

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602

ISSN 0236-2910 (Print), 2313-0636 (Online)

Том 26, № 2. 2016

Научный журнал

Основан в январе 1990 г.

Выходит один раз в квартал

16+



Vol. 26, no. 2. 2016

SCHOLARLY JOURNAL

Founded in January 1990

Issued quarterly

ВЕСТНИК МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

MORDOVIA UNIVERSITY BULLETIN

DOI: 10.15507/0236-2910

Учредитель и издатель —
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования «Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет
им. Н. П. Огарёва»

FOUNDER AND PUBLISHER —
Federal
State Budgetary Educational
Institution of
Higher Education
“National Research
Ogarev Mordovia
State University”

E-mail: vestnik_mrsu@mail.ru; **http:** <http://vestnik.mrsu.ru>

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК)

Индексируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ), а также международных базах данных EBSCO, Index Copernicus и ResearchBib

Является членом Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Cross Ref

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС77-54869 от 26.07.2013 г.

Подписной индекс в каталогах агентств «Роспечать» и «МК-периодика» — **70539**

Адрес учредителя, издателя и редакции:
430005, Россия, Республика Мордовия,
г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68
Телефон, факс: +7 (8342) 48-14-24

Founder, publisher and editorial house address:
68, Bolshevistskaya St., 430005, Saransk,
Republic of Mordovia, Russia
Phone, fax: +7 (8342) 48-14-24

© ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», 2016



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Вдовин Сергей Михайлович – *главный редактор*, ректор ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук, gestor@mrsu.ru (Саранск, Россия)

Маргулис Виктор Александрович – *главный научный редактор*, заведующий кафедрой теоретической физики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор физико-математических наук, профессор, margulisva@mrsu.ru (Саранск, Россия)

Полутин Сергей Викторович – *заместитель главного редактора*, директор НИИ регионологии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор социологических наук, профессор, polutin.sergei@yandex.ru (Саранск, Россия)

Гордина Светлана Викторовна – *ответственный секретарь*, кандидат педагогических наук, vestnik_mrsu@mail.ru (Саранск, Россия)

Сенин Петр Васильевич – *научный руководитель*, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Саранск, Россия)

Ватолкина Наталья Шамильевна – *координатор международного совета*, начальник управления международных связей ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук, доцент, kafedra507@yandex.ru (Саранск, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Агеев Фаиль Таипович – руководитель научно-диспансерного отдела НИИ кардиологии им. Мясникова А. Л. ФГБУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

Алексеева Екатерина Иосифовна – заведующий ревматологическим отделением ФГБУ «Научный центр здоровья детей РАМН», декан педиатрического факультета ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава России», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

Анисимов Владимир Николаевич – член-корреспондент Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им. Н. Н. Петрова Росмедтехнологий (Санкт-Петербург, Россия)

Балыкова Лариса Александровна – директор медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)

Дианов Евгений Михайлович – академик Российской академии наук, директор ФГБУН «Научный центр волоконной оптики Российской академии наук, доктор физико-математических наук», профессор (Москва, Россия)

Еровиченков Александр Анатольевич – профессор кафедры инфекционных болезней Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

Ерофеев Владимир Трофимович – член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, декан архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)

Железникова Ольга Евгеньевна – директор Института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)

Игумнов Леонид Александрович – директор Научно-исследовательского института механики, заведующий кафедрой численного моделирования физико-механических процессов механико-математического факультета ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», доктор физико-математических наук, профессор (Нижний Новгород, Россия)

Калашников Владимир Иванович – заведующий кафедрой технологии строительных материалов и деревообработки ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», доктор технических наук, профессор (Пенза, Россия)

Калинин Ариан Павлович – член-корреспондент Российской академии медицинских наук, профессор кафедры эндокринологии ФУВ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

Кечемайкин Владимир Николаевич – директор Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук (Саранск, Россия)

Котляров Андрей Александрович – декан медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет» (МИФИ) Обнинского института атомной энергетики (ИАТЭ), доктор медицинских наук, профессор (Обнинск, Россия)



- Котин Александр Владимирович** – заведующий кафедрой механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)
- Лишманов Юрий Борисович** – член-корреспондент Российской академии медицинских наук, заместитель директора по НИР ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» СО РАМН, доктор медицинских наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-3928-7462, Researcher ID: F-5940-2014, Scopus Author ID: 35611250600 (Томск, Россия)
- Макаров Леонид Михайлович** – руководитель Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России на базе ФГБУЗ ЦДКБ Федерального Медико-Биологического Агентства, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)
- Мидленко Владимир Ильич** – директор Института медицины, экологии и физической культуры ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», доктор медицинских наук, профессор (Ульяновск, Россия)
- Микаева Светлана Анатольевна** – профессор кафедры ПР-4 «Электротехника и электроника» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники», доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)
- Нищев Константин Николаевич** – директор Института физики и химии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
- Прытков Юрий Николаевич** – директор Аграрного института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
- Скрябин Владимир Александрович** – профессор кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», доктор технических наук, профессор (Пенза, Россия)
- Чучаев Иван Иванович** – декан факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
- Ямашкин Анатолий Александрович** – заведующий кафедрой землеустройства и ландшафтного планирования ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор географических наук, профессор (Саранск, Россия)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- Аллахвердиев Сурхай Рагим оглы** – профессор кафедры лесной индустрии Бартынского государственного университета, доктор биологических наук, профессор (Барты, Турция)
- Бобрышев Юрий Вениаминович** – старший научный сотрудник кафедры анатомии медицинского факультета Университета Нового Южного Уэльса, доктор биологических наук, профессор (Сидней, Австралия)
- Булгаков Алексей Григорьевич** – профессор Института строительного дела Дрезденского технического университета, доктор технических наук, профессор (Дрезден, Германия)
- Бурбулис Наталия** – директор Института биологии и биотехнологии растений, научный руководитель лаборатории Агробiotехнологии при Университете им. Александра Стулгинскиса, доктор биомедицинских наук, профессор (Каунас, Литва)
- Ганс Гуски** – член сообщества патологии г. Потсдама, доктор медицинских наук, профессор (Берлин, Германия)
- Духовскис Павел Викентьевич** – заведующий лабораторией физиологии растений Института садоводства и овощеводства Литовского научного центра аграрных и лесных наук, действительный член АН Литвы, хабилированный доктор, профессор (Бабтай, Литва)
- Кусмарцев Федор Васильевич** – декан физического факультета Университета Лафборо, кандидат физико-математических наук (Лафборо, Великобритания)
- Лайко Ирина Михайловна** – старший научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства конопли опытной станции лубяных культур Института сельского хозяйства Северо-востока Национальной академии аграрных наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Глухов, Украина)
- Радованович Милан Милошевич** – высший научный сотрудник Географического института «Јован Свјјис» Сербской академии наук и искусств, доктор географических наук, профессор (Белград, Сербия)
- Сосунов Александр Алексеевич** – Колумбийский университет, департамент нейрохирургии, доктор медицинских наук, профессор (Нью-Йорк, США)



EDITORIAL BOARD

Sergey M. Vdovin – *Editor in chief*, Rector of National Research Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Economics), rector@mrsu.ru (Saransk, Russia)

Viktor A. Margulis – *Science editor in chief*, head of Theoretical Physics chair of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor, margulisva@mrsu.ru (Saransk, Russia)

Sergey V. Polutin – *Deputy editor in chief*, Director of Research Institute of Regional Studies under National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Sociology), professor, polutin.sergei@yandex.ru (Saransk, Russia)

Svetlana V. Gordina – *Executive editor*, Ph.D. (Pedagogy), vestnik_mrsu@mail.ru (Saransk, Russia)

Petr V. Senin – *Scientific supervisor*, vice rector for science and research, Dr.Sci. (Engineering), professor, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Saransk, Russia)

Natalya Sh. Vatolkina – *International council coordinator*, Ph.D. (Economics), head of International Office, docent, kafedra507@yandex.ru (Saransk, Russia)

EDITORIAL COUNCIL

Fail T. Ageyev – head of Research and Prophylaxis division of Myasnikov Cardiology Research Institute of Federal State Institution of Russian Cardiological research-and-production complex of Federal Agency for Public Health and Human Services, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

Yekaterina I. Alekseyeva – head of rheumatologic department of Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Centre of Children Health”, dean of Pediatrics department of Sechenov First Moscow State Medical University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

Vladimir N. Anisimov – member-correspondent of Russian Academy of Sciences, head of Oncogenesis department of Petrov Oncology Research Institute, Dr.Sci. (Medicine), professor (St. Petersburg, Russia)

Larisa A. Balykova – director of Medical Institute of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)

Ivan I. Chuchayev – dean of Mathematics and Information Technology faculty of National Research Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)

Yevgeniy M. Dianov – academician of Russian Academy of Sciences, director of Fiber Optics Research Center of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Moscow, Russia)

Leonid A. Igumnov – director of Research Institute of Mechanics, head of Numerical Simulation of Physical and Mechanical Processes chair of Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Nizhniy Novgorod, Russia)

Vladimir I. Kalashnikov – head of Construction Material Technology and Woodwork chair of Penza State University of Architecture and Building, Dr.Sci. (Engineering), professor (Penza, Russia)

Arian P. Kalinin – member-correspondent of Russian Academy of Medical sciences, professor of Endocrinology chair of Moscow Regional Clinical Research Institute “MONIKI”, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

Vladimir N. Kechemaykin – director of Ruzayevka campus of National Research Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Economy) (Saransk, Russia)

Aleksandr V. Kotin – head of Mechanization of Agriproduct Processing of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)

Andrey A. Kotlyarov – dean of Medical faculty of National Research Nuclear University MEPhI, Dr.Sci. (Medicine), professor (Obninsk, Russia)

Yuriy B. Lishmanov – member-correspondent of Russian Academy of Medical sciences, deputy director of Federal State Budgetary Scientific Institution “Research Institute for Cardiology”, Dr.Sci. (Medicine), professor, ORCID ID: 0000-0002-3928-7462, Researcher ID: F-5940-2014, Scopus Author ID: 35611250600 (Tomsk, Russia)

Leonid M. Makarov – head of Syncopal conditions and Cardiac Arrhythmia in Children and Juveniles of Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

Vladimir I. Midlenko – director of Medicine, Ecology and Physical Education of Ulyanovsk State University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Ulyanovsk, Russia)



Svetlana A. Mikayeva – professor of Electrotechnics and Electronics chair of Moscow State University of Instrument Engineering and Computer Science, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)

Konstantin N. Nishchev – director of Institute of Physics and Chemistry of National Research Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)

Yuriy N. Prytkov – director of Institute of Agriculture of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)

Vladimir A. Skryabin – professor Machine Engineering Technology chair of Penza State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Penza, Russia)

Anatoliy A. Yamashkin – head of Land Utilization and Landscape Design chair of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Geography), professor (Saransk, Russia)

Vladimir T. Yerofeyev – member-correspondent of Russian Academy of architecture and Construction sciences, dean of Architectural And Civil Engineering faculty of National Research Ogarev Mordovia State University, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)

Aleksandr A. Yarovichenkov – professor of Infectious Diseases chair of Sechenov First Moscow State Medical University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)

Olga Ye. Zheleznikova – director of Institute of Electronics and Light Engineering of National Research Ogarev Mordovia State University, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Surhay Allahverdi – head of Forest Industry chair of Bartin University, Dr.Sci. (Biology), professor (Bartın, Turkey)

Yuriy V. Bobryshev – senior research associate of School of Medical, Faculty of Medicine, University of New South Wales, Dr.Sci. (Biology), professor (Sydney, Australia)

Aleksey G. Bulgakov – professor of Faculty of Architecture of Dresden University of Technology, Dr.Sci. (Engineering), professor (Dresden, Germany)

Natalya Burbulis – director of Institute of Rural Culture, research adviser of Agrobiotechnology laboratories of Aleksandras Stulginskis University, Dr.Sci. (Medicine), professor (Kaunas, Lithuania)

