а в дальнейшем — и поддержания патологического процесса. Способность ткани к элиминации повреждающего фактора и полноценной регенерации при хроническом воспалении в эндометрии значительно снижается. Персистенция микроорганизмов в эндометрии, относящихся к условно-патогенной микрофлоре, приводит к развитию аутоиммунной реакции за счет общих антигенов с тканевыми антигенами организма. Возможно образование белково-макрофагальных комплексов — инфламмасом, являющихся структурной единицей как острого, так и хронического и прежде всего аутоиммунного воспаления [6]. В результате индукции аутоиммунных реакций поддерживаются

высокий уровень продукции провоспалительных цитокинов и воспалительный процесс. И все же важную роль микробного фактора в поддержании воспалительного процесса в эндометрии невозможно недооценить, что доказывают крупные исследования в различных странах. Так, при обследовании 2190 женщин с нарушениями репродуктивной функции и менструального цикла (внематочная беременность, бесплодие, полип эндометрия, аномальные маточные кровотечения), проведенном в Италии [7], хронический эндометрит был выявлен у 438. При этом условно-патогенная бактериальная флора в эндометрии была обнаружена у 298 женщин. Тот же автор в 2010 г. [8] у 404 женщин с бессимптомным течением эндометрита выделил микробную флору в 69% случаев. Вместе с тем антибактериальная терапия в большинстве случаев не решает проблем лечения хронического эндометрита, ввиду нередкой смены возбудителей, развития резистентности к антибиотикам, низкой их концентрации в очаге воспаления. Возможна недооценка роли вирусной инфекции в развитии и хронизации эндометрита.

### Цель работы

Определение роли вирусной инфекции эндометрия у женщин с нарушением репродуктивной функции и хроническим эндометритом, оценка эффективности противовирусной терапии в комплексном лечении больных.

### Материал и методы

Проведено обследование 140 женщин в возрасте 24–38 лет с нарушением репродуктивной функции (бесплодие — у 112, невынашивание беременности — у 28), страдающих хроническим эндометритом. Наряду с общеклиническим обследованием в динамике наблюдения использовали бактериологический анализ материала из полости матки, диагностику с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) инфекций, передаваемых половым путем (ИППП), герпесвирусной (HSV1, II, VI), цитомегаловирусной (ЦМВИ), инфекций, вызванных высокоонкогенными типами вируса папилломы человека (ВПЧ). Было проведено морфологическое исследование эндометрия. Для статистической обработки полученных результатов использовали систему STATISTICA («Stat Soft Inc.»).

### Результаты и обсуждение

На момент обследования у многих пациенток выявлены экстрагенитальные заболевания, представленные одной и более клиническими формами. Хронический тонзиллит с частыми обострениями встречался у 12,8% (18), хронический гастрит — у 10,7% (15), хронический пиелонефрит — у 10,7% (15), хронический цистит —

у 25% (35), хронический холецистит — у 2,1% (3) женщин. Таким образом, очаги хронического воспаления экстрагенитальной локализации сочетались с хроническим эндометритом у 61,3% женщин.

Одновременно наблюдалась высокая частота сопутствующей гинекологической патологии: бактериальный вагиноз — у 37,8% (53), хронический двусторонний сальпингоофорит — у 68,6% (96), хронический экзо- и эндоцервицит — у 44,3% (62), кольпит — у 10% (14), спаечный процесс в малом тазу — у 9,3% (13). В анамнезе 70% (98) женщин имели 2–4 самопроизвольных аборта, у 28,6% (40) пациенток были медицинские аборт. Осложнения беременности и родов отмечены у 12,8% (18) пациенток, оперативные вмешательства на органах малого таза — у 15,7% (22). Внутриматочные средства как метод контрацепции применялись у 13,5% (19), гистероскопия в анамнезе была у 35,7% (50) женщин. Таким образом, отягощенный соматический, акушерский, гинекологический и инфекционный анамнез, внутриматочные манипуляции как диагностические, так и по поводу прерывания беременности были характерными для больных с хроническим эндометритом, что соответствует современным представлениям об этом заболевании. Анализ клинических данных показал, что перименструальные кровянистые выделения имели место у 98,5% (138) пациенток, дисменорея — у 99,2% (139), хроническая тазовая боль отмечена в 20% (28) случаев, бесплодие — у 80% (112) женщин, из них первичное — у 18,8% (21), вторичное — у 81,2% (91). Бактериологический анализ и ПЦР-диагностика биоптатов эндометрия позволили выявить обширный спектр микрофлоры. Герпетические вирусы и ВПЧ обнаружены у 40,7% (57) женщин. Среди бактериальной флоры преобладала кокковая — *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus agalactiae*, тогда как анаэробная флора выявлялась лишь у 11,5% женщин. Микробно-вирусные ассоциации наблюдались у 35% (49) больных. У 22,2% (31) женщин микрофлора в эндометрии не была выделена. Морфологические признаки отражали степень поражения эндометрия: во всех случаях наличия вирусной инфекции морфологом регистрировалась очаговая гиперплазия эндометрия на фоне хронического эндометрита. В случаях, когда микрофлора в эндометрии не высевалась, наблюдались очаговая лимфоцитарная инфильтрация в функциональном и базальном слое. Все эти женщины имели «тонкий» эндометрий.

С учетом полученных данных в комплексном лечении женщин использовали наряду с антибактериальной и противовирусную терапию. Антибактериальная терапия подбиралась соответственно существующим рекомендациям после выявления микробного фактора или при наличии минимальных признаков воспалительных заболеваний органов малого таза. Препаратом выбора



противовирусной терапии стал Панавир (1). Активной субстанцией Панавира является растительный полисахарид, полученный из растения *Solanum tuberosum* и относящийся к классу высокомолекулярных гексозных гликозидов сложного строения. Препарат имеет уникальный механизм действия, который позволяет напрямую влиять на вирус. Он препятствует адгезии, ингибирует пенетрацию, нарушает репликацию вирусной ДНК, синтез капсидных белков, сборку вирусных частиц и препятствует их выходу из клетки. Именно эти свойства делают Панавир универсальным и определяют показания к применению при ВПЧ, герпетической, цитомегаловирусной инфекции. Кроме того, Панавир стимулирует продукцию эндогенных интерферонов и обладает противовоспалительным действием. Панавир применяли по следующей схеме: внутривенно по 5 мл через день № 10 или № 5 также внутривенно через день, но продолжали лечение свечами ректально № 5 (по 1 свече ежедневно). В комплексной терапии эндометрита были обязательными лечение пациенток с сопутствующим цервицитом, санация и восстановление биоценоза влагалища, применение нестероидных противовоспалительных, метаболических препаратов. Панавир был использован у 49 (86%) из 57 больных с вирусной инфекцией. Элиминация вирусов и бактериальной микрофлоры из эндометрия после лечения установлена у всех больных, использующих Панавир. В целом среди 112 женщин добиться клинического и морфологического эффекта лечения хронического эндометрита удалось у 58 (51,8%), что только доказывает сложность этой патологии. Не исключено, что вирусная инфекция имеет значительно больший спектр, чем она была подтверждена лабораторно. Это относится к энтеровирусам, аденовирусам

и другим вирусным группам. Возможно, включение противовирусных препаратов как обязательных в комплексную терапию хронического эндометрита вполне оправдано, и Панавир в силу своей универсальности может быть наиболее эффективным.

Таким образом, с учетом полученных данных в комплексном лечении пациенток с хроническим эндометритом следует использовать Панавир, показавший высокую эффективность как для элиминации вирусов, так и в уменьшении воспалительного процесса в целом.

## ВЫВОДЫ

1. Вирусная инфекция в эндометрии не является случайностью. Были диагностированы герпетические вирусы I, II типов, цитомегаловирус и высокоонкогенные (с доминированием 16-го, 18-го типов) варианты ВПЧ, которые образуют бактериально-вирусные ассоциации в большинстве случаев и приводят к развитию тяжелых морфологических изменений в эндометрии.

2. Косвенным морфологическим маркером вирусного инфицирования эндометрия является очаговая гиперплазия в сочетании с признаками хронического эндометрита, что заставляет предполагать наличие протективного эффекта вирусной инфекции в развитии гиперпластических процессов в эндометрии.

3. Комплексное лечение с применением препарата Панавир эффективно не только в элиминации вирусной и бактериальной микрофлоры, но и в ликвидации в целом хронического воспалительного процесса в эндометрии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гатагажева З. М. Оптимизация выявления и лечения заболеваний шейки матки, выявленных на «Открытом приеме» в Республике Ингушетия / З. М. Гатагажева, В. П. Никитина, Г. А. Неродо, М. Г. Леонов, З. Х. Узденова, Т. В. Шелякина, З. А. Лянова, Д. О. Сапралиева // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view>
2. Дубницкая Л. В., Назаренко Т. А. Хронический эндометрит: возможности диагностики и лечения. *Consilium Medicum*. 2007;9:6:45–52.
3. Роговская С. И. Профилактика папилломавирусной инфекции и рака шейки матки / С. И. Роговская, В. Н. Прилепская // Гинекология. — 2005. — № 1. — С. 22–26.
4. Сухих Г. Т., Шуршалина А. В. Хронический эндометрит. Москва: Медицина. 2010.
5. Тапильская Н. И., Карпеев С. А., Кузнецова И. В. Хронический эндометрит — субклиническое воспалительное заболевание органов малого таза. *Гинекология*. 2014;16:1:104–109.
6. Amsler L, Malouli D, DeFilippi V. The inflammasome as a target of odulation by DNA viruses. *Future Virol*. Author manuscript; available in PMC2014.
7. Cicinelli E, De Ziegler D, Nicoletti R. Poor reliability of vaginal and endocervical cultures for evaluating microbiology of endometrial cavity in women with chronic endometritis. *Gynec Obstet Invest*. 2009;68:2:108–115.
8. Cicinelli E, Tinelli R, Lepera A. Correspondence between hysteroscopic and histologic findings in tuomen with chronic endometritis. *Acta Obstet Gynec Scand*. 2010;89:8:1061–1065.

© Гатагажева Зарета Магомедовна (Zareta1@list.ru), Узденова Зухра Хаджимуратовна,

Гатагажева Малика Магомедовна, Сапралиева Дзейнап Османовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ КОМОРБИДНОСТИ У БОЛЬНЫХ ОСТЕОАРТРИТОМ

### PECULIARITIES OF CARDIOVASCULAR COMORBIDITY IN PATIENTS WITH OSTEOARTHRITIS

*M. Kabalyk*

*Summary.* The purpose of this study was to evaluate the comorbid status of patients with advanced stages of osteoarthritis (OA), as well as to determine the relationship between cardiovascular diseases and the progression of the disease. In patients with advanced stages of OA, comorbidity is represented as a combination of two CVD. The early onset of CVD is possibly associated with a more aggressive progression of OA, leading to late radiologic stages. CVD in patients with advanced OA stages debut long before the clinical manifestation of OA. Severe course of CVD significantly shortens the history of intermediate stages of OA.

*Keywords:* osteoarthritis, osteoarthritis, comorbidity, arterial hypertension, ischemic heart disease, diabetes mellitus.

**Кабалык Максим Александрович**

*К.м.н., ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Владивосток)*  
*taxi\_maxim@mail.ru*

*Аннотация.* Целью настоящего исследования была Оценка коморбидного статуса больных поздними стадиями остеоартроза (ОА), а также определение взаимосвязи между сердечно-сосудистыми заболеваниями и прогрессией заболевания. У пациентов с поздними стадиями ОА на коморбидность представлена в виде сочетания двух ССЗ. Ранний дебют ССЗ возможно ассоциирован с более агрессивным прогрессированием ОА, приводя к поздним рентгенологическим стадиям. ССЗ у пациентов с поздними стадиями ОА дебютируют задолго до клинического манифеста ОА. Тяжелое течение ССЗ значительно укорачивает анамнез промежуточных стадий ОА.

*Ключевые слова:* остеоартрит, остеоартроз, коморбидность, артериальная гипертония, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет.

**О**стеоартрит (ОА) остаётся чрезвычайно распространённым заболеванием среди лиц старше 60 лет [2, 7]. Не менее актуальным аспектом является вклад его в высокую заболеваемость и инвалидность, что наносит существенный экономический ущерб экономикам во всём мире.