Gans Guski – Potsdam Pathology community member, Dr.Sci. (Medicine), professor (Berlin, Germany)

Pavel V. Duchovskis – head of Plant Physiology Laboratories of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, fellow of Lithuanian Academy of sciences, Dr. habil., professor (Babtai, Lithuania)

Fedor V. Kusmartsev – dean of Institute Physics Loughborough University, Ph.D. (Phys.-Math.) (Loughborough, Great Britain)

Irina M. Layko – senior research associate, head of Hemp Breeding and Seedage of experimental station of textile plants of Institute of Bast Crops of the National Academy of (Agricultural) of Ukraine, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Glukhov, Ukraine)

Milan M. Radovanovich – director of Geographic institute “Jovan Cvijic” of Serbian academy of sciences and arts, Dr.Sci. (Geography) professor (Belgrad, Serbia)

Aleksandr A. Sosunov – Columbia University, department of neurosurgery, Dr.Sci. (Medicine), professor (New York, USA)

**ИНСТИТУТ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ПУБЛИКАЦИЙ****Медицина**

Балашов Владимир Павлович, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Бибнева Тамара Николаевна, кандидат медицинских наук (Москва, Россия)
Власов Алексей Петрович, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Герасимова Наталья Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Гончарова Людмила Никитична, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Давыдкин Василий Иванович, кандидат медицинских наук, доцент (Саранск, Россия)
Еремина Елена Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Инчина Вера Ивановна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Камаев Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Нижегород, Россия)
Кораблева Наталья Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент (Сыктывкар, Россия)
Лежанкина Нина Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Мозеров Сергей Алексеевич, доктор медицинских наук, профессор (Обнинск, Россия)
Моисеева Инесса Яковлевна, доктор медицинских наук, профессор (Пенза, Россия)
Мосина Лариса Михайловна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Новикова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Павелкина Вера Федоровна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Пиксин Иван Никифорович, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Плотникова Надежда Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор (Саранск, Россия)
Степаненко Ирина Семеновна, кандидат медицинских наук, доцент (Саранск, Россия)
Сухоруков Владимир Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)
Ураков Александр Львович, доктор медицинских наук, профессор (Ижевск, Россия)

Биология

Девяткин Аркадий Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент (Саранск, Россия)
Кадималиев Давуд Али оглы, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Кузнецов Вячеслав Александрович, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Лукаткин Александр Степанович, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Силаева Татьяна Борисовна, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Трофимов Владимир Александрович, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Шляхтин Геннадий Викторович, доктор биологических наук, профессор (Саратов, Россия)

Математика, физика и химия

Андреев Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор (Ульяновск, Россия)
Васин Виктор Алексеевич, доктор химических наук, профессор (Саранск, Россия)
Зюзин Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)
Логунин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)
Рябочкина Полина Анатольевна, доктор физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
Смолянов Андрей Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
Томилин Олег Борисович, кандидат химических наук, доцент (Саранск, Россия)
Шорохов Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
Щенников Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор (Саранск, Россия)

Технические науки

Амелькина Светлана Анатольевна, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Аширатов Альберт Аббасович, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Богатов Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Горбунов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Животовский Григорий Альбертович, доктор технических наук, доцент (Нижегород, Россия)
Ивлиев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Камаев Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор (Волгоград, Россия)
Коваленко Ольга Юрьевна, доктор технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Кокинов Андрей Михайлович, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)
Кудачев Сергей Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)
Митин Эдуард Валерьевич, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Панфилов Степан Александрович, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)
Римшин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)
Федоренко Анатолий Степанович, доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)
Чугунов Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)
Шичков Леонид Петрович, доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

Науки о Земле. Сельскохозяйственные науки

Вельматов Анатолий Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Емельянов Сергей Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Саранск, Россия)
Еряшев Александр Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Зенкин Александр Сергеевич, доктор биологических наук, профессор (Саранск, Россия)
Ивойлов Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Каверин Александр Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Масляев Валерий Николаевич, кандидат географических наук, доцент (Саранск, Россия)
Матяев Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Носонов Артур Модестович, доктор географических наук, доцент (Саранск, Россия)
Смолин Николай Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)
Тельцов Леонид Петрович, доктор естественных наук, профессор (Саранск, Россия)



INSTITUTE OF PUBLICATIONS PEER REVIEWING

Medicine

Vladimir Balashov, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)
 Tamara Bebneva, Ph.D. (Medicine) (Moscow, Russia)
 Vasily Davydkin, Ph.D. (Medicine), docent (Saransk, Russia)
 Natalya Gerasimova, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Lyudmila Goncharova, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Vera Inchina, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Igor Kamayev, Dr.Sci. (Medicine), professor (Nizhniy Novgorod, Russia)
 Natalya Korableva, Ph.D. (Medicine), docent (Syktyvkar, Russia)
 Nina Leshchankina, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Inessa Moiseyeva, Dr.Sci. (Medicine), professor (Penza, Russia)
 Larisa Mosina, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Sergey Mozerov, Dr.Sci. (Medicine), professor (Obninsk, Russia)
 Lyudmila Novikova, Ph.D. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Vera Pavelkina, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Ivan Piskin, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Nadezhda Plotnikova, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Irina Stepanenko, Ph.D. (Medicine), docent (Saransk, Russia)
 Vladimir Sukhorukov, PDr.Sci. (Medicine), professor (Moscow, Russia)
 Aleksandr Urakov, Dr.Sci. (Medicine), professor (Izhevsk, Russia)
 Aleksey Vlasov, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)
 Yelena Yeremina, Dr.Sci. (Medicine), professor (Saransk, Russia)

Biology

Arkadiy Devyatkin, Ph.D. (Biology), docent (Saransk, Russia)
 Davud Kadimaliyev, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)
 Vyacheslav Kuznetsov, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)
 Aleksandr Lukatkin, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)
 Gennadiy Shlyakhtin, Dr.Sci. (Biology), professor (Saratov, Russia)
 Tatyana Silayeva, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)
 Vladimir Trofimov, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)

Mathematics, Physics and Chemistry

Aleksandr Andreyev, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Ulyanovsk, Russia)
 Mikhail Logunov, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)
 Polina Ryabochkina, Dr.Sci. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)
 Vladimir Shchennikov, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)
 Aleksey Shorokhov, Dr.Sci. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)
 Andrey Smolyanov, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)
 Oleg Tomilin, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)
 Viktor Vasin, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)
 Aleksandr Zyuzin, Dr.Sci. (Phys.-Math.), professor (Saransk, Russia)

Engineering science

Svetlana Amelkina, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Albert Ashryatov, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Andrey Bogatov, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Mikhail Chugunov, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Anatoliy Fedorenko, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)
 Aleksey Gorbunov, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Sergey Ivliyev, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Valeriy Kamayev, Dr.Sci. (Engineering), professor (Volgograd, Russia)
 Andrey Kokinov, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)
 Olga Kovalenko, Dr.Sci. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Sergey Kudayev, Ph.D. (Phys.-Math.), docent (Saransk, Russia)
 Eduard Mitin, Ph.D. (Engineering), docent (Saransk, Russia)
 Stepan Panfilov, Dr.Sci. (Engineering), professor (Saransk, Russia)
 Vladimir Rimshin, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)
 Leonid Shichkov, Dr.Sci. (Engineering), professor (Moscow, Russia)
 Grigoriy Zhivotovskiy, Dr.Sci. (Engineering), docent (Nizhniy Novgorod, Russia)

Earth science. Agricultural science

Aleksandr Ivoylov, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Aleksandr Kaverin, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Valeriy Maslyayev, Ph.D. (Geography), docent (Saransk, Russia)
 Vladimir Matyayev, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Artur Nosonov, Dr.Sci. (Geography), docent (Saransk, Russia)
 Nikolay Smolin, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Leonid Teltsov, Nat. Sc. Dr., professor (Saransk, Russia)
 Anatoliy Velmatov, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Sergey Yemelyanov, Ph.D. (Agriculture), docent (Saransk, Russia)
 Aleksandr Yeryashev, Dr.Sci. (Agriculture), professor (Saransk, Russia)
 Aleksandr Zenkin, Dr.Sci. (Biology), professor (Saransk, Russia)



Научный журнал «Вестник Мордовского университета»

принимает не опубликованные ранее научные статьи и дискуссионные материалы научного характера (а также хронику, рецензии и обзоры) кандидатов и докторов наук, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов (в соавторстве).

Наименование и содержание рубрик журнала соответствуют отраслям науки и группам специальностей научных работников, согласно Номенклатуре специальностей научных работников:

01.04.00 Физика

05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

14.01.00 Клиническая медицина

14.03.00 Медико-биологические науки

Журнал осуществляет научное рецензирование (двустороннее слепое) всех поступающих в редакцию материалов с целью экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в издательстве и редакции в течение 5 лет.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ.

Редакция журнала направляет копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении соответствующего запроса.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК).

Журнал индексируется в базах данных:

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

EBSCO

Index Copernicus

ResearchBib

Журнал является членом Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Cross Ref

Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная





“Mordovia University Bulletin” journal

accepts scholarly articles and debatable academic materials not published before from holders of the following degrees: Ph.D., Dr.Sci., lecturer, post-graduate student and senior student (co-authored).

The titles and contents of the journal sections correspond to fields of science and specialty groups of scientists, according to the Nomenclature of scientific specialties:

- 01.04.00 Physics
- 05.13.00 Computer Science and Computer Facilities and Management
- 05.20.00 Agroengineering System Processes and Machines
- 14.01.00 Clinical Medicine
- 14.03.00 Medicobiological Sciences

All reviewers are acknowledged experts in the areas they are responsible for. Reviews are stored in the publishing house and publishing office during 5 years.

Editorial staff sends to the authors of the submitted materials copies of reviews or a substantiated refusal.

Editorial staff of the journal forwards copies of reviews in Ministry of Education and Science of the Russian Federation by request.

The journal is included in the “List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, where should be published the main results of dissertations for the degrees of Doctor and Candidate of sciences” (list of VAK).

The journal is indexed by databases:
Russian Science Citation Index (RSCI)
EBSCO
Index Copernicus
ResearchBib

The journal is a member of Cross Ref and ASEP

All the materials of the “Mordovia University Bulletin” journal are available under Creative Commons “Attribution” 4.0 license





СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Аксенова С. В., Малькина М. В., Седойкина А. В.	
Исходы герпетических кератитов в зависимости от иммунного статуса пациентов	160
Балыкова Л. А., Гарина С. В., Назарова И. С., Буренина Л. В. Оценка	
эффективности применения Элькара (L-карнитина) у недоношенных новорожденных	168
Уланова Т. В., Инчина В. И., Русейкин Н. С., Худойкина С. В., Романова Э. В.	
Исследование влияния новых производных 3-гидроксипиридина	
и препаратов сравнения на выживаемость и некоторые биохимические показатели крови	
белых крыс при экспериментальном диабете	180
Блинов Д. С., Смирнова О. А., Чернова Н. Н., Балыкова О. П., Ляпина С. А.	
Результаты анализа состава тела студентов методом биоимпедансометрии	192
Чашина Ж. В. Правило правдивости и «святая ложь» в современной медицине	203

ФИЗИКА

Хамуда С. А. Комптоновская гамма-спектроскопия вольфрама	
с использованием гамма-излучения 662 КэВ	211
Скворцов А. Н., Савельев А. П., Пьянзов С. В.	
Оценка акустического загрязнения селитебной территории в г. Саранске	218

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Скрябин В. А. Этапы обработки при восстановлении запорных деталей	
трубопроводной арматуры	228
Купряшкин В. Ф., Наумкин Н. И., Купряшкин В. В. Исследование устойчивости	
движения подвижного модуля экспериментальной установки при испытании	
активных ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин	246
Шабарин А. А., Шабарин А. А., Водяков В. Н. Получение биоразлагаемых	
композиционных материалов на основе полиэтилена и функционализированного	
методом алкоголиза сополимера этилена с винилацетатом	259

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Романенко А. В. Некоторые аспекты информатизации управления	
производственной системой на базе матричной модели	269