ОА принято рассматривать как коморбидное заболевание, при котором имеются ассоциированные состояния, взаимно отягощающие течение друг друга [3, 6]. Наибольшее внимание в этом плане привлекают заболевания сердечно-сосудистой системы, которые широко распространены и объединены кардиоваскулярным континуумом, реализующимся в организме повсеместно. В контексте коморбидности при ОА существует несколько противоречивых концепций. Одна поддерживает роль хронического воспаления, длительного болевого синдрома и ограничения физической активности в качестве дополнительных факторов риска развития ССЗ [9, 10]. Другая концепция рассматривает сердечно-сосудистые (ССЗ) в качестве фактора, определяющего течение и темпы прогрессирования ОА [12].

Действительно, как показали исследования ОА ассоциирован с целым рядом феноменов, включая эндотелиальную дисфункцию, которая, как известно, лежит в основе развития и прогрессирования большинства ССЗ. В частности у больных ОА с артериальной гипертензией обнаруживается увеличение артериальной жесткости уже в течение

5 лет от дебюта ОА [1, 3]. С другой стороны, доказана роль эндотелина-1, эндотелиальных клеток и целого ряда вазоконстрикторных субстанций в патогенезе ОА [14]. Считается, что сосудистые реакции вносят существенный вклад в ремоделирование субхондральной кости и, как следствие, ведут к снижению трофики суставного хряща [11].

Общепринято рассматривать ОА в качестве прогрессирующего заболевания, приводящего в конечном итоге к утрате функциональной способности и необходимости полного или частичного эндопротезирования пораженного сустава. Однако, справедливости ради, стоит сказать, что ОА не всегда протекает по описанному сценарию. Нужно признать, что факторы-предикторы развития «позднего» ОА остаются плохо изученными. Можно небезосновательно предположить, что прогрессирование остеоартроза определяют ССЗ, ожирение, метаболические нарушения, которые протекают под знаменем эндотелиальной дисфункции и кардиоваскулярного континуума.

Целью данного исследования были оценка коморбидного статуса больных поздними стадиями ОА, а также определение взаимосвязи между сердечно-сосудистыми заболеваниями и прогрессией заболевания.

### Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили данные обследования 236 больных с достоверным (по кри-

Таблица 1. Характеристика исследуемой группы пациентов

Показатель	Больные ОА (n=236)
Женщины, n (%)	212 (89,8)
Мужчины, n (%)	24 (10,2)
Средний возраст, годы (M±m)	68,24±6,94
Возраст дебюта ОА, годы (M±m)	62,30±7,83
Возраст дебюта ССЗ, годы (M±m)	56,59±5,35
Продолжительность анамнеза ОА, годы (M±m)	5,93±3,47
Продолжительность анамнеза ССЗ, годы (M±m)	11,64±5,36

териям OARSI) диагнозом ОА III–IV стадий по Kellgren, находившихся на амбулаторном наблюдении и лечении во Владивостокской поликлинике № 3 в период с 2014 по 2016 г. Все больные прошли рентгенологическое исследование и клиническую оценку болезненных суставов. Для уточнения коморбидного статуса собрана клиническая информация о наличии ССЗ.

Наибольшую часть больных составляли женщины 50–80 лет, причем у всех пациентов имели место ассоциированные ССЗ (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность), диагноз которых устанавливали на основании действующих клинических рекомендаций ВНОК. Клиническая характеристика больных ОА представлена в таблице 1.

Кроме того, что у всех пациентов имелись ССЗ, внимание было уделено возрасту их дебюта. Так, у 92 пациентов он произошел раньше 55 летнего возраста (порог установили эмпирически для лиц обоих полов), и у 144 больных после 55 лет. На основании этих данных были выделены две группы больных: 1 — с «ранним» дебютом ССЗ, 2 — с «поздним». Продолжительность анамнеза ССЗ и ОА оценивали от момента клинического дебюта.

Для оценки коморбидности больные ОА были разделены на 4 группы. В первую группу вошли 45 пациента с «низкой» коморбидностью, у которых наблюдалось изолированное наличие одного ССЗ. В группу с «умеренной» коморбидностью включены 144 больных, имевших сочетание двух и более ССЗ. В этой группе чаще наблюдали сочетание ишемической болезни сердца (ИБС) и гипертонической болезни (ГБ). В группу с «высокой» коморбидностью включены 24 пациента, принёсших ЭКГ-позитивный инфаркт миокарда. Отдельно выделили группу «метаболического фенотипа» ОА, в которую вошли больные с сахарным диабетом 2 типа — 27 человек.

Большинство пациентов (168 человек) имели III рентгенологическую стадию ОА. Гонартроз наблюдали у 172 пациентов (72,9%), 64 имели поздний коксартроз (27,1%). При этом у всех больных имелся болевой синдром не менее 30 мм по визуально-аналоговой шкале 100 мм.

Критерии исключения: посттравматический ОА, первичные асептические некрозы мыщелков костей, длительная иммобилизация в анамнезе, подагра и другие микрокристаллические артропатии, онкологические заболевания в течение предшествующих пяти лет

Средние количественные значения представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее,  $m$  — стандартное отклонение. Достоверность различий в двух группах количественных параметров оценивали с помощью z-критерия Манна-Уитни, в трёх и более — с помощью H-критерия Краскела-Уоллиса. Непараметрические методы использовали поскольку наблюдаемые величины не соответствовали критериям нормального распределения и равенству дисперсий. Достоверность различий распределения ранговых переменных по критерию  $\chi^2$  с поправкой Бонферони и точному тесту Фишера. Корреляционный анализ проводили с помощью r-критерия Спирмена. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

У всех 236 пациентов с «поздними» стадиями ОА, включенных в исследование, имела место коморбидность по сердечнососудистым заболеваниям (рис. 1А). Наиболее часто у пациентов с коморбидным статусом на поздних стадиях ОА отмечалось сочетание двух ССЗ ( $p < 0,001$ ). При этом «низкая», «высокая» коморбидности и метаболический фенотип встречались с одинаковой частотой ( $p > 0,05$ ). В 59,3% наблюдали сочетание гипертонической болезни и ИБС ( $p < 0,001$ , рис. 1Б). Перенесенный ранее инфаркт миокарда наблюдали у 8,5% пациентов, что статистически значимо не отличалось от распространённости изолированных форм ССЗ и сахарного диабета второго типа ( $p > 0,05$ ).

Как показано на рисунке 2, у больных ОА на поздних стадиях наблюдали в 60% случаев ранний дебют ССЗ ( $p < 0,001$ ). Однако в группе пациентов с «умеренной» коморбидностью имела место противоположная тенденция — 77% больных имели дебют ССЗ в более старшем

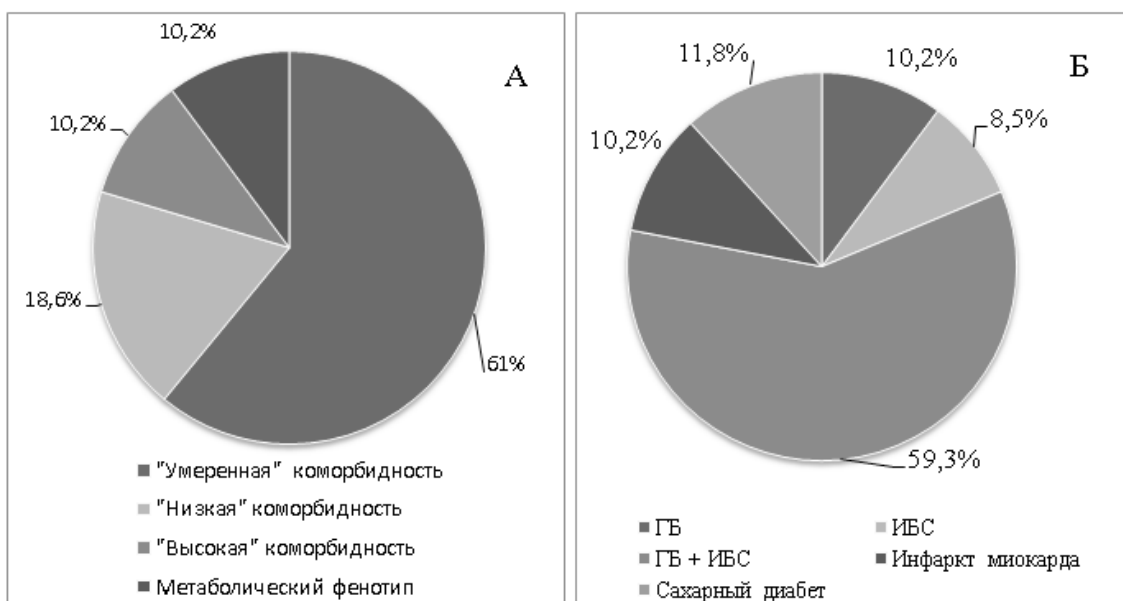


Рис. 1. Распространённость коморбидных состояний (А) и сердечно-сосудистых заболеваний (Б) у больных поздними рентгенологическими стадиями ОА.

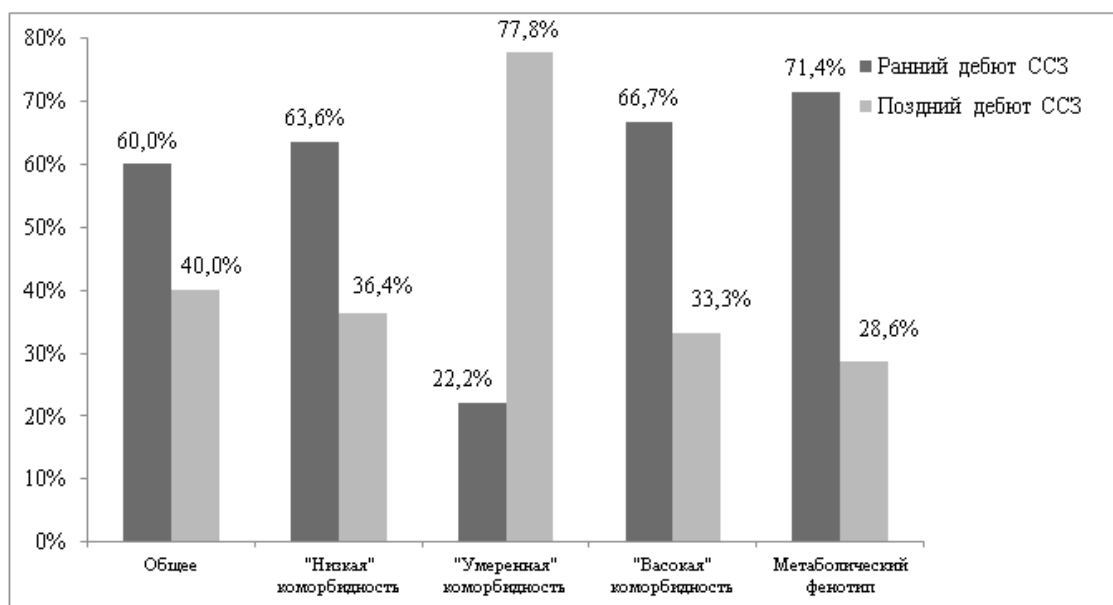


Рис. 2. Дебют ССЗ у больных ОА с разными проявлениями коморбидности.

возрасте ( $p < 0,001$ ). Наибольшее число больных с ранним дебютом наблюдалось в группе больных с метаболическим фенотипом ( $p = 0,01$ ).

Больные ОА с сочетанием двух ССЗ были статистически значимо старше пациентов из других групп ( $N = 11,58$ ,  $p = 0,009$ ; табл. 2), однако пациенты с ранним дебютом ССЗ статистически значимо в более молодом возрасте имели «поздний» ОА ( $z = -3,77$ ,  $p < 0,001$ ). Высокие стадии остеоартроза наблюдались раньше при развитии ССЗ

до 55 лет у пациентов с «низкой» ( $z = -2,27$ ,  $p = 0,02$ ), «высокой» ( $z = -2,72$ ,  $p = 0,007$ ) коморбидностями и метаболическим фенотипом ( $z = -1,97$ ,  $p = 0,04$ ).

Возраст клинического дебюта ОА был статистически значимо ниже у больных с ранним дебютом ССЗ. Так в группе с «низкой» коморбидностью ОА дебютировал раньше на 9 лет у пациентов с развитием ССЗ до 55 лет ( $z = -2,15$ ,  $p = 0,03$ ). У больных с «умеренной» коморбидностью на 11 лет раньше ( $z = -3,58$ ,  $p = 0,0003$ ). В группе лиц,

Таблица 2. Характеристика пациентов с ОА в условиях коморбидности в зависимости от возраста дебюта сердечно-сосудистой патологии

Параметр	«Низкая» коморбидность (n=45)			«Умеренная» коморбидность (n=144)			«Высокая» коморбидность (n=24)			Метаболическая фенотип (n=27)		
	Общее	До 55 лет	После 55 лет	Общее	До 55 лет	После 55 лет	Общее	До 55 лет	После 55 лет	Общее	До 55 лет	После 55 лет
Возраст, годы (M±m)	63,54±5,18	61,29±4,31	67,5±4,43‡	70,67±6,01□	62,87±5,91	72,89±3,82‡	66,17±8,45	61,50±5,51	75,5±2,12‡	64,14±7,43	61,40±5,03	71,00±4,95‡
Возраст дебюта ОА, годы (M±m)	57,45±6,62	54,14±4,45‡	63,25±6,02	64,44±7,01	55,75±7,54‡	66,93±4,49	62,33±8,11	57,75±4,66‡	71,50±3,53	58,29±9,59	54,20±6,61‡	68,50±9,19
Длительность ОА, годы (M±m)	6,09±3,62	7,14±4,09	4,25±1,71	6,22±3,28	7,12±4,19	5,96±3,01	3,83±2,86 □	3,75±3,59	4,00±1,41	5,86±4,49	7,20±4,71	2,50±0,71‡
Длительность ССЗ, годы (M±m)	10,81±7,61	14,00±7,85	5,25±2,21	11,94±4,45	10,68±3,31	16,37±5,26	9,00±3,95‡	10,50±4,04	6,00±1,41‡	12,86±7,29	15,2±7,34	7,00±1,41‡
Длительность ССЗ до дебюта ОА, годы (M±m)	5,09±2,31	6,86±2,61	2,41±1,41	5,72±2,79	9,25±4,83‡	4,71±1,81	5,16±2,60	6,75±2,40	2,11±0,09	7,00±3,38	8,00±2,98‡	4,45±1,53

‡ внутригрупповые различия статистически значимы при  $p < 0,05$ ;

□ межгрупповые различия статистически значимы при  $p < 0,05$ .

принёсших инфаркт миокарда и при метаболическом фенотипе ОА клинически манифестировал в среднем через 14 лет (соответственно:  $z = -2,72$ ,  $p = 0,007$ ;  $z = -2,26$ ,  $p = 0,02$ ).

У больных, включённых в исследование, ССЗ дебютировало статистически значимо раньше клинического манифеста ОА ( $z = 6,7$ ,  $p < 0,001$ ). Длительность анамнеза ССЗ была достоверно выше продолжительности клинического ОА ( $z = 6,6$ ,  $p < 0,001$ ). Длительность ОА значимо короче у лиц перенесших инфаркт миокарда ( $N = 10,08$ ,  $p = 0,01$ ). При этом медиана продолжительности анамнеза сердечно-сосудистого заболевания до первых проявлений ОА составила в общем по группе 5 лет, и статистически значимо не различалась в разных группах больных ( $p > 0,05$ ).

Корреляционный анализ показал, что длительность ССЗ до дебюта ОА обратно коррелирует с возрастом развития ССЗ ( $r = -0,5$ ,  $p = 0,0001$ ). У лиц с коморбидностью и ОА возраст дебюта ССЗ прямо коррелировал с возрастом дебюта ОА ( $r = 0,9$ ,  $p = 0,0002$ ) и обратно с длительностью ОА ( $r = 0,9$ ,  $p = 0,0002$ ).

Следует отметить, что у всех пациентов с «поздними» стадиями остеоартроза отмечалась сердечно-сосудистая коморбидность. В этом плане, безусловно, нужно учитывать вклад возраста, метаболического статуса, наличия атеросклероза, которые играют существенную роль в формировании ремоделирования сосудистой стенки [2, 8]. При этом важное значение имеет формирование сердечно-сосудистого континуума [5], который,

очевидно, определяет ремоделирование субхондральной кости при ОА. Это утверждение подтверждается в нашем исследовании наличием у 61% пациентов двух и более ассоциированных сердечно-сосудистых заболеваний.

Часть пациентов, у которых развивался терминальный остеоартроз, имели ССЗ в возрасте до 55 лет. Ранняя реализация сосудистого ремоделирования приводит к стремительному изменению органов-мишеней. Можно предположить, что субхондральная кость и суставной хрящ представляют собой «типовую модель» реализации эндотелиальной дисфункции и органного поражения в рамках ССЗ. Это предположение подтверждается доказанной ролью эндотелина-1, брадикинина и некоторых других участников сосудистого ремоделирования и гипертонии в формировании ремоделирования субхондральных отделов кости при ОА [11, 14].

Парадоксальным кажется, что пациенты с «умеренной» коморбидностью имели «поздний» ОА в более старшем возрасте, в отличие от пациентов с одним ССЗ. Вероятно, это обстоятельство определяется интенсивностью коррекции артериальной гипертонии, дислипидемия у этих пациентов. В настоящем исследовании мы не проводили оценку лечения ССЗ, однако, нельзя исключить роль фармакологической терапии коморбидных состояний на темпы развития ОА.

Ещё одним немаловажным доказательством роли ССЗ в развитии и прогрессировании ОА является хро-

нологическая последовательность «ССЗ-ОА», которая наблюдалась у подавляющего большинства больных с поздними стадиями ОА. По-видимому, формирование сосудистых изменений в рамках реализации патогенеза кардиоваскулярного заболевания является фундаментом для развития суставных изменений и клинического манифеста ОА. В настоящем исследовании было установлено, что ОА манифестирует спустя 5 лет от дебюта ССЗ. Как показали работы других авторов, сосудистое ремоделирование продолжает реализовываться уже в рамках сердечнососудистой коморбидности ОА, приводя к увеличению артериальной жесткости [1].

Сердечнососудистые события в значительной степени ускоряют течение ОА, приводя к поздним рентгенологическим стадиям. В настоящей работе показано, что у лиц перенесших инфаркт миокарда значимо сокращается анамнез ОА. Однако справедливо упомянуть тот факт, что мы опирались на клинические проявления в дебюте ОА. В то время как пациенты могли иметь рентгенологические проявления ОА до клинического

манифеста. С другой стороны, есть данные о том, что распространённость рентгенологических проявлений ОА в популяции среди лиц старше 45 лет существенно выше клинических [13]. При этом рентгенологические проявления ОА в подавляющем большинстве случаев не коррелируют с клиническими [4].

Выводы. Коморбидность при ОА на поздних стадиях заболевания в 61% случае представлена в виде сочетания двух ССЗ. Наиболее часто наблюдаются сочетание широко распространённых в популяции гипертонической болезни и хронических форм ИБС. Ранний дебют ССЗ возможно ассоциирован с более агрессивным прогрессированием ОА, приводя к поздним рентгенологическим стадиям. Пациенты с умеренной коморбидностью имеют существенно более длительный анамнез ОА, чем у лиц с высоким коморбидным статусом ССЗ, перенесенным инфарктом миокарда и метаболическим фенотипом. ССЗ у пациентов с поздними стадиями ОА дебютируют задолго до клинического манифеста ОА. Тяжелое течение ССЗ значительно укорачивает анамнез промежуточных стадий ОА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубиков А. И., Кабалык М. А., Корецкая Т. Ю. Микрокриссталлический стресс в патогенезе остеоартроза // *Терапевтический архив*. — 2016. — Т. 88, № 5. — С. 32–36.
2. Кабалык М. А., Гельцер Б. И., Осипов А. Л., Фадеев М. Ф. Белки теплового шока — участники патогенеза остеоартроза // *Казанский медицинский журнал*. — 2016. — Т. 97, № 5. — С. 744–749.
3. Кабалык М. А. Текстурные характеристики субхондральной кости и клинико-функциональные проявления остеоартроза коленного сустава // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. — 2016. — № 5. — С. 74–78.
4. Кабалык М. А. Особенности ремоделирования субхондральной кости при остеоартрозе с коморбидностью // *Вестник современной клинической медицины*. — 2016. — Т. 9, № 4. — С. 27–32.
5. Кабалык М. А. Физические свойства и особенности организации суставного хряща при остеоартрозе // *Дневник казанской медицинской школы*. — 2016. — № 4(14). — С. 40–43.
6. Лазебник Л. Б. Старение и полиморбидность // *Consium medicum*. 2005. — Т. 7, № 12. — С. 993–996.
7. Мендель О. И., Наумов А. В., Вёрткин А. Л., Алексеева Л. И., Шамуилова М. М., Лучихина Л. В. Остеоартроз и сердечно-сосудистые заболевания у лиц пожилого возраста: клинические и патогенетические взаимосвязи // *Успехи геронтологии*. — 2010. — Т. 23, № 2. — С. 304–313.
8. Преображенский Д. В., Сидоренко Б. А., Вышинская И. Д. Хроническая сердечная недостаточность у лиц пожилого и старческого возраста: особенности патофизиологии и медикаментозного лечения // *Клиническая геронтология*. — 2007. — Т. 13, № 6. — С. 33–44.
9. Светлова М. С., Везикова Н. Н., Ромашина В. В., Собанина Т. С. Оценка содержания С-реактивного белка, интерлейкинов –1 и –6 и рецепторного антагониста интерлейкина –1 в крови больных ранним остеоартром коленных суставов // *Терапевтический архив*. — 2009. — № 6. — С. 52–56.
10. Шнырко О. В., Кабалык М. А., Соловьёва Е. Ф. Характеристика калликреин-кининовой системы и ингибиторов протеиназы у молодых мужчин с гипертонической болезнью в условиях физической нагрузки // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2016. — № 3–4. — С. 599–601.
11. Babarina A. V., Möllers U., Bittner K., Vischer P., Bruckner P. Role of the subchondral vascular system in endochondral ossification: endothelial cell-derived proteinases derepress late cartilage differentiation in vitro // *Matrix Biol.* — 2001. — V.20, № 3. — P. 205–213.
12. Caporali R., Cimmino M. A., Sarzi-Puttini P., Scarpa R., Parazzini F., Zaninelli A., Ciocci A., Montecucco C. Comorbid conditions in the AMICA study patients: effects on the quality of life and drug prescriptions by general practitioners and specialists // *Semin. Arthritis. Rheum.* — 2005. — V. 35(1 Suppl. 1). — P. 31–37.
13. Eckstein F., Le Graverand M. P. Plain radiography or magnetic resonance imaging (MRI): Which is better in assessing outcome in clinical trials of disease-modifying osteoarthritis drugs? Summary of a debate held at the World Congress of Osteoarthritis 2014 // *Semin. Arthritis. Rheum.* — 2015. — V.45, № 3. — P. 251–256
14. Wu R., Wang W., Huang G., Mao X., Chen Y., Tang Q., Liao L. Endothelin- 1 induces oncostatin M expression in osteoarthritis osteoblasts by trans- activating the oncostatin M gene promoter via Ets- 1 // *Mol. Med. Rep.* — 2016. V.13, № 4. — P. 3559.

# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПЕРМСКОМ КРАЕ ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД С АКЦЕНТОМ НА ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

## DYNAMICS OF ARTERIAL PRESSURE INDICATORS IN THE PERM REGION FOR THE FIVE-YEAR PERIOD WITH ACCENT TO GENDER

**N. Koriagina  
O. Melekhova  
S. Naumov  
M. Drugova**

*Summary.* In the Perm region there is a negative dynamics in increasing blood pressure levels over a five-year period: systolic blood pressure in 2007 was  $126.0 \pm 16.1$  mm Hg. Diastolic  $79.5 \pm 14.0$  mm Hg, in 2011  $128.5 \pm 36.0$  mm Hg. And  $84.7 \pm 32.0$  mm Hg. The growth of arterial hypertension was from 27.6% to 37.6% of working people, both among men from 28.8% to 39.8%, and from 19.7% to 34.4%, which requires correction and observation On an out-patient stage with the purpose of change of a demographic situation.