CONTENTS

MEDICAL SCIENCES

Aksenova S. V., Malkina M. V., Sedoykina A. V. Herpetic keratitis outcomes depending on immune status of patients	160
Balykova L. A., Garina S. V., Nazarova I. S., Burenina L. V. Evaluating the effectiveness of Elkar (L-carnitine) in premature infants	168
Ulanova T. V., Inchina V. I., Ruseykin N. S., Khudoykina S. V., Romanova E. V. Investigation of the effect of new derivatives of 3-hydroxypyridine and reference drugs on the survival and some biochemical parameters of blood of white rats with experimental diabetes	180
Blinov D. S., Smirnova O. A., Chernova N. N., Balykova O. P., Lyapina S. A. The results of the analysis of the students' body composition by bioimpedance method	192
Chashina Zh. V. The rule of truth and "white lie" in modern medicine	203

PHYSICS

Hamouda S. A. Gamma-ray compton spectroscopy of tungsten using 662 KeV gamma-ray radiation	211
Skvortsov A. N., Savelyev A. P., Pyanzov S. V. Evaluation of noise pollution residential areas in Saransk	218

TECHNICAL SCIENCES

Skryabin V. A. The processing steps in the renew of plug-forming details of pipeline fittings	228
Kupryashkin V. F., Naumkin N. I., Kupryashkin V. V. Stability of motion of mobile module of experimental setup in the study of active rotary working of machines for soil treatment	246
Shabarin A. A., Shabarin A. A., Vodyakov V. N. Manufacturing biodegradable composite materials based on polyethylene and functionalized by alcoholysis of ethylene-vinyl acetate copolymer	259

COMPUTER SCIENCE AND MANAGEMENT

Romanenko A. V. About the informatization managing of the production system based on the matrix model	269
---	-----

ИСХОДЫ ГЕРПЕТИЧЕСКИХ КЕРАТИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИММУННОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ

С. В. Аксенова, М. В. Малькина, А. В. Седойкина
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. Герпетические кератиты занимают важное место в инфекционной патологии глаз и остаются одной из актуальных проблем офтальмологии, поражая несколько млн чел. в год. Отсутствие надежных способов борьбы с офтальмогерпесом диктует необходимость поиска оптимальных способов лечения больных, что побудило нас к проведению настоящего исследования.

Цель исследования – оценить влияние стандартной схемы лечения герпетического кератита на параметры иммунологического статуса пациента.

Материалы и методы. В ходе исследования были обследованы и пролечены 15 пациентов (15 глаз) с герпетическим кератоувеитом. Контрольную группу составили 20 здоровых человек сходного возраста (20 глаз). Сравнительная оценка клинического и иммунологического статуса пациентов проводилась до и после проведенной стандартной терапии.

Результаты исследования. При изучении иммунологических показателей обследованных было выявлено повышение количества лейкоцитов, лимфоцитов, поглощательной способности нейтрофилов, НСТ-активных нейтрофилов, ЦИК у больных герпетическим кератитом при обострении заболевания, однако также было отмечено снижение количества ТФР- и ТФЧ-клеток с хелперной и супрессорной активностью. В процессе лечения иммунологические показатели несколько нормализовались, но были выше контрольного значения.

Обсуждение и заключения. Исследование показало, что базовая терапия не обеспечивает нормализации клеточных показателей иммунного статуса даже при клиническом выздоровлении, в результате чего сохраняется способность клеток поддерживать местный воспалительный очаг, затруднять процессы регенерации, способствовать хронизации и рецидивированию герпетического кератита. Эти обстоятельства приводят к необходимости изменения программы лечения больных с данной патологией и введению в рекомендуемый комплекс препаратов антиоксидантного и иммуномодулирующего типа действия.

Ключевые слова: офтальмогерпес, кератоувеит, вирус простого герпеса, местный иммунитет, клеточный иммунитет, помутнение роговицы, базовая терапия

Для цитирования: Аксенова С. В., Малькина М. В., Седойкина А. В. Исходы герпетических кератитов в зависимости от иммунного статуса пациентов // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 160–167. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.160-167



HERPETIC KERATITIS OUTCOMES DEPENDING ON IMMUNE STATUS OF PATIENTS

S. V. Aksenova, M. V. Malkina, A. V. Sedoykina

*National Research Ogarev Mordovia State University
(Saransk, Russia)*

Introduction. Herpetic keratitis with the formation frequency of several million patients a year occupy an important place in infectious pathology of the eye and remain one of actual problems of ophthalmology. The lack of reliable ways of dealing with ophthalmic herpes dictates the necessity of finding optimal ways to treat patients, what prompted us to conduct this research.

Purpose of the study. To evaluate the effect of the standard treatment regimen herpetic keratitis on the parameters of the immune status of the patient.

Materials and Methods. We examined and treated 15 patients (15 eyes) with herpetic keratouveitis. The control group consisted of 20 healthy people of similar age (20 eyes). Comparative evaluation of clinical and immunological status of patients conducted before and after standard therapy.

Results. In the study of these immunological parameters of examinees were detected increase in the number leucocytes, lymphocytes, neutrophils absorbency, HCT-activity of neutrophils, the CIC in patients with herpetic keratitis during exacerbation of the disease, however, a decrease amount of TFR and TFS cells with helper and suppressor activity. During treatment immunological parameters have normalized somewhat, but were higher than the reference value.

Discussion and Conclusions. The research showed that the base therapy does not provide normalization of cellular immune status even when clinical recovery, with the result that retained the ability of cells to maintain local inflammatory focus, complicate the regeneration process, promote chronicity and recurrence of the herpetic keratitis. These facts make it necessary to change the program of treatment of patients with this pathology and introduce the recommended range of products such as antioxidant and immunomodulatory activities.

Keywords: ophthalmoherpes, keratouveit, herpes simplex herpes, local immunity, cellular immunity, corneal opacity, basic therapy

For citation: Aksenova SV, Malkina MV, Sedoykina AV. Herpetic keratitis outcomes depending on immune status of patients. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):160-167. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.160-167

Введение

Многочисленные исследования герпетических заболеваний и их влияния на иммунитет широко представлены в литературе. Однако несмотря на достигнутые успехи в изучении офтальмогерпеса, одной из самых обсуждаемых проблем является поиск рациональных подходов к его лечению. В России ежегодно обращаются к офтальмологам от 100 000 до 300 000 больных с различными формами офтальмогерпеса [1–2]. Герпетический кератит – заболевание, ставшее в странах умеренного пояса одной из ведущих причин инвалидизирующих по-

мутнений роговицы и роговичной слепоты [3]. С вирусом простого герпеса связано 66,6 % всех случаев патологии роговицы, 55,1 % – ее язвенных поражений и > 60 % – роговичной слепоты [4]. В настоящее время герпетические кератиты широко распространены из-за склонности к рецидивам (в 50–80 % случаев), трудностей в лечении и нередко – тяжелых последствий [5]. Заболеваемость герпетической инфекцией увеличивается с возрастом, и анти-HSV антитела обнаруживаются у 88 % лиц в возрасте 40 лет [4; 6]. В патогенезе рецидивирующей инфекции вируса простого герпеса (ВПГ)

ведущую роль играют нарушения в системе иммунитета, которые при ВПГ носят неоднородный характер и требуют дифференциального подхода к их коррекции [1; 7–8]. Значительные успехи были достигнуты в выявлении ключевых иммунных медиаторов, которые контролируют глазные герпетические инфекции и потенциально вирусную реактивацию [6; 9–10]. Так, например, исследования показали значимость CD4 Т-клеток и их цитокинов Th1 в возникновении герпетического кератита. Было отмечено, что при рецидивирующем течении кератита важную роль играют лимфоциты CD8, ЦИК [3; 11–13]. Иммунные нарушения и дисфункции в системе цитокинов оказывают серьезное влияние на возникновение хронизации и рецидивирования герпетического кератита. Однако эти вопросы еще далеки от полного и окончательного решения.

Цель исследования – оценить влияние стандартной схемы лечения герпетического кератита на параметры иммунологического статуса пациента.

Материалы и методы

В ходе исследования были обследованы и пролечены 15 пациентов (15 глаз) с герпетическим кератоувеитом (ГК), из них 12 мужчин (80 %) и 3 женщины (20 %). Возраст больных – от 25 до 63 лет. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом. У 12 больных (80 %) наблюдались рецидивы офтальмогерпеса, у 3 (20 %) заболевание возникло впервые. ГК у больных проявлялся в двух формах: поверхностной эпителиальной и глубокой, в виде стромального кератоувеита без изъязвления. Сравнительная оценка клинического и иммунологического статуса пациентов проводилась до и после проведенной стандартной противовирусной терапии (15 глаз). Контрольную группу составили 20 здоровых человек сходного возраста (20 глаз). При постановке диагноза пациентам оценивали прозрачность роговицы, наличие

и характеристику инфильтратов на ней, остроту зрения с коррекцией, периметрию. Иммунологическое обследование с оценкой иммунного статуса, определяющего состояние фагоцитарного, клеточного и гуморального звеньев, включало определение количества лейкоцитов, относительного и абсолютного содержания нейтрофилов и лимфоцитов, абсолютного и относительного количества Т- и В-лимфоцитов, субпопуляции Т-лимфоцитов, уровня Ig M, Ig G и Ig A, фагоцитарной активности нейтрофилов, количества активных нейтрофилов в спонтанном НСТ-тесте и Е-розеткообразующих нейтрофилов, а также уровня циркулирующих иммунных комплексов и комплемента.

Результаты исследования

При клинической оценке эффективности лечения больных были выявлены следующие результаты. У 86,6 % больных была диагностирована поверхностная эпителиальная форма ГК, у 13,4 % наблюдалась глубокая форма в виде стромального кератита без изъязвления. Острота зрения у 40 % больных составляла 0,1–0,2; у 13,3 % – от 0,3 до 0,4; у 33,7 % – от 0,5 до 0,6. После проведенного лечения по стандартной схеме у пациентов отмечалось значительное повышение остроты зрения, и уже у 60 % больных она составляла 0,5–0,6. Также наблюдалось увеличение прозрачности роговицы и рассасывание воспалительных инфильтратов на ней, уменьшалась выраженность явлений кератоувеита.

При изучении среднестатистических данных иммунологических показателей обследованных было выявлено повышение количества лейкоцитов у больных ГК при обострении заболевания по сравнению со здоровыми лицами, что составило $8,3 \pm 0,54 \times 10^6$ в 1 л ($p < 0,05$). Следует отметить, что у 10 % больных наблюдалась лейкопения, а у 40 % – существенное повышение количества лейкоцитов перифе-



рической крови. После проведенного комплексного лечения у больных наблюдалась нормализация данного показателя, а также был отмечен иммуномодулирующий эффект проводимой терапии ($p < 0,05$). Уровень нейтрофилов у больных ГК резко снизился по сравнению со здоровыми лицами ($p < 0,01$) и составил $49,9 \pm 1,98$ % (в процессе лечения данный показатель не отличался от первоначального уровня). Изучение поглотительной способности нейтрофилов выявило ее повышение у больных при обострении заболевания ($p < 0,05$). При этом у 60 % пациентов имело место существенное повышение активности фагоцитоза (от 72 до 96 %). В процессе лечения поглотительная активность нейтрофилов снижалась и в конце курса не отличалась от контрольного значения ($p < 0,05$). Число Е-розеткообразующих нейтрофилов составило $39,4 \pm 3,04$, что существенно превышает контрольные значения ($p < 0,01$). После проведенного лечения число нейтрофилов с Е-рецепторами продолжало оставаться высоким и составило $42,6 \pm 6,12$, т. е. практически не происходило нормализации данного показателя в процессе лечения.