*Keywords:* arterial hypertension, risk factors of cardiovascular diseases, gender features.

**Корягина Наталья Александровна**

Д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера  
nina11-85@mail.ru

**Мелехова Оксана Борисовна**

Соискатель, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера  
melekhova@yandex.ru

**Наумов Сергей Александрович**

Главный внештатный патологоанатом, Минздрав Пермского края  
san280208@yandex.ru

**Другова Марина Александровна**

Главный внештатный специалист по профилактической медицине, Минздрав Пермского края  
medprof2004@mail.ru

*Аннотация.* В Пермском крае имеется отрицательная динамика по повышению уровней артериального давления за пятилетний период: систолического артериального давления в 2007 году составил  $126,0 \pm 16,1$  мм рт. ст., диастолического  $79,5 \pm 14,0$  мм рт.ст., в 2011 году  $128,5 \pm 36,0$  мм рт.ст. и  $84,7 \pm 32,0$  мм рт.ст. Рост артериальной гипертонии составил с 27,6% до 37,6% работающих лиц, как среди мужчин с 28,8% до 39,8%, так и женщин с 19,7% до 34,4%, что требует коррекции и наблюдения на амбулаторном этапе с целью изменения демографической ситуации.

*Ключевые слова:* артериальная гипертония, факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний, гендерные особенности.

### Актуальность

Смертность населения Российской Федерации от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) является основной составляющей кризиса смертности, влияя на процесс депопуляции в нашей стране [1–3]. В настоящий момент состояние здоровья трудоспособного населения Российской Федерации угрожает стабильности социально-экономического развития страны в целом и отдельных регионов-доноров — Пермского края. Во второй половине прошлого века было понимание ССЗ как хронического эпидемического процесса [2], и была предложена концепция кардиоваскулярного континуума [4]. На сегодняшний день изучение факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в конкретных группах риска, без которых их эффективный контроль среди населения невозможен [2,4,5]. Такой анализ позволил бы нам создать базу для проведения профилак-

тических мероприятий в определенных регионах Российской Федерации, рассчитать необходимые ресурсы, усилить программу действий по первичной и вторичной профилактике сердечно-сосудистых заболеваний для рабочего слоя граждан.

### Цель исследования

Изучить показатели артериального давления среди работающего населения Пермского края.

### Материалы и методы исследования

Работа выполнена в рамках эпидемиологического исследования организованной популяции 18–64 лет при проведении профилактических осмотров на крупном промышленном предприятии, сплошным методом, на основании поименного списка ра-

Таблица 1. Динамика показателей АД за пятилетний период

	Мужчины (n=2880)		Женщины (n=1828)		Всего (n=4708)	
	2007	2011	2007	2011	2007	2011
САД, мм рт.ст.	127,67±39,0	130,34±41,0 <sup>1,2</sup>	121,6±26,0	126,6±24,0 <sup>1,2</sup>	126,0±16,1	128,5±36,0 <sup>1</sup>
ДАД, мм рт.ст.	80,5±23,0	86,2±37,0 <sup>1,2</sup>	76,8±17,0	83,2±5,2 <sup>1,2</sup>	79,5±14,0	84,7±32,0 <sup>1</sup>

1 p<0,05 (тест Манна-Уитни) различия между годами; 2 p<0,05 (точный тест Фишера) различия между полами.

Таблица 2. Динамика распределения по уровням АД за пятилетний период

Уровни АД	Мужчины (n=2880)		Женщины (n=1828)		Всего (n=4708)	
	2007	2011	2007	2011	2007	2011
Оптимальное	24,3%	18,7% <sup>1</sup>	41,8%	30,5% <sup>1,2</sup>	29,8%	23,2% <sup>1</sup>
Нормальное	30,9%	24,1% <sup>1</sup>	27,4%	21,1% <sup>1,2</sup>	29,4%	23,1%
Высокое нормальное	16%	16,4% <sup>1</sup>	11,1%	13,9% <sup>1,2</sup>	13,2%	15,6%
АГ 1 ст	21%	33,1% <sup>1</sup>	15,6%	28,9% <sup>1,2</sup>	21,4%	31,1% <sup>1</sup>
АГ 2 ст	6%	6,2% <sup>1</sup>	3,4%	4,3% <sup>1,2</sup>	5%	5%
АГ 3 ст	1,8%	1,5%	0,7%	1,2% <sup>1,2</sup>	1,2%	1,5%

1 p<0,05 (точный тест Фишера) между годами; 2 p<0,05 (точный тест Фишера) между полами;

ботников предприятия в 2007 и 2011 годах (n=4708 человек, из которых около половины составили когорту до 40 лет). Программа обследования включала использование анкет для выявления основных факторов риска ССЗ, измерение артериального давления (АД) по стандартной методике. Степень артериальной гипертензии (АГ) оценивали в соответствии с национальными рекомендациями 2010 года. Статистическая обработка полученных данных проводилась на персональном компьютере типа IBM PC/AT с использованием пакета прикладных программ Statistica 8,0.

## Результаты

Индексы АД у работающих людей имеют нормальное распределение, как у мужчин, так и у женщин. В 2007 году уровень систолического артериального давления (САД) составлял 126,0 ± 16,1 мм рт. ст. и диастолическое артериальное давление (ДАД) 79,5 ± 14,0 мм рт. ст. (таблица 1). В 2011 году эти показатели были значительно выше и составили САД 128,5 ± 36,0 мм рт.ст., ДАД 84,7 ± 32,0 мм рт.ст. Аналогичная ситуация наблюдается в группах мужчин и женщин с отрицательной пятилетней динамикой САД и ДАД. В 2007 году 27,6% трудоспособного населения имели повышение АД в Пермском крае, 28,8% среди мужчин и 19,7% среди женщин. В 2011 году доля АГ составляло 37,6%, для мужчин — 39,8%, для женщин — 34,4% (таблица 2, рисунок 1). Структура распределения артериального давления среди мужчин, женщин и населения с динамикой более 5 лет представлена в таблице 2.

В 2011 году по сравнению с 2007 годом число женщин с оптимальным артериальным давлением снизилось с 41,8% до 30,5%. АГ 1 степени увеличилась с 15,6% до 28,9%, рост составил 13,3% (таблица 2). У мужчин изменения были сделаны на оптимальном уровне с отрицательной динамикой и увеличением числа лиц с АГ 1 степени на 12,1%. С возрастом и САД и ДАД увеличивается у мужчин (рисунки 1, 2). При сравнении значений артериального давления среди мужчин по возрастным группам в 2007 и 2011 гг. определяется значительная динамика роста систолического артериального давления у молодых людей в возрастных группах 18–24 лет и в группе 25–34 года, а также определенная стабилизация в возрасте 35–64 года. Таким образом, было выявлено, что в 2011 году средний уровень АД увеличился у молодых мужчин.

Таким образом, прослеживается отрицательная динамика у мужского населения, где в 2007 году более 50% имели нормальные уровни АД, то в 2011 году менее 50%, включая и АГ, и повышенное нормальное АД. У женщин более 50% населения имеют нормальные уровни АД.

Динамика уровня ДАД характеризуется увеличением особенно в старших группах до 90,9 мм рт. ст. (рисунок 2). В женской популяции происходят те же процессы, что и у мужчин. С возрастом увеличиваются САД и ДАД и эти изменения характерны. Внутри возрастных групп у женщин определяется увеличение АД у женщин среднего возраста (рисунки 3,4). Но если в младших группах уровень САД меньше в 2011 году, то к 55–64 годам уровень вырос почти на 4 мм. рт.ст. Следует отметить выражен-



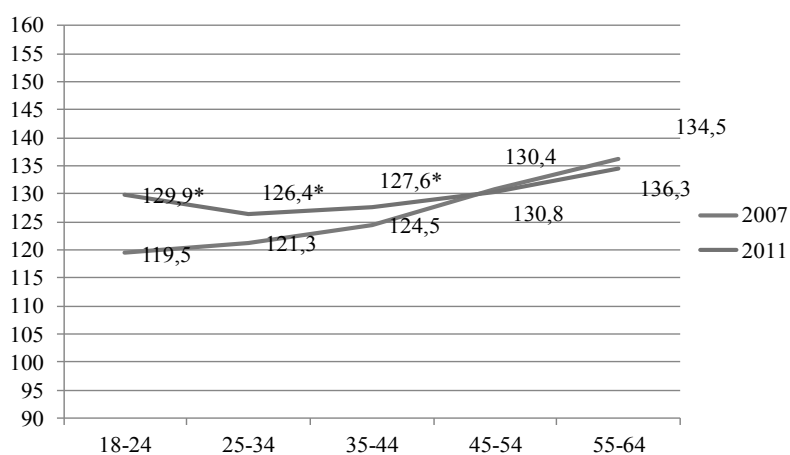


Рис. 1. Динамика САД среди мужчин за пятилетний период в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

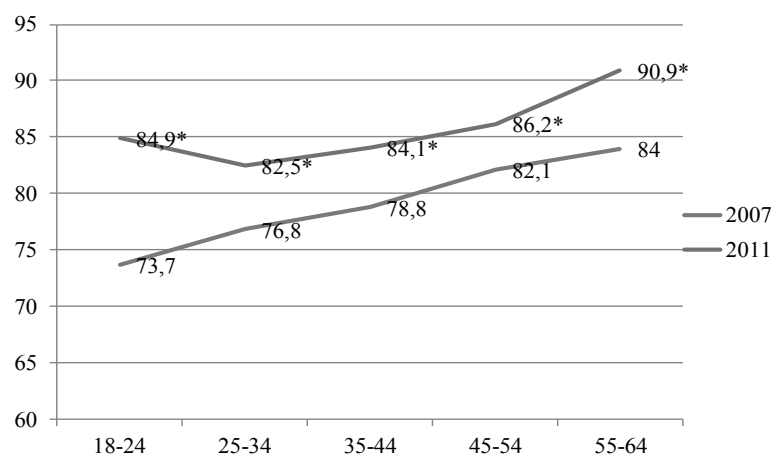


Рис. 2. Динамика ДАД среди мужчин за пятилетний период в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

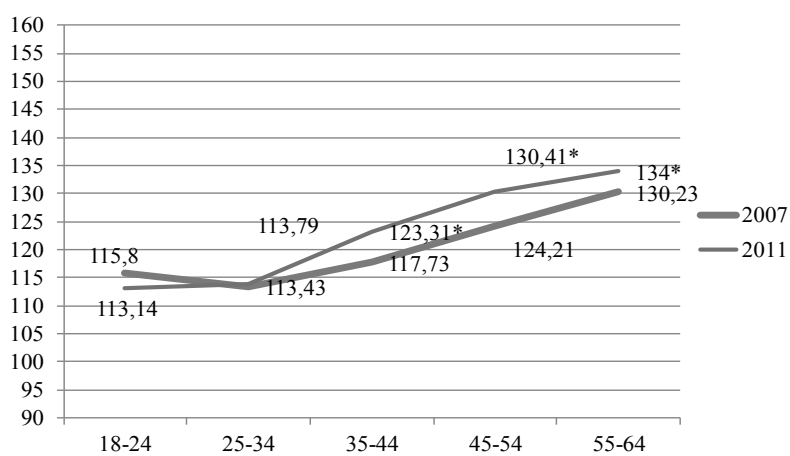


Рис. 3. Динамика САД среди женщин за пятилетний период в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

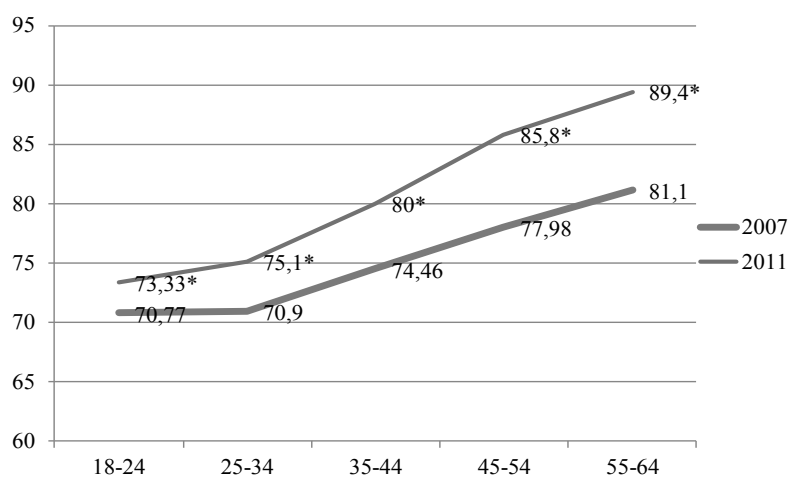


Рис. 4. Динамика ДАД среди женщин за пятилетний период в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