У всех больных ГК отмечалось увеличение количества НСТ-активных нейтрофилов, в среднем до $52,1 \pm 7,11$. После проведенного лечения данный показатель снижался, но оставался выше контрольных значений ($p < 0,05$). Увеличение количества НСТ-активных нейтрофилов сопровождалось повышенным образованием нейтрофилами активных форм кислорода, что отразил такой показатель, как СЦК. У больных он в 6 раз превышал контрольное значение ($p < 0,01$). Проводимая комплексная терапия не снижала метаболическую активность нейтрофилов и образование ими активных форм кислорода. Перед выпиской из стационара СЦК составил $0,61 \pm 0,11$ усл. ед.

Изучение абсолютного количества лимфоцитов показало, что у больных наблюдалось некоторое его повышение в острый период заболевания. В процессе лечения данный показатель снижался, но был выше контрольного значения и составил $286,7 \pm 44,6$ и $215 \pm 52,0$ соответственно ($p > 0,05$). Уровень Ig M имел тенденцию к повышению в острый период заболевания. Следует отметить, что у 30 % пациентов данный показатель был выше контрольного значения, а у 20 %, наоборот, – ниже. У данных больных имело место сочетание обострения офтальмогерпеса с лабиальным и повышенной чувствительности к респираторным вирусным инфекциям. После проведенного комплексного лечения уровень Ig M сохранялся на верхней границе нормы и у 70 % больных наблюдалась нормализация данного показателя. У 20 % значения Ig M в 2–6 раз превышали контрольный уровень. Уровень Ig G у больных ГК до и после лечения существенно не отличался от нормальных значений. При этом у 40 % больных уровень Ig G соответствовал нижним границам нормы, а у 50 % – верхним. В процессе лечения уровень Ig G поднимался до средних значений нормы и только у одного больного был на нижней ее границе. Следует отметить, что у данного пациента уровни Ig G до и после лечения не отличались друг от друга. Этот больной страдал первичным ГК с длительным течением, и проводимое лечение не давало видимого положительного эффекта. Кроме этого, у него отмечалась неадекватная реакция В-системы иммунитета без повышения уровня Ig G, M и A, которое обычно имеет место в острой стадии воспалительного процесса.

Содержание Ig A у больных ГК до и после лечения также по средним значениям не отличалось от нормы: $205,5 \pm 27,1$ мг, $203,14 \pm 28,8$ мг и $203,0 \pm 25,2$ мг соответственно ($p > 0,05$). Изучение ин-

дивидуальных показателей у больных показало, что только у одного пациента имело место существенное повышение сывороточного иммуноглобулина А, что косвенно отражает активность местного воспалительного процесса. У 20 % больных отсутствовала реакция со стороны Ig А на воспалительный процесс в роговице. Следует отметить, что после лечения у двух пациентов отмечались низкие значения Ig А, что, очевидно, свидетельствует о наличии у них селективной недостаточности иммуноглобулинов данного класса.

У больных ГК в острую фазу заболевания отмечали повышение уровней ЦИК крупных, средних и мелких размеров ($p < 0,05-0,01$). При этом у 40 % больных отмечалось повышение крупных, у 80 % – средних и у 90 % – мелких иммунных комплексов. После проведенного лечения отмечалось снижение уровня иммунных комплексов, циркулирующих в крови больных, особенно это касалось ЦИК средних и мелких размеров. И только у 20 % больных имело место повышение содержания ЦИК средних и мелких размеров. Однако у 70 % больных после курса лечения продолжал оставаться повышенным уровень мелких ИК. Этот факт может свидетельствовать о сохранении активности воспалительного процесса, что подтверждают и данные изучения поглотительной и метаболической активности нейтрофилов.

Относительное количество Т-лимфоцитов у больных снижалось по сравнению со здоровыми лицами: $54,5 \pm 6,25$ и $70,4 \pm 45,61$ соответственно ($p < 0,05$). Т-лимфопения наблюдалась у 70 % пациентов. После курса лечения данный показатель продолжал снижаться, и у 90 % больных был ниже нормы ($p < 0,05$). В острую фазу заболевания отмечалась тенденция к повышению числа Т-лимфоцитов, после лечения этот показатель снижался и был даже ниже значения у здоровых лиц. Такое содержание Т-лимфо-

цитов у больных ГК отражает их низкую резистентность к герпесвирусной инфекции.

Изучение ТФР- и ТФЧ-клеток с хелперной и супрессорной активностью показало, что у больных в 2 раза снижено содержание ТФР-лимфоцитов по сравнению с нормой ($p < 0,01$). Обращает на себя внимание тот факт, что у 50 % больных имело место резкое снижение или отсутствие данного типа клеток. Такое состояние сохранялось в динамике заболевания и после проведенного лечения: количество ТФР-лимфоцитов оставалось на низком уровне. Данное обстоятельство свидетельствует о нарушении хелперной активности Т-лимфоцитов, приводящем к неполноценному развитию противогерпетического антивирусного иммунитета. Одновременно у больных наблюдалось уменьшение количества ТФЧ-клеток с супрессорной активностью как до, так и после лечения ($p < 0,01$), что способствовало развитию иммунопатологических реакций, поддерживающих воспалительный процесс. Можно говорить о нарушении у пациентов иммунорегуляторных процессов, о чем свидетельствуют также изменения иммунорегуляторного индекса (ТФР/ТФЧ) у больных ГК.

Обсуждение и заключения

В результате исследования у больных ГК была выявлена дисфункция нейтрофилов: снижение их количества сопровождается повышением поглотительной и метаболической активности с образованием активных форм кислорода; также имеют место определенные изменения в В-системе иммунитета, выявляемые при динамическом наблюдении больных. Снижение иммунорегуляторных процессов способствует развитию повышенной чувствительности данной категории больных к вирусной инфекции герпетической этиологии. Проводимое стандартное лечение не вызывает нормализации функций гуморального и клеточного



иммунитета, в результате чего сохраняется способность клеток к образованию и выделению активных форм кислорода, что, очевидно, поддерживает местный воспалительный очаг, препятствует процессам регенерации, способствует хронизации и рециди-

вированию ГК. Эти обстоятельства приводят к необходимости изменения программы лечения больных с данной патологией и введения в рекомендуемый комплекс препаратов антиоксидантного и иммуномодулирующего типа действия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каспаров А. А., Воробьева О. К., Каспаров Е. А. Современные аспекты лечения офтальмогерпеса // Вестник РАМН. 2003. № 2. С. 44–49. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=88023>.
2. Мальханов В. Б., Шевчук Н. Е., Марванова З. Р. Количественная характеристика субпопуляций лимфоцитов крови при офтальмогерпесе // Вопросы вирусологии. 2003. № 5. С. 38–41. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=98490>.
3. Bismas P. S., Rouse B. T. Early events in HSV keratitis – setting the stage for a blinding disease // Microbes infect. 2005. Vol. 7, No. 4. P. 799–810. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15857807>.
4. Novak N., Peng W. M. Dancing with the enemy: the interplay of herpes simplex virus with dendritic cells // Clinical and Experimental Immunology. 2005. Vol. 142, No. 3. P. 405–410. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16297150>.
5. Камилов Х. М., Файзиева У. С., Гулямова М. Д. Клинико-лабораторные особенности герпес-вирусных микст-инфекций глаза // Вестник офтальмологии. 2005. № 4. С. 139–143. URL: http://www.rmj.ru/articles/oftalmologiya/Klinikolaboratornye_osobennosti_gerpes-virusnyh_mikstinfekciy_glaza.
6. Майчук Ю. Ф. Селективная противовирусная иммуномодулирующая терапия при герпетических кератитах // Клиническая медицина. 2001. № 9. С. 70–71. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=64072>.
7. Rolinski J., Hus I. Immunological aspects of acute and recurrent herpes simplex keratitis // Journal of Immunology Research. 2014. 9 p. URL: <http://www.hindawi.com/journals/jir/2014/513560>.
8. Tullio A. Pathogenesis and management of herpes simplex virus keratitis // Eye. 2003. Vol. 17. P. 919–922. DOI: 10.1038/sj.eye.6700564
9. Каспаров А. А., Каспарова Е. А., Павлюк А. С. Локальная экспресс-аутоцитокинотерапия (комплекс цитокинов) в лечении вирусных и невирусных поражений глаз // Вестник офтальмологии. 2004. № 1. С. 29–32. URL: http://www.oor.ru/spc/?vestopha_7.
10. Carr D. J., Härle P., Gebhardt B. M. The immune response to ocular herpes simplex virus type 1 infection // Exp. Biol. Med. 2001. Vol. 226, No. 5. P. 353–366. URL: <http://ebm.sagepub.com/content/226/5/353.abstract>.
11. Bystander activation involving T lymphocytes in herpetic stromal keratitis / S. Deshpande [et al.] // Journal of Immunology Research. 2011. Vol. 167, No. 5. P. 2902–2910. URL: <http://www.jimmunol.org/content/167/5/2902.full.pdf>.
12. Both CD4 and CD8 T cells are involved in protection against HSV-1 induced corneal scarring / H. Ghiasi [et al.] // Br. J. Ophthalmol. 2000. Vol. 84, No. 4. P. 408–412. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10729300>.
13. CD8 T cells mediate transient herpes stromal keratitis in CD4-deficient mice / A. J. Lepisto [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2006. Vol. 47, No. 8. P. 3400–3409. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16877409>.

Поступила 19.12.2015; принята к публикации 18.01.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Аксенова Светлана Владимировна, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), доктор медицинских наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-0186-5044**, aksenova05@rambler.ru

Малькина Марина Валериевна, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), **ORCID: orcid.org/0000-0002-2387-7097**, Marina.prizh@mail.ru

Седойкина Анастасия Владимировна, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсами травматологии и ортопедии, глазных болезней, стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), **ORCID: orcid.org/0000-0001-9969-2075**, sedojkina83@mail.ru

REFERENCES

1. Kasparov AA, Vorobyeva OK, Kasparov YeA. Sovremennyye aspekty lecheniya oftalmogerpesa [Modern aspects of treatment of ophthalmogerpese]. *Vestnik RAMN* = Bulletin of Russian AMS. 2003; 2:44-49. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=88023>. (In Russ.)
2. Malkhanov VB, Shevchuk NYe, Marvanova ZR. Kolichestvennaya kharakteristika subpopulyatsii limfotsitov krovi pri oftalmogerpese [Quantitative characterization of blood lymphocyte subpopulations in ophthalmogerpese]. *Voprosy virusologii* = Problems of virology. 2003; 5:38-41. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=98490>. (In Russ.)
3. Bismas PS, Rouse BT. Early events in HSV keratitis – setting the stage for a blinding disease. *Microbes infect.* 2005; 4(7):799-810. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15857807>.
4. Novak N, Peng WM. Dancing with the enemy: the interplay of herpes simplex virus with dendritic cells. *Clin. Exp. Immunol.* 2005; 3(142):405-410. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16297150>.
5. Kamilov HM, Fayzieva US, Gulyamova MD. Kliniko-laboratornyye osobennosti herpes-virusnoy mikst-infektsii glaz [Clinical and laboratory features of herpes virus mixed infections of the eye]. *Vestnik oftalmologii* = Bulletin of Ophthalmology. 2005; 4:139-143. Available from: http://www.rmj.ru/articles/oftalmologiya/Klinikolaboratornyye_osobennosti_gerpes-virusnyh_mikstinfekciy_glaza. (In Russ.)
6. Maychuk YF. Selektivnaya protivovirusnaya immunomoduliruyushaya terapiya pri herpeticheskikh keratitakh [Selective antiviral immunomodulatory therapy for herpetic keratitis]. *Klinicheskaya meditsina* = Clinical medicine. 2001; 9:70-71. Available from: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=64072>. (In Russ.)
7. Rolinski J, Hus I. Immunological aspects of acute and recurrent Herpes Simplex Keratitis. *J. Immunol. Res.* 2014. DOI: 10.1155/2014/513560.
8. Tullo A. Pathogenesis and management of herpes simplex virus keratitis. *Eye.* 2003; 17:919-922. DOI:10.1038/sj.eye.6700564
9. Kasparov AA, Kasparova YeA, Pavlyuk AS. Lokalnaya ekspress-autotsitokinoterapiya (kompleks tsitokinov) v lechenii virusnykh i nevirusnykh porazheniy glaz [Local Express autocytochrome therapy (complex of cytokines) in the treatment of viral and non-viral eye lesions]. *Vestnik oftalmologii* = Bulletin of Ophthalmology. 2004; 1:29-32. Available from: http://www.oor.ru/spc/?vestopha_7. (In Russ.)
10. Carr DJ, Härle P, Gebhardt BM. The immune response to ocular herpes simplex virus type 1 infection. *Exp. Biol. Med.* 2001; 5(226):353-366. Available from: <http://ebm.sagepub.com/content/226/5/353.abstract>.
11. Deshpande S, Zheng M, Lee S, et al. Bystander activation involving T lymphocytes in herpetic stromal keratitis. *J. Immunol. Res.* 2011; 5(167):2902-2910. Available from: <http://www.jimmunol.org/content/167/5/2902.full.pdf>.
12. Ghiasi H, Cai S, Perng GC, Nesburn AB, Wechsler SL. Both CD4 and CD8 T cells are involved in protection against HSV-1 induced corneal scarring. *Br. J. Ophthalmol.* 2000; 4(84):408-412. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10729300>.