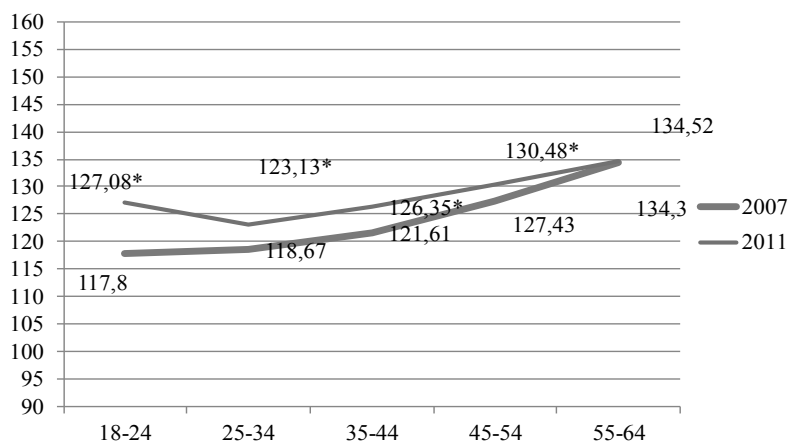


Рис. 5. Динамика САД за пятилетний период в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

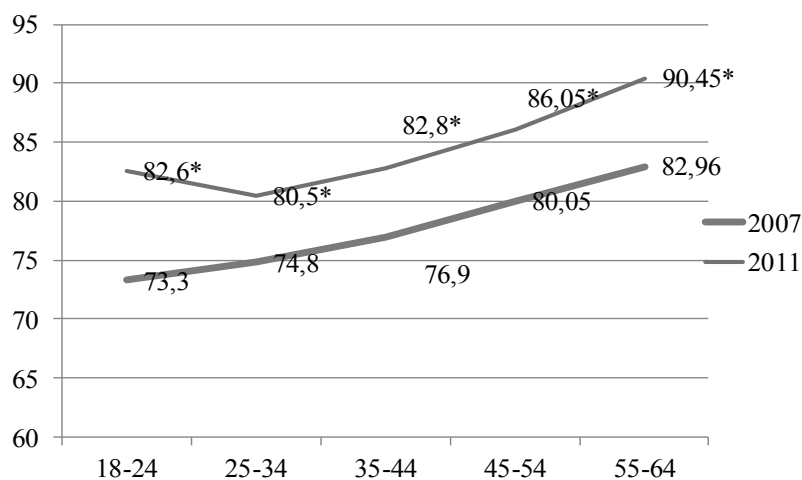


Рис. 6. Динамика ДАД за пятилетний период  
в зависимости от возраста;  
\*  $p < 0,05$  (тест Манна-Уитни) различия между годами.

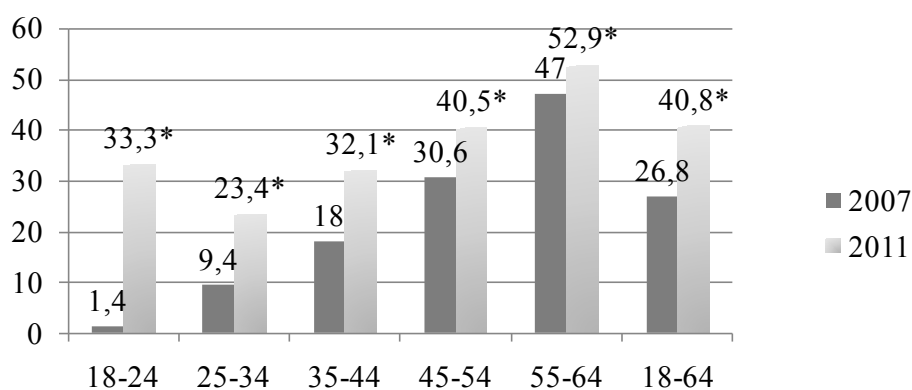


Рис. 7. Динамика распространенности АГ среди мужчин за пятилетний период в зависимости от возраста; \*  $p < 0,05$  (точный тест Фишера) различия между годами

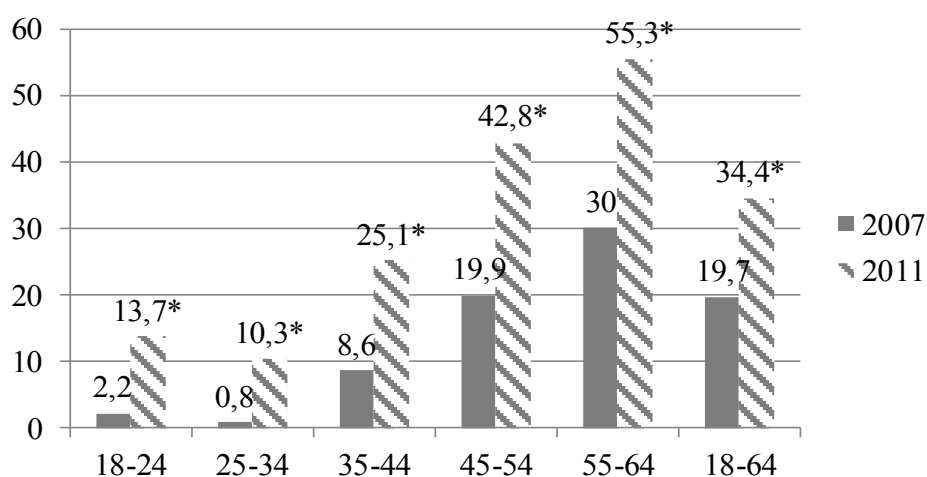


Рис. 8. Динамика распространенности АГ среди женщин за пятилетний период в зависимости от возраста; \*  $p < 0,05$  (точный тест Фишера) различия между годами

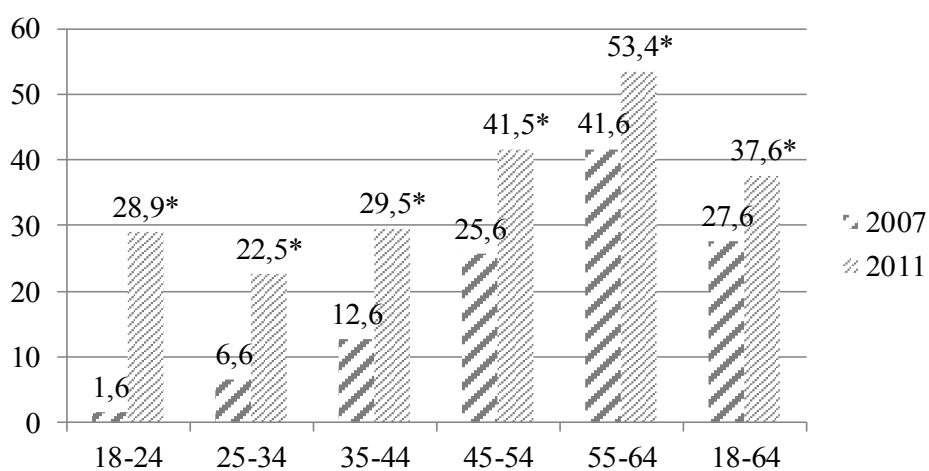


Рис. 9. Динамика АГ за пятилетний период в зависимости от возраста; \*  $p < 0,05$  (точный тест Фишера) различия между годами.

Таблица 3. Динамика АГ за пятилетний период в зависимости от пола

Возраст	Мужчины (n=2880)		Женщины (n=1828)	
	2007	2011	2007	2011
18–24 (n=179)	1,4%	33,3% <sup>1,2</sup>	2,2%	13,7% <sup>1,2</sup>
25–34 (n=750)	9,4%	23,4% <sup>1,2</sup>	0,8%	10,3% <sup>1,2</sup>
35–44 (n=1231)	18%	32,1% <sup>1,2</sup>	8,6%	25,1% <sup>1,2</sup>
45–54 (n=1863)	30,5%	40,5% <sup>1,2</sup>	19,9%	42,8% <sup>1,2</sup>
55–64 (n=685)	47%	53,9% <sup>1,2</sup>	30%	55,3% <sup>1,2</sup>
18–64 (n=4708)	27,8%	40,8% <sup>1,2</sup>	19,7%	34,4% <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> p<0,05 различия между годами; <sup>2</sup> p<0,05 различия между полами;

ную отрицательную динамику уровня ДАД во всех возрастных группах со значимым ростом показателей.

Среди трудоспособного населения как САД, так и ДАД увеличиваются по возрасту (рис. 5,6). Согласно систолическим значениям артериального давления, молодым людям в возрасте 18–34 лет следует уделять внимание и в возрасте 55–64 лет. Существует перераспределение уровней артериального давления среди населения. Среди молодых уровень САД увеличился (рисунок 5). По отношению к ДАД статистически значимый рост во всех возрастных группах (рисунок 6). В целом, среди мужчин, были статистически значимые изменения в распространенности АГ через пять лет (таблица 2). Но внимание обращается на то, что в выборке происходящих процессов АГ стала более распространенной среди молодых мужчин, в группе 18–24 лет и увеличилась с 1,4% до 33,3%, а в группе 25–34 года с 9,4% до 23,4%, рисунок 7. В 35–54 лет различия не являются статистически значимыми.

У женщин за пятилетний период частота АГ значительно увеличилась с 19,7% до 34,4%. В женской популяции также проходят процессы, с одной стороны увеличилась АГ у молодых в возрастной группе 25–34 года (рисунок 3.8), с динамикой АГ с 0,8% до 10,3% и в группе 35–44 года с 8,6% до 25,1%.

Процент распространенности АГ с возрастом увеличивается у всего населения (рисунок 9). Значимые различия наблюдаются во всех возрастных группах.

При сравнении распространенности по гендерному признаку мы видим большую распространенность АГ у мужчин молодого и среднего возраста, женщины начинают лидировать при наступлении климактерического периода и менопаузы (табл. 3).

Таким образом, по сравнению с 2007 годом распространенность АГ в 2011 году достоверно увеличилась с 27,6% до 37,6%. АГ среди мужчин выросла на 12,1%,

женщин-13,3%, имеется уменьшение числа лиц с оптимальными цифрами артериального давления.

### Обсуждение

Сегодня есть четкое отражение гендерных различий в клинической картине, сердечных событиях и смертности, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями [6]. Необходимо обратить внимание на диагностику и лечение в условиях сексуальных характеристик, в частности, отражающих неполное понимание физиологических и клеточных механизмов, способствующих различиям в этиологии сердечно-сосудистых заболеваний, и неспособность учитывать их влияние на фармакокинетику и фармакодинамику препаратов, используемых для лечения большинства ССЗ [7]. Прогресс в понимании этих механизмов является медленным из-за продолжающегося использования мужчин во многих исследованиях, отсутствия гендерного и гормонального статуса и отсутствия отчетности о результатах клинических испытаний в отношении пола [8]. Фундаментальной генетической основой половых различий является добавление половых хромосом: XY у мужчин и XX у женщин. Несколько генов этой хромосомы связаны с несколькими факторами сердечно-сосудистого риска, включая артериальное давление и повышенный уровень липопротеидов низкой плотности [9,10]. У мужчин в европейских странах повышенный риск инфаркта миокарда также связан с вариантами в определенной области Y-хромосомы, ответственной за адаптивный иммунитет [6,10]. Y-хромосома необходима для развития яичек, как основного источника тестостерона у мужчин. Для обеспечения чувствительности к тестостерону необходим андрогенный рецептор, который расположен на X-хромосоме. Характерной особенностью X-хромосомы является большая вариабельность фенотипов у женщин, чем у мужчин [8]. Изменчивость физиологических реакций у особой женского пола используется для оправдания исключения женщин из многих фундаментальных исследований.

В нашем исследовании выявлены особенности, связанные с тем, что мужчины имеют более высокий уровень САД и ДАД в молодом возрасте, а у женщин эти показатели выше в постменопаузальном периоде 55–64 года. Распространенность гипертонии среди женщин 55–64 лет составляет 55,3% по сравнению с 53,9% у мужчин.