13. Lepisto AJ, Frank GM, Xu M, Hendricks RL. CD8 T cells mediate transient herpes stromal keratitis in CD4-deficient mice. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2006; 9(47):3400-3409. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16877409>.

Submitted 19.12.2015; accepted for publication 18.01.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Svetlana V. Aksenova, professor of Hospital Surgery Chair with courses of Traumatology and Orthopedics, Ophthalmology and Dentistry, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), **ORCID: orcid.org/0000-0002-0186-5044**, aksenova05@rambler.ru

Marina V. Malkina, doctoral student of Hospital Surgery Chair with courses of Traumatology and Orthopedics, Ophthalmology and Dentistry, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0002-2387-7097**, Marina.prizh@mail.ru

Anastasiya V. Sedoykina, doctoral student of Hospital Surgery Chair with courses of Traumatology and Orthopedics, Ophthalmology and Dentistry, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0001-9969-2075**, sedojkina83@mail.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЬКАРА (L-КАРНИТИН) У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

Л. А. Балыкова, С. В. Гарина, И. С. Назарова,

Л. В. Буренина

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. В последние годы в России отмечается тенденция к увеличению удельного веса недоношенных новорожденных, затянувшаяся постнатальная адаптация которых может быть связана с карнитиновой недостаточностью. Своевременная диагностика и коррекция карнитиновой недостаточности у недоношенных детей является возможным резервом предупреждения патологических состояний перинатального периода у данной категории пациентов.

Материалы и методы. Клинико-лабораторными методами было обследовано 98 новорожденных детей.

Результаты исследования. В ходе исследования было установлено, что у подавляющего числа новорожденных, вне зависимости от гестационного возраста и массы тела при рождении, в первые сутки жизни регистрируются нормальные значения общего карнитина и повышенное содержание свободного карнитина в периферической крови. Данные изменения наиболее характерны для глубоконедоношенных детей. Были выявлены статистически значимые различия в уровне общего и свободного карнитина в зависимости от пола новорожденных; установлена положительная корреляционная зависимость уровня общего карнитина от массы тела при рождении у глубоко недоношенных детей.

Обсуждение и заключения. Было доказано, что введение L-карнитина в план выхаживания недоношенных детей способствует ускоренной прибавке в весе, достоверно сокращает продолжительность зондового кормления, снижает частоту развития анемии недоношенных и длительность неонатальной желтухи; показана способность Элькара корректировать функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у недоношенных детей.

Ключевые слова: недоношенные дети, L-карнитин, синдром дезадаптации сердечно-сосудистой системы, карнитиновая недостаточность, Элькар

Для цитирования: Оценка эффективности применения Элькара (L-карнитин) у недоношенных новорожденных / Л. А. Балыкова [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 168–179. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.168-179

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ELKAR (L-CARNITINE) IN PREMATURE INFANTS

L. A. Balykova, S. V. Garina, I. S. Nazarova, L. V. Burenina

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. Recently in Russia there is a tendency to increase the proportion of premature infants, prolonged postnatal adaptation which may be associated with carnitine deficiency. Early diagnosis and correction of carnitine deficiency in premature infants is possible to reserve the prevention of pathological conditions of the prenatal period in these patients.

Materials and Methods. 98 newborn infants have been examined with the help of clinical laboratory methods.

© Балыкова Л. А., Гарина С. В., Назарова И. С., Буренина Л. В., 2016



Results. It has been stated that the overwhelming majority of newborn infants irrespective of their gestational age and body mass at the moment of birth had reference ranges of crude carnitine and higher degree of floating carnitine in their peripheral blood within the first days of their lives. These changes are particularly characteristic for small premature infants. Statistically significant differences between the levels of crude carnitine and floating carnitine depended on the gender of newborn infants have been revealed. Directly correlated dependence of the level of crude carnitine on the body mass at the moment of birth of small premature infants has been stated.

Discussion and Conclusions. It has been proved that implementing L-carnitine into the development care plan for premature infants facilitates quick body weight gain, significantly cuts down the period of tube feeding, lowers frequency of anemia development of premature infants and duration of neonatal jaundice. The ability of Elkar to correct functional diseases of cardio vascular system of premature infants has been shown.

Keywords: premature infants, L-carnitine, syndrome of cardio vascular deconditioning, carnitine inefficiency, Elkar

For citation: Balykova LA, Garina SV, Nazarova IS, Burenina LV. Evaluating the effectiveness of Elkar (L-carnitine) in premature infants. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):168-179. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.168-179

Введение

В связи с переходом на новые критерии живорожденности, принятые ВОЗ, в Российской Федерации отмечается тенденция к увеличению удельного веса недоношенных новорожденных, в частности, детей с очень низкой (ОНМТ) и экстремально низкой (ЭНМТ) массой тела. Данная категория детей является наиболее проблемной, поскольку по тяжести своего состояния требует интенсивного, длительного и довольно дорогостоящего лечения и медобслуживания, в связи с глубокой функциональной незрелостью всех органов и систем и низких адаптационных возможностей организма.

Обзор литературы

Одной из причин, усугубляющих и пролонгирующих проявления постнатальной дезадаптации у недоношенных, кроме гипоксии [1], является карнитиновая недостаточность [2–5]. Эссенциальная ценность карнитина для данной категории пациентов определяется, прежде всего, его биоэнергетической функцией и непосредственным участием в катаболизме липидов с образованием кетонных тел, являющихся дополнительным источником энергии для периферических

тканей, скелетной мускулатуры, а также миокарда и головного мозга недоношенных детей, потребности которых в энергии исключительно высоки и не могут быть обеспечены обычными способами [3; 6–9]. Кроме того, в экспериментальных, а затем и клинических работах, было показано участие карнитина в процессах созревания легких, в частности, синтеза сурфактанта, что является жизненно важным для глубоконедоношенных детей [3; 7]; доказано значение карнитинового дефицита в развитии дисфункции миокарда и сердечной недостаточности у новорожденных детей [10–12]. Следовательно, возможным резервом предупреждения патологических состояний перинатального периода, может быть своевременная диагностика и коррекция карнитиновой недостаточности [11; 13–15]. Единственным способом восполнения дефицита карнитина в организме недоношенных новорожденных является его дотация извне [10; 16]. Однако в настоящее время стандарты выхаживания недоношенных детей не предусматривают ни определения уровня карнитина, ни его экзогенного введения.

В связи с этим **целью исследования** является изучение карнитинового

статуса недоношенных новорожденных, оценка роли карнитиновой недостаточности в генезе адаптационных нарушений, а также эффективность пероральной формы L-карнитина (Элькар, ПИК-Фарма) в комплексной терапии недоношенных детей.

Материалы и методы

Согласно в соответствии с критериям включения/исключения, в клиническом исследовании приняли участие 98 новорожденных детей с различным сроком гестации (от 24 до 40 нед.). Основную группу составили недоношенные новорожденные со сроком гестации от 24 до 37 нед. (I–IV ст. недоношенности) ($n = 74$), которые были разделены на 2 подгруппы: 1) получавшие Элькар 50 мг/кг внутрь в 2 приема дополнительно к стандарту выхаживания; 2) получавшие только стандартные меры по выхаживанию. В контрольную группу вошли условно здоровые доношенные новорожденные ($n = 24$), рожденные от физиологических беременностей, без факторов риска в перинатальный период с оценкой по шкале Апгар не менее 8/9 баллов. Из исследования были исключены дети с органической патологией ССС и ЦНС, тяжелыми соматической и хирургической патологией, а также индивидуальной непереносимостью препарата.

Определение уровня карнитина в периферической крови проводилось на 3–5 день жизни (табл. 1). Лабораторными методами оценивался уровень общего карнитина, свободного карнитина, связанного карнитина или ацилкарнитинов. Эффективность проводимой терапии оценивалась через 1 мес. по результатам объективного осмотра, данным ЭКГ в 12 стандартных отведениях, ЭхоКГ на аппарате

«Аloka-4000» (Япония) в двумерном и доплеровском режимах.

Результаты исследования

В ходе проведенного исследования было выявлено, что средний уровень общего карнитина в группах составил от $45,7 \pm 9,2$ до $64,1 \pm 2,9$ мкмоль/л и не выходил за рамки установленных норм (30–60 мкмоль/л). Однако в исследуемой группе содержание карнитина было достоверно ниже, чем в контрольной ($50,5 \pm 4,1$ и $64,1 \pm 2,9$ мкмоль/л соответственно) ($p \leq 0,05$). Наименьшие средние показатели общего карнитина отмечались в группах детей с ОНМТ и ЭНМТ ($46,7 \pm 3,8$ и $45,750 \pm 9,16$ мкмоль/л) (табл. 2.). Кроме этого, была установлена положительная корреляционная зависимость уровня общего карнитина у глубоко недоношенных детей от массы тела при рождении ($r = 0,698$, $p \leq 0,05$).

Средний уровень свободного карнитина у недоношенных детей был выше, чем у доношенных ($37,35 \pm 3,9$ и $36,0 \pm 2,8$ мкмоль/л соответственно). В целом значения содержания свободного карнитина в обеих группах новорожденных детей несколько превышали возрастную норму ($\leq 30,3$ мкмоль/л). Уровень связанного карнитина в исследуемой группе был несколько ниже, чем в контрольной ($14,6 \pm 0,9$ и $18,2 \pm 1,7$ мкмоль/л соответственно). Карнитиновый индекс у всех новорожденных был сопоставим: $0,420 \pm 0,032$ мкмоль/л в исследуемой группе и $0,407 \pm 0,037$ мкмоль/л – в контрольной). Повышенные значения данного показателя встречались у 5 % недоношенных, чаще среди детей с ЭНМТ. Только у троих новорожденных (3 %) из 98 была выявлена карнитиновая недостаточность.