## Выводы

На сегодня в Пермском крае имеется отрицательная динамика по повышению уровней АД за пятилетний

период: САД в 2007 году составил  $126,0 \pm 16,1$  мм рт. ст., ДАД  $79,5 \pm 14,0$  мм рт.ст., в 2011 году  $128,5 \pm 36,0$  мм рт.ст. и  $84,7 \pm 32,0$  мм рт.ст. Аналогичная ситуация в группах мужчин и женщин с отрицательной пятилетней динамикой. Рост АД составил с 27,6% до 37,6% работающих лиц, как среди мужчин с 28,8% до 39,8%, так и женщин с 19,7% до 34,4%. Полученные данные говорят о росте распространенности факторов риска у молодых людей трудоспособного возраста согласуются с концепцией о необходимости регулярного мониторинга состояния здоровья работающего населения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шальнова С.А., Деев А. Д. Тенденции смертности в России в начале XXI века (по данным официальной статистики // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2011. — № 10 (6). — С. 5–10.
2. Оганов Р.Г., Масленникова Г. Я. Демографические тенденции в Российской Федерации: вклад болезней системы кровообращения. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2012 — № 1. С. 4–9.
3. Оганов Р.Г., Тимофеева Т. Н., Колтунов И. Е., и соавт. Эпидемиология артериальной гипертонии в России. Результаты федерального мониторинга 2003–2010 гг. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2011. — № 10 (1) — С. 9–13.
4. Бойцов С.А., Шальнова С. А. и соавт. Артериальная гипертония среди лиц 25–64 лет: распространенность, осведомленность, лечение и контроль. По материалам исследования ЭССЕ // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2014. — № 14. С. 4–14.
5. Корягина Н.А., Шапошникова А. И., Рямзина И. Н. Изучение распространенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди взрослого работающего населения Пермского края // Профилактическая медицина. — 2011. — Т. 14. № 4. — С. 16–18.
6. Ely, D., Milsted, A., Dunphy, G., Boehme, S., Dunmire, J., Hart, M., et al. (2009). Delivery of sry1, but not sry2, to the kidney increases blood pressure and sns indices in normotensive wky rats. BMC Physiology, 9, 10.
7. Mosca, L., Benjamin, E. J., Berra, K., Bezanson, J. L., Dolor, R. J., Lloyd-Jones, D.M., et al. (2011). Effectiveness-based guidelines for the prevention of cardiovascular disease in women—2011 Update: a guideline from the American Heart Association. Circulation, 123, 1243–1262.
8. Gallagher, P. E., Li, P., Lenhart, J. R., Chappell, M. C., & Brosnihan, K. B. (1999). Estrogen regulation of angiotensin-converting enzyme mRNA. Hypertension, 33, 323–328.
9. Bloomer, L. D., Nelson, C. P., Eales, J., Denniff, M., Christofidou, P., Debiec, R., et al. (2013). Male-specific region of the Y chromosome and cardiovascular risk: phylogenetic analysis and gene expression studies. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 33, 1722–1727.
10. Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, Hartigan PM, Maron DJ, Kostuk WJ, Knudtson M, Dada M, Casperson P, Harris CL, Chaitman BR, Shaw L, Gosselin G, Nawaz S, Title LM, Gau G, Blaustein AS, Booth DC, Bates ER, Spertus JA, Berman DS, Mancini GB, Weintraub WS. Optimal Medical Therapy with or without PCI for Stable Coronary Disease. N Engl J Med Apr 12;2007 356 (15): 1503–16.

© Корягина Наталья Александровна ( nina11-85@mail.ru ), Мелехова Оксана Борисовна ( melekhova@yandex.ru ),  
Наумов Сергей Александрович ( san280208@yandex.ru ), Другова Марина Александровна ( medprof2004@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## РАБОТА ГЛАВНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ В БОРЬБЕ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

### THE WORK OF THE CHIEF SPECIALISTS OF THE MINISTRY OF HEALTH OF THE PERM REGION IN THE FIGHT AGAINST CARDIOVASCULAR DISEASES

**O. Melekhova**  
**N. Koriagina**  
**S. Naumov**  
**S. Ponomarev**  
**R. Engaus**  
**A. Onaynov**  
**V. Lesnikov**  
**D. Malkov**

*Summary.* The leading cause of death in Russia is the circulatory system, in the Perm Krai the indicators exceed the national average. The prevalence of hypertension in 19% and tobacco smoking in 22% of the working population remain the main and leading risk factors for the young population, which requires correction and observation at the outpatient stage with the aim of changing the demographic situation. In 2016, it was with the goal of reducing mortality from cardiac pathology that a working group of the chief specialists of the Ministry of Health of the Perm Krai was established. The death rate from diseases of the circulatory system in 2016 in the Perm region reached 692.1 cases per 100 thousand people (in 2015 it was 725.4 per 100 thousand of the population).

*Keywords:* leading specialists of the Ministry of health, cardiovascular disease

**Мелехова Оксана Борисовна**

Соискатель, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, [telekhova@yandex.ru](mailto:telekhova@yandex.ru)

**Корягина Наталья Александровна**

Д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера, [nina11-85@mail.ru](mailto:nina11-85@mail.ru)

**Наумов Сергей Александрович**

Главный внештатный патологоанатом, Минздрав Пермского края, [san280208@yandex.ru](mailto:san280208@yandex.ru)

**Пономарев Сергей Александрович**

Заместитель главного врача по организационно-методической работе, Пермская краевая клиническая больница, [prh@permonline.ru](mailto:prh@permonline.ru)

**Энгаус Роман Ефимович**

Главный внештатный ангионевролог, Минздрав Пермского края, [engaus@yandex.ru](mailto:engaus@yandex.ru)

**Онянов Александр Михайлович**

Главный внештатный судебно-медицинский эксперт, Минздрав Пермского края, [2771192@mail.ru](mailto:2771192@mail.ru)

**Лесников Владислав Владимирович**

Дублер главного внештатного судебно-медицинского эксперта, Минздрав Пермского края, [sudmedzona59.3@ya.ru](mailto:sudmedzona59.3@ya.ru)

**Малков Александр Дмитриевич**

Главный внештатный патологоанатом, Минздрав Пермского края, [malkov@yandex.ru](mailto:malkov@yandex.ru)

*Аннотация.* Ведущей причиной смертности населения в России являются болезни системы кровообращения, в Пермском крае показатели превышает общероссийский. Распространенность АГ в 19% и табакокурения в 22% среди работающего населения остаются основными и лидирующими факторами риска у молодого населения Пермского кра, что требует коррекции и наблюдения на амбулаторном этапе с целью изменения демографической ситуации. В 2016 году именно с целью снижения смертности от кардиальной патологии была создана рабочая группа главных специалистов Министерства здравоохранения Пермского края. Показатель смертности от болезней системы кровообращения в 2016 году в Пермском крае достиг 692,1 случая на 100 тыс. населения (в 2015 г. он был 725,4 на 100 тыс. населения).

*Ключевые слова:* главные внештатные специалисты органа управления здравоохранением, болезни системы кровообращения.

По данным Всемирной организации здравоохранения, ведущей причиной смерти в экономически развитых странах мира является сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). В статистике России эти болезни характеризуются заболеваниями системы кровообращения (БСК). Несмотря на снижение показателей смертности от БСК с 2003 года [1–3], уровень смертности от этих заболеваний в стране остается на высоком уровне, составив в 2014 году 653,9 смертей на 100 тысяч населения, тогда как в Пермском крае показатели превышают общероссийские. В конце XX века из-за произошедших в то время изменений в стране был зарегистрирован резкий рост смертности от БСК, что послужило основанием для принятия срочных мер по борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями, и в первую очередь, с артериальной гипертензией (АГ) [3]. АГ является независимым предиктором осложнений при ССЗ, а также фактором риска развития тяжелых заболеваний, таких как ишемическая болезнь сердца и его острая форма инфаркта миокарда, инсульта, сердечной и почечной недостаточности. В результате эпидемиологических исследований высокая распространенность гипертонии среди населения многих стран, от 30 до 50%, часто протекает незначительно или бессимптомно до определенного периода времени, что приводит к низкому и позднему лечению лиц, нуждающихся в медицинской помощи, следовательно, плохое управление АГ в популяции в странах с хорошим уровнем здоровья. Ежегодно от этих болезней умирает более 1 миллиона человек, смертность увеличилась в 1,4 раза — с 620,0 в 1991 году до 864,6 смертей на 100 тысяч населения в 2001 году. Среди всех умерших почти 30% составляли люди трудоспособного возраста (более 560 тысяч человек в год), из которых 80% составляли молодые мужчины. Смертность мужчин в трудоспособном возрасте была в 4,1 раза выше, чем у женщин. Ожидаемая продолжительность жизни в 1990-х годах среди мужчин было 57,4–59,6 лет, среди женщин — 71,1–71,8 года, что указывало на превышение смертности мужчин трудоспособного возраста [3,4]. По словам главного врача-терапевта Н. Корягиной средний уровень систолического давления в пермской популяции составлял 119,3 мм рт. ст.  $\pm$  0,78 мм рт. ст., диастолическое — 88 мм рт. ст.  $\pm$  0,47 мм рт. ст. Увеличение систолического артериального давления было обнаружено как у мужчин, так и у женщин. Распространенность гипертонии среди работающего населения до 40 лет с увеличением офисного артериального давления составила 9%. Изолированная клиническая гипертония с коррекцией к нормотензии с учетом анамнестических данных была установлена у 10% испытуемых. Распространенность АГ среди молодежи до 40 лет в Пермском крае на сегодня не менее 20% [5]. В 2016 году именно с целью снижения смертности от БСК была создана группа главных специалистов Министерства здравоохранения (МЗ) Пермского края (ПК).

Значение организационно-методической работы главных внештатных специалистов органа управления здраво-

охранением для экономической стабильности медицинской организации нами рассматривается при анализе работы главных внештатных специалистов (ГВС) МЗ ПК по выполнению Территориальная программа государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов [6].

Организация работы ГВС в Министерстве здравоохранения Пермского края строится в соответствии с Приказом Минздрава РФ от 25 октября 2012 г. № 444 «О главных внештатных специалистах Министерства здравоохранения Российской Федерации и Приказа от 25 ноября 2015 года N СЭД-34–01–06–1012 «О главных внештатных специалистах Министерства здравоохранения Пермского края». Для координации работы привлекается заместитель главного врача по организационно-методической работе Пермской краевой клинической больницы Пономарев С.А. В настоящий момент в рабочую группу (РГ) входят: главный внештатный специалист по терапии Корягина Н.А., главный внештатный специалист по организации первичной медико-санитарной помощи Мелехова О.Б., главный внештатный кардиолог Наумов С.А., главный внештатный ангионевролог Энгаус Р.Е., главный внештатный патологоанатом Малков А.Д., главный судебно-медицинский эксперт Онянов А.М. и его заместитель Лесников В.В. под общим руководством Пономарева С.А.

Организационно-методическая работа ГВС представляет собой творческую практическую, организаторскую и образовательную деятельность ГВС, направленную на разработку и внедрение современных медицинских и организационных технологий в систему здравоохранения региона по диагностике и лечению пациентов, анализу заболеваемости и смертности населения, проведению научных форумов и различных занятий по конкретным профилям и видам медицинской деятельности.

Работа РГ включает:

- ♦ сбор необходимой исходной информации о состоянии здоровья населения по профилю своей специальности с акцентом на ССЗ в работе медицинских организаций (МО);
- ♦ комплексный анализ состояния специализированных услуг по профилю «Терапия» и «Кардиология» и других видов медицинской деятельности;
- ♦ разработка и реализация программ развития здравоохранения и укрепления здоровья населения Пермского края, а также соответствующих разделов федеральных программ;
- ♦ работа по разработке современных медицинских технологий, обеспечивающих высокое качество медицинской и диагностической работы, особенно по отношению к кардиальной патологии, как лидирующей причине преждевременной утраты населения;

- ◆ логистика и внедрение новых проверенных медицинских технологий в работу медицинских организаций Пермского региона и оценка эффективности результатов внедрения;
- ◆ проведение работы по обеспечению непрерывности и маршрутизации оказания терапевтической и профилактической помощи пациентам всех уровней при патологии кардиальной системы, особенно при острой коронарной патологии и нарушениях мозгового кровообращения;
- ◆ руководство работой научных и практических обществ и осуществление прикладных научных исследований в области кардиологии;
- ◆ участие в независимом государственном, государственном, ведомственном и внутреннем контроле качества медицинской помощи, оказываемой медицинскими организациями региона, на основе клинических рекомендаций, федеральных нормативных актов, протоколов и стандартов.

Особенностью организационной и методической работы главных специалистов ПК МЗ в 2016 году было:

- ◆ анализ реализации мер по обеспечению достижения показателей, включенных в Указы Президента от 07.05.2012 [7];
- ◆ работа основных внештатных специалистов Минздрава РФ по разработке и внедрению клинико-статистических групп и схем современных схем, особенно у лиц с АГ в работу Пермского края;
- ◆ улучшение предоставления медицинской помощи жителям сельских территорий ПК на основе работы амбулаторной клиники ПМКБ;
- ◆ совершенствование системы доступности в обеспечении высокотехнологичной медицинской помощи жителям Пермского края;
- ◆ углубленный всесторонний анализ эффективности результатов клинической и организационно-методической работы специалистов медицинских организаций и органов здравоохранения Пермского края, в том числе территориальных органов управления.

В марте 2017 года прошло выездное заседание в г. Березники, на которое приглашались руководители территориального органа управления здравоохранением МЗ ПК, руководство МО в г. Березники. Целью выезда была практическая работа ГВС МЗ ПК по изучению причин летальности при причине ССЗ в г. Березники в 2016 г. Проводился разбор конкретных случаев в г. Березники от БСК, а также в сочетаниях с заболеваниями эндокринной системы, желудочно-кишечного тракта и других заболеваний.

В процессе коллективного обсуждения причин летальности от БСК были выработаны предложения

по оптимизации: системы маршрутизации пациентов из других муниципальных образований в г. Березники (с острыми нарушениями сердечно-сосудистой системы, которые должны получить лечение на третьем уровне здравоохранения Пермского края; работы регионального сосудистого центра, который уже более двух лет функционирует на базе ГБУЗ ПК «Городская больница им. Е. А. Вагнера»; а также подготовке специалистов клинического профиля первичного звена, участвующих в лечении пациентов с БСК, по вопросам диагностики, лечению и формулировке диагнозов.

В ходе практической работы главных специалистов МЗ ПК в медицинских организациях МО уделяется большое внимание работе по оказанию медицинской помощи лицам трудоспособного возраста, особенно работающим на крупных предприятиях Пермского края.

Объем плановой выездной работы РГ в МО Пермского края, остается стабильно высоким: в 2016 г. — более 20 выездов, в 2017 г. — 6 выездов. Помимо этого, за 2016–2017 годы было выполнено 12 выездов в составе проекта «Здоровые районы Прикамья», когда в составе врачебных бригад работали главные специалисты Минздрава ПК, сотрудники клинического кардиодиспансера и Центра медицинской профилактики, а ГВС проводилось обучение первичного звена по диспансерному наблюдению пациентов с ХНИЗ, особенно с АГ [8]. При этом улучшилась выявляемость первичных больных АГ. Врачи стали использовать современные антигипертензивные препараты, улучшились показатели лечения больных АГ, оцениваемые по достижению целевого АД в процессе лечения. Если в 2014 г. эффективность лечения составляла 36,7%, то в 2017 г. Этот показатели увеличились до 41,3%, уменьшилось количество больных с тяжелыми формами АГ.

В 2017 г. работа по внедрению передовых технологий лечения и достижений медицинской науки в практическое здравоохранение продолжена на амбулаторно-поликлинической звене г. Перми, а именно в ГБУЗ ПК «Городской поликлиники № 2», где идет выполнение научно-исследовательской работы сотрудников кафедры поликлинической терапии Пермского государственного медицинского университета имени академика Е. А. Вагнера (ПГМУ им. ак. Е. А. Вагнера). Выполнение поставленных задач в поликлинике на уровне, соответствующем мировым стандартам. В настоящий момент проанализировано более 1000 амбулаторных карт пациентов с фибрилляцией предсердий, артериальной гипертонией и перенесёнными нефатальными сосудистыми катастрофами.

Главные специалисты МЗ ПК в процессе работы на профильных кафедрах ПГМУ им. ак. Е. А. Вагнера занимаются внедрением инноваций в образовательной деятельности по своей специальности. В настоящий момент



проводится работа по разработке компьютерных программ, созданию лекционных курсов и методических материалов на современных электронных носителях для первичного звена. Главными внештатными специалистами по первичной медико-санитарной помощи и терапии идет отработка модели основных принципов непрерывного медицинского образования по специальностям «врач-терапевт», всего за 2016 и 2017 года проведено 7 мероприятий по 6–12 кредитных единиц совместно с Российским научно-медицинским обществом терапевтов под руководством академика А. И. Мартынова.

При решении проблем качества медицинской помощи более широко использовать количественные показатели оценки результатов медицинской деятельности, которые приняты и рекомендуются ВОЗ, характеризующие адекватность, доступность, непрерывность и непрерывность, эффективность, эффективность, эффективность, Безопасность, своевременность, способность соответствовать ожиданиям и потребностям, стабильность процесса и результатов, постоянное совершенствование и улучшение. В то же время могут использоваться индикаторы: QALY — количество лет качественной жизни, приобретенной в результате медицинского вмешательства, DALY — показатель потерянных лет здорового образа жизни и т.д.;

В процессе коллективного обсуждения РГ причин летальности от БСК в Пермском крае были разработаны предложения, на основании которых могут приниматься управленческие решения руководителем Министерства здравоохранения Пермского края:

- ◆ отработка маршрутных систем для жителей Пермского края с острой сердечно-сосудистой патологией, которую необходимо лечить в региональных сосудистых центрах и первичных сосудистых отделениях;
- ◆ работа региональных сосудистых центров Пермского края, а также плановая коронарная ангиография для пациентов с тяжелыми, но стабильными формами ишемической болезни сердца [9];
- ◆ обучение клинических специалистов, вовлеченных в лечение пациентов с БСК, в диагностике, лечении и постановке диагнозов в терминальных состояниях (первичная, сопутствующая и фоновое заболевание) на уровне терапевтических или паллиативных отделений, а также в комбинациях острого коронарного синдрома с сахарным диабетом, расстройств мозгового кровообращения, заболеваний желудочно-кишечного тракта и т.д.;
- ◆ оценка в каждом медицинском учреждении Пермского края, который является МО-держателем плана диспансерного наблюдения за пациентами с ХНИЗ, который вносит основной вклад в смертность [8,9].

И основным результатом проводимой работы главных специалистов МЗ ПК является показатель, включенный в известные Указы Президента РФ [7] — показатель смертности от болезней системы кровообращения в 2016 году в Пермском крае достиг 692,1 случая на 100 тыс. населения (в 2015 г. он был 725,4 на 100 тыс. населения).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шальнова С.А., Деев А. Д. Тенденции смертности в России в начале XXI века (по данным официальной статистики // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2011. — № 10 (6). — С. 5–10.
2. Оганов Р.Г., Масленникова Г. Я. Демографические тенденции в Российской Федерации: вклад болезней системы кровообращения. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2012 — № 1. С. 4–9.
3. Оганов Р.Г., Тимофеева Т. Н., Колтунов И. Е., и соавт. Эпидемиология артериальной гипертонии в России. Результаты федерального мониторинга 2003–2010 гг. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2011. — № 10 (1) — С. 9–13.
4. Бойцов С.А., Шальнова С. А. и соавт. Артериальная гипертония среди лиц 25–64 лет: распространенность, осведомленность, лечение и контроль. По материалам исследования ЭССЕ // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2014. — № 14. С. 4–14.
5. Корягина Н.А., Шапошникова А. И., Рязина И. Н. Изучение распространенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди взрослого работающего населения Пермского края // Профилактическая медицина. — 2011. — Т. 14. № 4. — С. 16–18.
6. <http://www.pofoms.ru/CompMedIns/PGG/20161230-PP-1191-p.pdf>
7. Указ Президента России от 7 мая 2012 года № 606 «О мерах по реализации демографической политики Российской Федерации».
8. Приказ МЗ РФ № 1344н от 21.12.2012 г. «Об утверждении порядка проведения диспансерного наблюдения».
9. Приказ Министерства здравоохранения Пермского края от 28 мая 2013 г. N СЭД-34-01-06-298 «О порядке направления больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями на обследование методом ангиографии (коронарографии) в медицинские организации г. Перми».

© Мелехова Оксана Борисовна ( melekhova@yandex.ru ), Корягина Наталья Александровна ( nina11-85@mail.ru ), Наумов Сергей Александрович ( san280208@yandex.ru ), Пономарев Сергей Александрович ( prh@permonline.ru ), Энгаус Роман Ефимович ( engaus@yandex.ru ), Онянов Александр Михайлович ( 2771192@mail.ru ), Лесников Владислав Владимирович ( sudmedzona59.3@ya.ru ), Малков Александр Дмитриевич ( malkov@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

### SOME ASPECTS OF ORGANIZATION OF PREVENTIVE MEASURES IN INFECTIOUS DISEASES

*V. Smetanin*

*Summary.* the paper describes what is necessary to carry out anti-epidemic measures to eliminate infectious diseases. What they need and how to carry out these activities.

*Key words:* anti-epidemic measures, infectious diseases, infectious disease prevention law «On the sanitary — epidemiological welfare of the population of Russia».

**Сметанин Виктор Николаевич**

*К.м.н., доцент, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова  
smetvn@rambler.ru*

*Аннотация.* В работе рассказывается о том, какие необходимо проводить противоэпидемические мероприятия для устранения инфекционных заболеваний. Для чего они нужны и как правильно проводить эти мероприятия.

*Ключевые слова:* противоэпидемические мероприятия, инфекционные заболевания, профилактика инфекционных заболеваний, закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения России».

**В**ысокая эпидемиологическая и экономическая значимость инфекционных болезней определяет их статус, как важнейшего критерия здоровья и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Социальные факторы играют важную роль в эпидемическом процессе возникновения и распространения инфекционных заболеваний. В России достаточно много внимания уделяют мероприятиям, которые направлены на то, чтобы предупредить возникновение и распространение инфекционных заболеваний.

Профилактика инфекционных заболеваний заключается в применении комплекса разных мер, основными из которых являются:

1. Повышение уровня санитарной культуры населения страны;
2. Организация государственных мероприятий, которые направлены на устранение причин, способствующих возникновению и распространению инфекционных заболеваний;
3. Организация мероприятий медицинского характера.

Большое значение в профилактике инфекционных заболеваний играют условия питания и качество пищевых продуктов. Ведь, при употреблении в пищу зараженных продуктов есть большой шанс распространения инфекционного заболевания.

Важной мерой профилактики большинства инфекционных заболеваний является обезвреживание источника инфекции, которыми могут быть больной или бактерионоситель. В профилактических целях на пищевых

предприятиях, в том числе и на предприятия общественного питания, проводят обязательное бактериологическое и медицинское обследование всех лиц, которые поступают на работу, а также проводят обследование бактерионосителей [2].

Санитарный контроль водоснабжения и канализации — важное мероприятие, направленное на разрыв путей передачи инфекционных заболеваний. Также немаловажным здесь является поддержание санитарного режима на предприятиях общепита, в детских учреждениях и т.д.

Все правовые аспекты противоэпидемической деятельности закреплены в законодательных документах. Согласно Конституции РФ (ст. 42) каждый гражданин России имеет право на благоприятную среду обитания и достоверную информацию о её состоянии.

В Гражданском кодексе РФ (гл. 59), основы законодательства России об охране здоровья населения, закон РСФСР «О санитарно — эпидемиологическом благополучии населения России» [5], указаны положения о государственной санитарно-эпидемиологической службе. Также он регламентирует права и обязанности граждан и медицинских работников в решении задач санитарно-эпидемиологического благополучия и сохранения здоровья населения.

То насколько эффективными будут противоэпидемические мероприятия инфекционных заболеваний, заключается в диагностике, требования к которой в большинстве своем обусловлены выбором правильных и ранних методов.