Таблица 1
Table 1

Общая характеристика детей в обследованных группах
General characteristics of children surveyed groups

		Исследуемая группа (недоношенные дети) / Study group (premature infants)								Доношен- ные дети (контр- ольная группа) / Control group
		Стандартная терапия + Элькар / Standard therapy + Elkar				Стандартная терапия / Standard therapy				
Масса тела при ро- ждения, г / Birth weight, g	≤ 1 000	1 000– 1 500	1 500– 2 000	2 000– 2 500	≤ 1 000	1 000– 1 500	1 500– 2 000	2 000– 2 500	≥ 2 500	
	6	9	11	12	4	11	11	10	24	
Количество наблюде- ний / Number of observations	17 (n = 1)	56 (n = 5)	55 (n = 6)	50 (n = 6)	25 (n = 1)	45 (n = 5)	37 (n = 4)	60 (n = 6)	63 (n = 15)	
	83 (n = 5)	44 (n = 4)	45 (n = 5)	50 (n = 6)	75 (n = 3)	55 (n = 6)	63 (n = 7)	40 (n = 4)	38 (n = 9)	
Сроки взятия крови / Time of blood draw	7,50 ± 1,30	4,15 ± 0,57	3,54 ± 0,51	3,62 ± 0,50	7,30 ± 1,30	4,25 ± 0,58	3,57 ± 0,45	3,72 ± 0,38	4,59 ± 0,46	
Кесарево сечение / Cesarean section, %	80,0	70,0	55,0	31,8	80,0	75,0	52,0	28,0	0,0	

Таблица 2

Table 2

Показатели карнитинового статуса у исследуемых новорожденных
Carnitine status in the studied newborns

	Недоношенные дети (исследуемая группа) / Premature infants (studied group)				Доношенные дети (контроль- ная группа) / Full-term infants (control group)
Количество наблюде- ний / Number of observations	10	20	22	22	24
Масса тела при ро- ждении, г / Birth weight, g	≤ 1 000	1 000–1 500	1 500–2 000	2 000–2 500	≥ 2 500
Общий карнитин, ср., мкмоль/л / Total car- nitine, mkmol/l	45,750 ± 9,160	46,721 ± 3,802; p ≤ 0,005	50,854 ± 4,409	49,627 ± 3,262; p ≤ 0,005	64,109 ± 2,938
Свободный карни- тин, ср., мкмоль/л / Free carnitine, mkmol/l	38,662 ± 8,120	32,011 ± 2,740	39,642 ± 3,373	39,735 ± 3,473	36,009 ± 2,834
Повышенный уровень свободно- го карнитина, ср., мкмоль/л; % встре- чаемости / Elevated levels of free car- nitine, mkmol/l; % occurrence	57,385±11,3; 40,00	40,753 ± 2,988; 50,00	47,581 ± 3,669; 68,18	40,713 ± 2,375; 63,64	43,472 ± 1,727; 70,80
Связанный карнитин, ср., мкмоль/л / Related carnitine, mkmol/l	14,087 ± 1,880	14,709 ± 1,168	16,118 ± 1,1105	13,385 ± 0,779; p ≤ 0,05	18,196 ± 1,727
Карнитиновый ин- декс / Carnitine index	0,419 ± 0,051	0,464 ± 0,022	0,453 ± 0,041	0,381 ± 0,016	0,407 ± 0,037



При оценке карнитинового статуса в зависимости от пола ребенка было установлено, что значения общего и свободного карнитина у мальчиков были более высокими, чем у девочек (общий карнитин: $57,9 \pm 3,2$ и $49,4 \pm 2,8$ мкмоль/л; свободный карнитин: $39,0 \pm 2,8$ и $36,9 \pm 4,2$ мкмоль/л соответственно, $p \leq 0,05$). Уровень связанного карнитина был приблизительно равным.

При сравнении уровня общего карнитина в группах детей, рожденных естественным и оперативным путями, достоверных различий выявлено не

было ($51,9 \pm 3,2$ и $64,1 \pm 2,9$ мкмоль/л соответственно, $p > 0,05$). Уровень связанного карнитина в контрольной и исследуемой группах также не отличался ($36,1 \pm 2,8$ и $36,9 \pm 4,2$ мкмоль/л), хотя и был несколько ниже в группе глубоко недоношенных детей по сравнению с контрольной группой ($16,5 \pm 1,4$ и $18,2 \pm 1,7$ мкмоль/л); у детей с ОНМТ этот показатель достигал $20,6 \pm 2,4$ мкмоль/л. У детей, рожденных путем кесарева сечения, карнитинный индекс был достоверно выше, чем в контрольной группе ($0,45 \pm 0,02$ и $0,41 \pm 0,04$ соответственно) (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Показатели карнитинового статуса у детей, рожденных оперативным путем

Indicators carnitine status of children born surgically

	Недоношенные дети (исследуемая группа) / Premature infants (studied group)				Доношенные дети (контроль- ная группа) / Full-term infants (control group)
Количество наблюдений с оперативным родоразрешением / Number of cases with cesarean section	8 из 10	14 из 20	12 из 22	7 из 22	0 из 24
Масса тела при рождении, г / Birth weight, g	$\leq 1\ 000$	1 000– 1 500	1 500– 2 000	2 000– 2 500	$\geq 2\ 500$
Общий карнитин, ср., мкмоль/л / Total carnitine, mkmol/l	$50,260 \pm 8,645$; $p \leq 0,05$	$48,212 \pm 5,141$; $p \leq 0,005$	$53,241 \pm 5,747$	$55,889 \pm 8,196$	$64,109 \pm 2,938$
Свободный карнитин, ср., мкмоль/л / Free carnitine, mkmol/l	$35,812 \pm 6,160$	$33,052 \pm 3,924$	$38,387 \pm 4,532$	$40,456 \pm 6,648$	$36,009 \pm 2,834$
Связанный карнитин, ср., мкмоль/л / Related carnitine, mkmol/l	$14,170 \pm 1,080$	$20,572 \pm 2,350$	$15,878 \pm 1,124$	$15,440 \pm 1,545$	$18,196 \pm 1,727$
Карнитинный индекс / Carnitine index	$0,439 \pm 0,067$	$0,481 \pm 0,032$	$0,481 \pm 0,052$	$0,402 \pm 0,030$	$0,407 \pm 0,037$

Оценка эффективности применения Элькара была проведена у 74 детей. Состояние всех пациентов, включенных в исследование, на момент первичного осмотра было различным и в основном определялось гестационным возрастом и массой тела при рождении. Наиболее тяжелым было состояние детей с ОНМТ и ЭНМТ, обусловленное неврологической симптоматикой, синдромом дыхательных расстройств и общей незрелостью. Масса тела при рождении варьировалась в зависимости от гестационного возраста от 700 до 2 489 г, составляя в среднем $1\,521,8 \pm 102,6$ г. При повторном обследовании через 1 мес. в обеих подгруппах отмечалась положительная динамика общего состояния детей. Средняя прибавка массы была сопоставимой: $703,4 \pm 102,1$ г – в группе, где дети получали только стандартную схему лечения; $806,2 \pm 119,1$ г (на 15 % больше) – у получавших Элькар в дополнение к стандартной схеме лечения.

В зондовом кормлении нуждались 57 % детей в группе, пациенты которой получали стандартную схему лечения, и 56 % – в исследуемой группе. В результате лечения к 1 мес. жизни только 27 % недоношенных, принимавших Элькар, продолжали нуждаться в кормлении через зонд, в отличие от второй подгруппы, где больше половины детей (51 %) продолжали кормиться через зонд.

Дыхательные нарушения были диагностированы у 40 (54%) детей, включенных в исследование. Синдром дыхательных расстройств был выявлен у 24 (33 %) пациентов, в основном детей с ОНМТ и ЭНМТ. У 35 % недоношенных имела место пневмония. Нами не было получено достоверных данных по влиянию Элькара

на течение дыхательных нарушений у недоношенных детей. Однако было установлено, что средняя продолжительность ИВЛ в подгруппе, получавшей Элькар, была несколько меньше, чем в контрольной ($7,03 \pm 3,2$ и $9,3 \pm 4,08$ дней соответственно). Кроме того, только 24 % всех нуждавшихся в ИВЛ и получавших Элькар детей требовали вентилиационной поддержки к 1 мес. жизни (во второй подгруппе – 48 %).

К концу 1 мес. жизни ранняя анемия недоношенных развилась у 72 % детей на стандартной терапии и у 47 % пациентов, получавших Элькар ($p \leq 0,05$). Неонатальная желтуха имела место у 34 % (25 детей) исследуемой группы, средний уровень билирубина на 5–6 день жизни регистрировался на уровне $184 \pm 12,2$ мкмоль/л. У детей, получавших дополнительно к стандартному лечению Элькар, сроки нормализации билирубина составили $8,3 \pm 1,4$ дня, что достоверно меньше, чем у детей на стандартном лечении ($10,9 \pm 0,9$ дней, $p \leq 0,05$); осложнений желтухи не регистрировалось. У 3 детей, получавших стандартную терапию, отмечалось затяжное течение желтухи, у 1 ребенка – синдром холестаза.

Синдром дезадаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) был диагностирован у 76 % (56 детей) пациентов. Клинические признаки поражения ССС были малоспецифичны и проявлялись в виде бледности кожных покровов, акроцианоза или периорального и/или периорбитального цианоза, «мраморности» кожи, изменения звучности тонов сердца, дыхательных расстройств, аритмий у всех исследуемых детей. В результате лечения они заметно регрессировали, особенно у недоношенных, дополнительно получающих Элькар (табл. 4).



Таблица 4

Table 4

Динамика клинических проявлений СДССС на фоне терапии
Dynamics of clinical manifestations of syndrome of disadaptation of cardiovascular system during therapy

Показатель / Index	Стандартная терапия + Элькар / Standard therapy + Elkar, %		Стандартная терапия / Standard therapy, %	
	До лечения / Before treatment	Через 1 мес. / One month later	До лечения / Before treatment	Через 1 мес. / One month later
Одышка / Dispnea	26	7**	29	15
Цианоз / Cyanosis	68	12**	56	23**
Мраморность кожных покровов / Marbling skin	52	32*	40	34
Систолический шум / Systolic murmur	22	15	24	19
Глухость сердечных тонов / Muted tones of heart	77	27**	75	44**

** – достоверность при $p \leq 0,001$; * – достоверность при $p \leq 0,05$ / ** – the integrity of $p \leq 0,001$; * – the integrity of $p \leq 0,05$

По результатам ЭКГ у большинства пациентов были выявлены признаки транзитной ишемии миокарда. При анализе частоты сердечных сокращений (ЧСС) брадикардия была выявлена у 24% детей, а тахикардия – только у 6% (4 пациента). Самая низкая средняя ЧСС ($139,1 \pm 3,2$ уд./мин) отмечалась у детей с ОНМТ и ЭНМТ. Только в этой группе регистрировалось замедление АВ-проведения у 2 детей, а также чаще выявлялось снижение вольтажа зубцов комплекса QRS. У недоношенных детей часто определялись перегрузка правого желудочка (ПЖ), блокада правой ножки пучка Гиса, развитие которой обусловлено субэндокардиальной ишемией миокарда ПЖ, нарушения процессов реполяризации. Удлинение интервала QTc до > 460 мс выявлено почти у каждого 5-го пациента. Кроме

этого, была установлена достоверная отрицательная корреляция показателей общего карнитина и длительности интервала QTc ($r = -0,72$, $p \leq 0,05$) у детей с удлинённым интервалом QTc. У всех пациентов с выявленной нами карнитиновой недостаточностью имело место удлинение интервала QTc до > 440 мс.

В результате проведенного лечения отмечалось увеличение средней ЧСС в 1-й и 2-й подгруппах к концу 1 мес. жизни ($167,94 \pm 6,06$ и $162 \pm 4,49$ соответственно), что, возможно, свидетельствует о созревании симпатической нервной системы у глубоко-недоношенных новорожденных, более выраженное у детей 1-й подгруппы ($p \leq 0,05$). С достоверной разницей регистрировалась нормализация электрической систолы у новорожденных, по-

лучавших Элькар ($p \leq 0,001$). В обеих подгруппах было отмечено снижение признаков перегрузки ПЖ ($p \leq 0,001$). Однако в группе, получавшей только стандартную терапию, к концу наблюдения сохранилась высокая электрическая активность обоих желудочков.

При ЭхоКГ межпредсердные сообщения выявлялись у всех недоношенных, гемодинамически значимый ОАП – у 75 % (у детей с ОНМТ и ЭНМТ). Признаки транзиторной легочной гипертензии зарегистрированы в 11 % случаев. Систолическая дисфункция левого желудочка (ЛЖ) была обнаружена у 15 %. При этом гиперкинетический тип гемодинамики зарегистрирован у 10 % новорожденных, а более тяжелый (гипокинетический) – у 5 % детей. Диастолическая дисфункция ЛЖ была диагностирована почти у каждого второго (в сочетании с диастолической дисфункцией ПЖ – в 21 % случаев). Высокая гемодинамическая нагрузка на незрелый миокард способствовала дилатации полостей сердца у 53 % детей, при этом наиболее часто ремоделированию подвергалась полость правого предсердия, реже – ЛЖ. Наиболее выраженные изменения на ЭхоКГ были зарегистрированы у недоношенных с ОНМТ и ЭНМТ. Нами была установлена положительная корреляционная связь уровня общего карнитина и фракции выброса ЛЖ ($r = 0,82$, $p \leq 0,05$) у этой группы пациентов. Дети с карнитиновой недостаточностью имели одни из самых низких показателей фракции выброса и сократительной способности ЛЖ.