Диагностические ошибки случаются из-за трудностей дифференциальной диагностики клинических схожих инфекционных заболеваний. Также этому способствует тот факт, что многие инфекционные заболевания проявляются одинаково, и вместе с тем недоучет эпидемических данных, недостаточное использование возможностей лабораторных подтверждений. Если же для определения инфекционных заболеваний используются разные методы, то это значительно улучшает качество диагностики.

Такие инфекционные заболевания, как эпидемический паротит, корь, скарлатина и ветряная оспа выявляются с помощью клинических и отчасти эпидемических исследований. При данных инфекционных заболеваниях лабораторные методы диагностики не получили широкое применение [3].

Когда существует широкий выбор методов лабораторной диагностики, тогда необходимо каждому из них давать правильную эпидемиологическую оценку. Например, ранняя диагностика брюшного тифа осуществляется с использованием метода выделения возбудителя из крови (гемокультура) и проведение серологических тестов (реакция Видаля, Vi-гемагглютинация).

При ретроспективной постановке диагноза используют методы более поздней диагностики, с их помощью возбудителя выделяют из мочи, кала или желчи. Такие методы используются для подтверждения диагноза и выявления бактерионосителей. Из-за того, что проводить большинство лабораторных тестов достаточно сложно, это ограничивает возможность применять данные методы достаточно широко.

Больного человека или носителя инфекционной болезни необходимо изолировать, помещая в соответствующую ЛПУ, где он должен находиться до полного клинического выздоровления либо до того периода, пока носитель достигнет эффективной санации. В специальных инструкциях указаны сроки и условия изоляции. При некоторых инфекционных заболеваниях допускается изоляция больного или носителя в домашних условиях при соблюдении условий, которые исключают возможность передавать инфекции [1].

Существует также ряд инфекционных заболеваний, при которых обязательно проводить госпитализацию, эти меры предусмотрены законодательными документами. Инфекционных больных госпитализируют силами ЛПУ на специальном транспорте, который в последующем необходимо дезинфицировать.

При инфекционных заболеваниях домашних животных радикальными мерами является их уничтожение.

Если же это высокоценные породы животных, то в отдельных случаях их лечат или создают специальные хозяйства для содержания и санации пораженного скота.

Кроме того, что необходимо проводить обеззараживание источников инфекции необходимо выполнить мероприятия по уничтожению эктопаразитов, которые являются переносчиками возбудителей. Проводить такие меры при зоонозах должна ветеринарная служба, предоставляющая соответствующую информацию санитарно-эпидемиологической службе.

Если же зоонозные инфекции обнаружены у диких животных, то здесь возникает проблема, т.к. их необходимо истребить или уменьшить плотность популяции. Особенно это касается тех случаев, когда болезнь распространилась на большие территории, и у животных была обнаружена чума, бешенство и т.д. [4].

Такие мероприятия достаточно дорогостоящие и их выполняют только по эпидемиологическим или эпизоотологическим показаниям специализированные учреждения здравоохранения и ветеринарной службы.

Зачастую с помощью хозяйственного освоения территорий: распашки степей, лесонасаждении, мелиорации, можно ликвидировать природные очаги инфекционных заболеваний.

Противоэпидемические работы будут успешны, если были использованы качественные средства, они были проведены в достаточном объеме, их провели своевременно и полноценно.

То, насколько противоэпидемические мероприятия являлись эффективными, определяется в их способности изменять уровень, структуру и динамику инфекционной заболеваемости, предотвращать или уменьшать ущерб здоровью населения, который связаны с заболеваемостью.

Принято эффективность противоэпидемических мероприятий рассматривать в трех аспектах: эпидемиологическом, социальном и экономическом.

Эпидемиологический эффект противоэпидемических мероприятий — это величина предотвращенных инфекционных заболеваний населения и связанных с заболеваемостью явлений. Степень эпидемиологического эффекта определяется изменением заболеваемости инфекционными болезнями отдельных групп населения или населения в целом. Выражают данный эффект в виде индекса эффективности.

Социальная эффективность противоэпидемических мероприятий предотвращение уменьшения населений

в целом и снижение смертности и инвалидности, непосредственно дееспособного населения.

С социальной эффективностью тесно связана и экономическая эффективность. Она выражается экономическим эффектом, который был, достигнут в результате сохранения трудоспособности населения и предотвра-

щения расходов общества на лечение больных, содержание нетрудоспособных, проведение мероприятий в эпидемических очагах и т.д.[6].

В деятельности противозидемической системы эпидемический, социальный и экономический эффект отдельных мероприятий полностью взаимосвязан.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева. А. Е. Метагеномные исследования и диагностика инфекционных заболеваний [Текст] / А. Е. Алексеева, Н. Ф. Бруснигина // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2015. — № 2. — С. 81–89.
2. Арутюнов А. В. Мероприятия проводимые по противозидемической защите: учебное пособие для студентов, КРАСНОДАР 2013
3. Брико Н.И., Покровский В. И., Эпидемиология. «ГЛОТАР-Медиа», М., 2015.
4. Зуева Л.Б., Яфаев Р.Х., Эпидемиология. Санкт-Петербург, 2015.
5. Противозидемические мероприятия в очагах важнейших инфекционных заболеваний: учебное пособие для студентов/ Л. П. Федоровых, С. Н. Орлова, Н. Н. Шибачева, Е. Н. Копышева. — Иваново: ГБОУ ВПО ИвГМА Минздрава России, 2013. — 128 с.
6. Федеральный закон РФ № 52 «О санитарно — эпидемиологическом благополучии на селения РФ», 1999 г.
7. Цыркунов В. М. Инфекционные болезни и профилактика внутрибольничных инфекций/ Учебное пособие по инфекционным болезням и профилактике внутрибольничных инфекций (ВБИ). 2012 г1.

© Сметанин Виктор Николаевич ( smetvn@rambler.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## НАШИ АВТОРЫ

## OUR AUTHORS

**Arunyants G.** — Doctor of Engineering, professor, professor, Kaliningrad State Technical University (KSTU)  
Suro99@mail.ru

**Ayrapetov S.** — Graduate student, Kaliningrad State Technical University (KSTU).  
sergey@kit39.com

**Belalami S.** — Engineer E.T.S. Ltd, postgraduate in the university of mines (St. Petersburg)  
belalamis@mail.ru

**Bochkarev Yu.** — Engineer, Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia  
bocha@d-test.ru

**Borodulin A.** — M.D., cardiovascular surgeon, St.Elizabeth Hospital, St.Petersburg  
docmhc@mail.ru

**Budaragin N.** — National Research Nuclear University "MEPhI"  
n.v.budaragin@gmail.com

**Cherepanov A.** — Ph.D., Associate Professor, Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, Deputy Director of the Center for Work with Enterprises of the URFU  
tchustu@mail.ru

**Drugova M.** — The chief non-staff specialist in preventive medicine, the Ministry of Health of Perm Krai  
medprof2004@mail.ru

**Engaus R.** — The chief freelance angioenerologist, the Ministry of Health of Perm Krai  
engaus@yandex.ru

**Erofeev A.** — PhD, associate professor, Military Medical Academy named after S.M.Kirov, St.Petersburg

**gatagazheva M.** — Candidate of medical Sciences, senior lecturer, Ingush state University

**gatagazheva Z.** — Candidate of medical Sciences, associate Professor, Ingush state University  
Zareta1@list.ru

**Gaynov A.** — Kuban institute of information protection, Krasnodar  
ArturGaynov@mail.ru

**Gumanenko E.** — Post-doctoral degree in medicine, professor, St.Petersburg State University

**Gustun O.** — National Research Nuclear University "MEPhI"  
gustun@gmail.com

**Ivanov S.** — Postgraduate student, Moscow technological University  
Ivanoff1991@mail.ru

**Kabalyk M.** — Pacific State Medical University, Institute of Therapy (Vladivostok)  
maxi\_maxim@mail.ru

**Kalistratov A.** — Bauman Moscow State Technical University  
akalistratov@gmail.com

**Kazmiruk Yu.** — Post-graduate student of the Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk  
Kazmiruk\_Yuriy@mail.ru

**Khanipova E.** — Postgraduate student, Russian state social university (Moscow)  
emolinka@mail.ru

**Koldobskiy V.** — Bauman Moscow State Technical University  
admin@nevergone.ru

**Kolobovnikova D.** — Siberian Federal University  
dariakolobovnikova@gmail.com

**Koriagina N.** — Doctor of Medicine, Associate Professor, the Perm state medical university of a name of academician E.A. Wagner  
nina11-85@mail.ru

**Lepeshkin S.** — Candidate of Technical Sciences, Engineer, LLC Alta Group Factory  
lsn@alta-group.ru

**Lesnikov V.** — The understudy of the chief freelance forensic expert, the Ministry of Health of Perm Krai  
sudmedzona59.3@ya.ru

**Limanov I.** — General manager E.T.S. Ltd

**Luksha S.** — Ryazan State Radio Engineering University  
lukshasergei@yandex.ru

**Malkov D.** — The chief freelance pathologist, the Ministry of Health of Perm Krai  
malkov@yandex.ru

**Maydanyuk E.** — Siberian Federal University  
maidanyuk-evgeni@mail.ru

**Melekhova O.** — The competitor, the Perm state medical university of a name of academician E.A. Wagner  
melekhova@yandex.ru

**Naumov S.** — The chief freelance pathologist, the Ministry of Health of Perm Krai, Drugova M.A.  
san280208@yandex.ru

**Onaynov A.** — The chief freelance forensic expert, the Ministry of Health of Perm Krai  
2771192@mail.ru

**Pesterev S.** — Director, Optical Measuring Systems LLC  
pesterev@d-test.ru

**Petrovskiy E. A.** — Siberian Federal University  
petrovsky\_quality@mail.ru

**Polyakova L.** — Candidate of technical Sciences, associate Professor, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude

**Ponomarev S.** — Deputy Chief Physician for Organizational and Methodological Work, Perm Regional Clinical Hospital  
prh@permonline.ru

**Popova M.** — Laboratory assistant, Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia  
mari.mashapopova@mail.ru

**Pruss B.** — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Russia, Bryansk  
prussbor@gmail.com

**Pukemo M.** — General Director, LLC Alta Group  
2336122@alta-group.ru

**Rodionov P.** — PhD, M.D., cardiovascular surgeon, Klinikum Mutterhaus der Borromaeerinnen, Trier, Germany

**Romanov V.** — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FGBOU VO «Bryansk State Technological University of Engineering», Russia, Bryansk  
vromanov62@mail.ru

**Sapralieva D.** — Candidate of medical Sciences, associate Professor, Ingush state University

**Shelonik A.** — Bauman Moscow State Technical University  
antonshelonik@gmail.com

**Shmyrev V.** — Candidate of Technical Science, Russian state social university (Moscow)  
shmyrevvi@rgsu.net

**Smetanin V.** — The candidate of medical Sciences, associate Professor of Ryazan state medical University.Acad.And.P.Pavlova  
smetvn@rambler.ru

**Smirnov A.** — Bauman Moscow State Technical University  
artem.smirnov@hotmail.com

**Soshenko M.** — Candidate of Technical Science, Russian state social university (Moscow)  
soshenkov@rgsu.net

**Tyshchenko I.** — Laboratory assistant, Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia  
tis-public@yandex.ru

**Uzdenova Z.** — Doctor of medical Sciences, Professor, Kabardino-Balkar state University. After H. M. Berbekov,

**Vakhnin D.** — Laboratory assistant, Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia  
dmitrii.vakhnin@gmail.com

**Voronin T.** — Graduate student, Kaliningrad State Technical University (KSTU).  
voronin.timofey@gmail.com

**Voskresenskaya M.** — Graduate student, Buryat scientific center SB RAS, Ulan-Ude

**Yampilov S.** — Doctor of technical Sciences, Professor, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude  
yampilovss@mail.ru

**Zavodtsev I.** — K.t.s., docent, Kuban institute of information protection, Krasnodar  
nilrs@mail.ru

**Zhigzhitov A.** — Teacher, East-Siberian state University of technologies and management, Ulan-Ude

**Zubkova V.** — Doctor of Biological Sciences, professor, Russian state social university (Moscow)  
vmzubkova@yandex.ru

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

### **За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### **Правила оформления текста.**

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### **Правила написания математических формул.**

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### **Правила оформления графики.**

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).