При динамическом проведении ЭхоКГ на фоне лечения уже к концу 1 мес. жизни почти у половины недоношенных отмечалось уменьшение размеров и/или закрытие ОАП, МПС, более выраженное у детей, принимавших Элькар. В результате лечения Элькаром происходило также восстановление размеров обоих предсердий, а в группе сравнения уменьшалась

только полость левого предсердия. Через 1 мес. терапии снижение фракции выброса ЛЖ регистрировалось только у 1 ребенка с ЭНМТ из группы, получавшей Элькар, и у 3 детей группы сравнения, а диастолическая дисфункция ЛЖ выявлялась у 36,8 % и 48 % детей соответственно. Диастолическая дисфункция ПЖ сохранялась у большинства детей в обеих группах с тенденцией к более частой ее нормализации на фоне приема Элькара.

Обсуждение и заключения

Таким образом, нормальные границы содержания карнитина и его производных в сыворотке крови у недоношенных детей не имеют существенных отличий с доношенными здоровыми новорожденными, хотя средние значения общего карнитина у недоношенных находятся на более низком уровне, пропорционально сроку гестации и массе тела (у недоношенных с ОНМТ и ЭНМТ) и не всегда отражают наличие и выраженность карнитиновой недостаточности. В ходе исследования среди всех новорожденных было выявлено 3 случая карнитиновой недостаточности; именно у этих детей отмечалось снижение систолической функции ЛЖ и выраженная электрическая нестабильность миокарда. У части пациентов имели место признаки относительной карнитиновой недостаточности, затрудняющей течение периода постнатальной адаптации. Также отметим, что недоношенные новорожденные имеют выраженные признаки дезадаптации ССС в неонатальном периоде. Прием Элькара в течение 1 мес. способствует выраженному улучшению клинического статуса и оптимизации постнатальной перестройки деятельности ССС, что проявляется в эффективной редукции электрической нестабильности миокарда, восстановлении ЧСС и нормализации гемодинамики. Введение Элькара в план выхаживания недоношенных детей способствует лучшему набору массы тела, достоверно со-



кращает продолжительность зондового кормления, снижает частоту развития

анемии недоношенных и длительность неонатальной желтухи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Балыкова Л. А.** Результаты и перспективы использования средств энерготропной терапии в педиатрии на примере L-карнитина // Вопросы практической педиатрии. 2009. Т. 4, № 2. С. 49–55. URL: <http://www.akvion.ru/catalog/carniton/Special/Balykova.pdf>.
2. **Брин И. Л.** Элькар (20 % раствор L-карнитина) в педиатрии : научный обзор. М., 2005. 36 с. URL: <http://medi.ru/doc/a030715.htm>.
3. **Вельтишев Ю. Е., Темин П. А.** Митохондриальные болезни: наследственные болезни нервной системы. М. : Медицина, 1998. С. 346–409. URL: http://patrick-book.ru/nasledstvennye_bolezni_nervnoy_sist.
4. Опыт использования L-карнитина у недоношенных новорожденных / О. В. Воробьева [и др.] // Буковинский медицинский вестник. 2011. Т. 15, № 1 (57). С. 30–33. URL: [http://www.bsmu.edu.ua/files/BMV/BMV-2011-15-01\(57\)/BMV-2011-15-01\(57\)-030.pdf](http://www.bsmu.edu.ua/files/BMV/BMV-2011-15-01(57)/BMV-2011-15-01(57)-030.pdf).
5. Фармакологическая коррекция функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы у новорожденных, перенесших перинатальную гипоксию / С. В. Гарина [и др.] // Детские болезни сердца и сосудов. 2009. № 2. С. 73–78. URL: http://childrenhvd.pro/files/pdf/DB_02_2009.pdf.
6. **Гармаева В. В.** Особенности биосинтеза, метаболизма и функции карнитина в организме плода и новорожденного // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2007. Т. 5, № 5. С. 21–26. URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=171655>.
7. Недостаточность карнитина у недоношенных детей с респираторным дистресс-синдромом / В. В. Гармаева [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2008. № 3. С. 2–5. URL: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html.
8. **Ключников С. О.** Перспективы применения L-карнитина в педиатрии // Consilium medicum. 2007. № 2. С. 143–146. URL: http://www.akvion.ru/catalog/carniton/Special/kluchnikov_perspektivi.pdf.
9. **Николаева Е. А., Ледяев М. Я., Ключников С. О.** Недостаточность карнитина у детей: причины возникновения, профилактика и лечение : пособие для врачей // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2008. Прил. 2. С. 44. URL: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html.
10. **Сухоруков В. С.** К разработке рациональных основ энерготропной терапии // Рациональная фармакотерапия. 2007. № 2. С. 40–47. URL: <http://www.health-ua.org/archives/rpt/38.html>.
11. **Чугунова О. Л., Сухоруков В. С., Казанцева И. А.** Метаболическая коррекция нарушений клеточного энергообмена у детей с задержкой внутриутробного развития в неонатальном периоде // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2008. № 2. С. 6–11. URL: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html.
12. Effects of parenteral L-carnitine supplementation on fat metabolism and nutrition in premature neonates / C. M. Bonner [et al.] // J. Pediatr. 1995. Vol. 126. P. 287–292. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-3476\(95\)70562-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-3476(95)70562-7).
13. **Longo N., Amat di San Filippo C., Pasquali M.** Disorders of carnitine transport and the carnitine cycle / Am. J. Med. Genet. C. Semin. Med. Genet. 2006. Vol. 142 (2). P. 77–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ajmg.c.30087>.
14. **Loster H.** Carnitine and cardiovascular diseases. Bochum : Ponte Press Verlags GmbH. 2003.
15. **Robert S. Y. Lee, Lam C. W., Lai C. K.** Carnitine-acylcarnitine translocase deficiency in three neonates presenting with rapid deterioration and cardiac arrest» / Hong Kong Med. J. 2007. Vol 13, No 1. P. 66–68. URL: <http://www.hkmj.org/system/files/hkm0702p66.pdf>.
16. Carnitineacylcarnitine translocase deficiency: case report and review of the literature / M. E. Rubio-Gozalbo [et al.] // Acta Paediatr. 2003. Vol. 92. P. 501–504. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.2003.tb00586.x>.

17. Cardiomyopathy in childhood, mitochondrial dysfunction, and the role of L-carnitine / C. W. Susan [et al.] // Amer. Heart J. 2000. Vol. 2. P. 563–569. DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2000.103935>

18. Carnitine transporter defect diagnosed by newborn screening with electrospray tandem mass spectrometry / B. Wilcken [et al.] // J. Pediatr. 2001. Vol. 138 (4). P. 581–584. DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/mpd.2001.111813>

Поступила 28.12.2015; принята к публикации 18.01.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Балыкова Лариса Александровна, директор Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, профессор, ORCID: orcid.org/0000-0002-2290-0013, ogarev-medfac@yandex.ru

Гарина Светлана Васильевна, доцент кафедры педиатрии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, ORCID: orcid.org/0000-0003-0673-7778, astra-svet@rambler.ru

Назарова Ирина Сергеевна, аспирант кафедры педиатрии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: orcid.org/0000-0003-0090-6948, irina.nazarova-cardiologist@yandex.ru

Буренина Лиана Васильевна, старший преподаватель кафедры педиатрии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, ORCID: orcid.org/0000-0001-8901-393X, liana-16080@mail.ru

REFERENCES

1. Balykova LA. Rezultaty i perspektivy ispolzovaniya sredstv energotropnoy terapii v pediatrii na primere L-karnitina [Results and prospects of ergotropic therapy in pediatrics as an example of L-carnitine]. *Voprosy prakticheskoy pediatrii* = Problems of Practical Pediatrics. 2009; 2(4):49-55. Available from: <http://www.akvion.ru/catalog/carniton/Special/Balykova.pdf>. (In Russ.)

2. Brin IL. Elkar (20 % rastvor L-karnitina) v pediatrii : nauchnyy obzor [Elkar (20 % of the 25 L-carnitine solution) in pediatric patients (scientific review)]. Moscow; 2005. Available from: <http://medi.ru/doc/a030715.htm>. (In Russ.)

3. Veltishchev YuYe, Temin PA. Mitokhondrialnyye bolezni. Nasledstvennyye bolezni nervnoy sistemy [Mitochondrial diseases. Hereditary diseases of the nervous system]. Moscow: Medicina; 1998:346-409. Available from: http://patrick-book.ru/nasledstvennyye_bolezni_nervnoy_sist. (In Russ.)

4. Vorobyeva OV, Levchenko LA, Mukhina NI, et. al. Opyt ispolzovaniya L-karnitina u nedonoshennykh novorozhdennykh [Experience in the use of L-carnitine supplementation in preterm infants]. *Bukovinskiy meditsinskiy vestnik* = Bukovina Medical Journal. 2011; 1(57):30-33. Available from: [http://www.bsmu.edu.ua/files/BMV/BMV-2011-15-01\(57\)/BMV-2011-15-01\(57\)-030.pdf](http://www.bsmu.edu.ua/files/BMV/BMV-2011-15-01(57)/BMV-2011-15-01(57)-030.pdf). (In Russ.)

5. Garina SV, Balykova LA, Kiseleva MI, et al. Farmakologicheskaya korrektsiya funktsionalnykh narusheniy serdechno-sosudistoy sistemy u novorozhdennykh, perenneshikh perinatalnuyu gipoksiyu [Pharmacological correction of functional disorders of the cardiovascular system in newborns with perinatal hypoxia]. *Detskiye bolezni serdtsa i sosudov* = Children Heart and Vascular Disease. 2009; 2:73-78. Available from: http://childrenhvd.pro/files/pdf/DB_02_2009.pdf. (In Russ.)

6. Garmayeva VV. Osobennosti biosinteza, metabolizma i funktsii karnitina v organizme ploda i novorozhdenного [Features biosynthesis, metabolism and function of carnitine in the body of the fetus and newborn]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* = Russian Journal of Perinatology and Pediatrics. 2007; 5(5):21-26. URL: http://www.akvion.ru/catalog/carniton/Special/kluchnikov_perspektivi.pdf. (In Russ.)

7. Garmayeva VV, Dementyeva GM., Sukhorukov VS. et al. Nedostatochnost karnitina u nedonoshennykh detey s respiratornym distress-sindromom [Carnitine deficiency in preterm infants with respiratory distress



syndrome]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2008; 3:2-5. Available from: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html. (In Russ.)

8. Klyuchnikov SO. Perspektivy primeneniya L-karnitina v pediatrii [Prospects for the use of L-carnitine in pediatrics]. *Consilium medicum*. 2007; 2:143-146. Available from: http://www.akvion.ru/catalog/carniton/Special/kluchnikov_perspektivi.pdf. (In Russ.)

9. Nikolayeva YeA, Ledyayev MYa, Klyuchnikov SO. Nedostatochnost karnitina u detey: prichiny vozniknoveniya, profilaktika i lechenie: posobie dlya vrachev [Carnitine deficiency in children: causes, prevention and treatment: a guide for physicians]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2008; App.2:44. URL: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html. (In Russ.)

10. Sukhorukov VS. K razrabotke ratsionalnykh osnov energotropnoy terapii [Regarding the development of rational foundations ergotropic therapy]. *Ratsionalnaya farmakoterapiya* = Rational pharmacotherapy. 2007; 2:40-47. URL: <http://www.health-ua.org/archives/rpt/38.html>. (In Russ.)

11. Chugunova OL, Sukhorukov VS, Kazantseva IA. Metabolicheskaya korrektsiya narusheniy kletchnogo energoobmena u detey s zaderzhkoy vnutritrobnogo razvitiya v neonatalnom periode [Metabolic correction of cellular energy exchange in children with intrauterine growth retardation in the neonatal period]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2008; 2:6-11. Available from: http://www.ped-perinatology.ru/rus/arhiv/Sets1999-2009/n1-6_2007.html. (In Russ.)

12. Bonner CM, DeBrie KL, Hug G, et al. Effects of parenteral L-carnitine supplementation on fat metabolism and nutrition in premature neonates. *J Pediatr*. 1995; 126:287-292. Available from: [http://www.jpeds.com/article/S0022-3476\(95\)70562-7/pdf](http://www.jpeds.com/article/S0022-3476(95)70562-7/pdf).

13. Longo N, Amat di San Filippo C, Pasquali M. Disorders of carnitine transport and the carnitine cycle. *Am. J. Med. Genet. C. Semin. Med. Genet*. 2006; 2(142):85. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajmg.c.30087/pdf>.

14. Loster H. Carnitin and cardiovascular diseases. Bochum: Ponte Press Verlags GmbH; 2003.

15. Lee RSY, Lam CW, Lai CK. Carnitine-acylcarnitine translocase deficiency in three neonates presenting with rapid deterioration and cardiac arrest. *Hong Kong Med. J*. 2007; 1(13):66-68. Available from: <http://www.hkmj.org/system/files/hkm0702p66.pdf>.

16. Rubio-Gozalbo ME, Vos P, Forget PP, et al. Carnitineacylcarnitine translocase deficiency: case report and review of the literature. *Acta Paediatr*. 2003; 92:501-504. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1651-2227.2003.tb00586.x>

17. Susan CW, et al. Cardiomyopathy in childhood, mitochondrial dysfunction, and the role of L-carnitine. *American Heart J*. 2000; 2:563-569. DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/mhj.2000.103935>.

18. Wilcken B, Wiley V, Sim KG, Carpenter K. Carnitine transporter defect diagnosed by newborn screening with electrospray tandem mass spectrometry. *J. Pediatr*. 2001; 138(4):581-584. DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/mpd.2001.111813>

Submitted 28.12.2015; accepted for publication 18.01.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Larisa A. Balykova, director of Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), professor, **ORCID: orcid.org/0000-0002-2290-0013**, ogarev-medfac@yandex.ru

Svetlana V. Garina, associated professor of Chair of Pediatrics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: orcid.org/0000-0003-0673-7778**, astra-svet@rambler.ru

Irina S. Nazarova, postgraduate student, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0003-0090-6948**, irina.nazarova-cardiolog@yandex.ru

Liana V. Burenina, senior lecturer of Chair of Pediatrics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: orcid.org/0000-0001-8901-393X**, liana-16080@mail.ru

Medical sciences



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 3-ГИДРОКСИПИРИДИНА И ПРЕПАРАТОВ СРАВНЕНИЯ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ И НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ДИАБЕТЕ

Т. В. Уланова, В. И. Инчина, Н. С. Русейкин,
С. В. Худойкина, Э. В. Романова

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. В связи с высоким риском развития серьезных осложнений, приводящих к ранней инвалидизации и преждевременной смерти, а также высокой стоимостью лечения и реабилитации больных, сахарный диабет (СД) в недалеком будущем может стать главной медико-социальной проблемой во всех странах мира. Смертность больных СД в несколько раз выше смертности в общей популяции. Стоимость лекарственного обеспечения больного с СД 1 типа составляет в среднем 715 долл., а 2 типа – около 200 долл. в год. Лечение пациента с тяжелыми осложнениями, с учетом лекарственного обеспечения и стоимости амбулаторной и стационарной помощи, обходится в 1,5 млн долл. в год. Применяемые в настоящее время лекарственные препараты не решают проблему, поэтому актуален поиск новых лекарственных соединений.

Материалы и методы. В статье рассматриваются возможности лечения сахарного диабета и его осложнений препаратами метаболического типа на экспериментальной модели аллоксанового диабета с экзогенной гиперхолестеринемией. Исследуемые соединения фумарат 3-гидроксипиридина и никотинат 3-гидроксипиридина синтезированы на кафедре органической химии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» доцентом Семеновым А. В.

Результаты исследования. В результате проведенного исследования была выявлена гипогликемическая и гиполипидемическая активность фумарата 3-гидроксипиридина и никотината 3-гидроксипиридина.

Обсуждение и заключения. Полученные нами данные свидетельствуют о дальнейшем перспективном изучении новых соединений из группы 3-гидроксипиридина в качестве корректоров метаболических нарушений при СД.

Ключевые слова: диабет, фумарат, никотинат, метаболическая активность, гиперхолестеринемия

Для цитирования: Исследование влияния новых производных 3-гидроксипиридина и препаратов сравнения на выживаемость и некоторые биохимические показатели крови белых крыс при экспериментальном диабете / Т. В. Уланова [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 180–191. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.180-191



INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NEW DERIVATIVES OF 3-HYDROXYPYRIDINE AND REFERENCE DRUGS ON THE SURVIVAL AND SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD OF WHITE RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES

T. V. Ulanova, V. I. Inchina, N. S. Ruseykin,
S. V. Khudoykina, E. V. Romanova

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. Due to the high risk of serious complications leading to early disability and premature death, and the high cost of treatment and rehabilitation of patients with diabetes in the near future may become a major health and social problem worldwide mortality of diabetic patients is several times higher mortality rate in the total cost of drug supply a patient with diabetes of the first type is an average of \$ 715, and the second type – about \$ 200 a year. Treatment of patients with severe complications, taking into account drug supply and cost of outpatient and inpatient care costs of 1,500 thousands dollars per year. Currently used drugs do not solve the problem, so a search of new drug compounds is relevant.

Materials and Methods. The possibility of the treatment of diabetes and its complications such as metabolic drugs in an experimental model of alloxan diabetes with exogenous hypercholesterolemia. Test compounds fumarate 3-hydroxypyridine and 3-hydroxypyridine nicotinate were synthesized at the Organic Chemistry Chair Mordovia State University by associate professor Semenov A.V.

Results. The study was revealed hypoglycemic and lipid-lowering activity of fumarate of 3-hydroxypyridine and nicotinate 3-hydroxypyridine.

Discussion and Conclusions. Our data indicate a further study of new promising compounds from the group of 3-hydroxypyridine as correctors metabolic disorders diabetes.

Keywords: diabet, fumarate, nicotinate, metabolic activity, hypercholesterolemia

For citation: Ulanova TV, Inchina VI, Ruseykin NS, Khudoykina SV, Romanova EV. Investigation of the effect of new derivatives of 3-hydroxypyridine and reference drugs on the survival and some biochemical parameters of blood of white rats with experimental diabetes. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):180-191. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.180-191

Введение

Сахарный диабет (СД) 2 типа является самой распространенной эндокринной патологией. Несмотря на противодиабетическую терапию, ежегодно увеличивается число лиц, имеющих осложнения. Применяемые в настоящее время лекарственные препараты не решают данную проблему, поэтому актуален поиск новых противодиабетических соединений.

Обзор литературы

По определению экспертов ВОЗ, «сахарный диабет – проблема всех возрастов и народов» [1]. Распространенность СД среди населения различных стран колеблется от 2 до 6 %. В Российской Федерации на официальном учете

состоит около 8 млн больных диабетом. В 2000 г. в мире насчитывалось 175 млн больных СД, в 2010 г. – уже 239,3 млн, или 3 % населения Земли.

Смертность больных СД в несколько раз выше смертности в общей популяции [2–4]. В большинстве случаев причиной смерти больных СД являются ангиопатии, а именно кардиоваскулярные и цереброваскулярные расстройства [5]. Повышенным АД страдают до 80 % больных СД [6–8]. У лиц, имеющих другой отягощающий фактор СД – артериальную гипертензию, значительно снижается качество жизни (и на 1/3 – продолжительность), повышается риск преждевременной смерти [9]. Также среди больных СД в 2–4 раза выше риск

развития ишемической болезни сердца; в 6–10 раз – острого инфаркта миокарда (ИМ); 4–7 раз – мозговых инсультов [10–11].

Стоимость лекарственного обеспечения больного с СД 1 типа составляет в среднем 715 долл., а 2 типа – около 200 долл. в год. Лечение пациента с тяжелыми осложнениями, с учетом лекарственного обеспечения и стоимости амбулаторной и стационарной помощи, обходится в 1,5 млн долл. в год. В связи с высоким риском развития серьезных осложнений, приводящих к ранней инвалидизации и преждевременной смерти, а также высокой стоимостью лечения и реабилитации больных, СД в недалеком будущем может стать главной медико-социальной проблемой во всех странах мира [12].

Значимым фактором, участвующим в формировании осложнений при СД, являются нарушения липидного обмена – дислипидемии [13].

В свою очередь гиперхолестеринемия (в сочетании с гипергликемией) способствует повышению уровня окислительного стресса при снижении активности антиоксидантной защиты. Возникающий при СД окислительный стресс способствует нарушению эндотелиальной функции сосудов, приводя к ухудшению их релаксации и тканевой перфузии, развитию гипоксии. Таким образом, метаболические нарушения и активация перекисного окисления липидов обуславливают развитие диабетических осложнений (нефропатий, ретинопатий, нейропатий и др.) [14].

Учитывая важную роль активации перекисного окисления липидов в патогенезе СД и его осложнений, важным компонентом комбинированной терапии данной патологии являются препараты с антиоксидантной активностью. В ходе ряда клинических исследований был установлен положительный эффект препаратов такого типа действия, в частности производных 3-гидроксипиридина (3-ГП) – мексидола и эмоксипина [5; 15–19].

Фармакологические эффекты новых соединений из группы 3-ГП (фумарата 3-ГП и никотината 3-ГП) изучены недостаточно, что и послужило стимулом для проведения данного исследования.

Материалы и методы

С целью моделирования экспериментального диабета белым нелинейным крысам вводили однократно внутривенно аллоксан в дозе 135 мг/кг. Аллоксановый диабет отягощали ежедневным введением холестерина в дозе 40 мг/кг и витамина D в дозе 7 500 ЕД/кг *per os* в течение 14 дней. Летальность при моделировании аллоксанового диабета с экзогенной гиперхолестеринемией составила 38 %. Спустя 14 дней после введения аллоксана, с ежедневным отягощением экзогенным холестерином и эргокальциферолом, подопытные животные были разделены на 10 групп по 5–6 крыс в каждой. Первую группу составили интактные крысы; 2-я являлась контрольной (крысы с моделированным диабетом и гиперхолестеринемией, которым перорально в течение 14 дней вводили 0,9 % раствор NaCl в дозе 0,1 мл); крысы 3-й группы получали первое исследуемое соединение (фумарат 3-ГП) в дозе 25 мг/кг *per os* (5 % от ЛД₅₀); крысам 4-й группы вводили фумарат 3-ГП в дозе 50 мг/кг *per os* (10 % от ЛД₅₀); крысы 5-й группы получали первый препарат сравнения (мексидол) в дозе 25 мг/кг в/м; 6-й – мексидол в большей дозе (50 мг/кг) в/м; 7-й – второе исследуемое соединение (никотинат 3-ГП) в дозе 50 мг/кг *per os*; 8-й – второй препарат сравнения (симвастатин) в дозе 1 мг/кг *per os*; 9-й – никотинат 3-ГП в дозе 50 мг/кг *per os* в комбинации с симвастатином в дозе 1 мг/кг *per os*; 10-й – третий препарат сравнения (никотиновую кислоту) в дозе 25 мг/кг *per os*.

Исследуемые соединения фумарат 3-ГП и никотинат 3-ГП были синтезированы на кафедре органической химии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» доцентом А. В. Семеновым. Препараты сравнения были приобретены в аптечной сети.



Все манипуляции с использованием лабораторных животных проводились с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных».

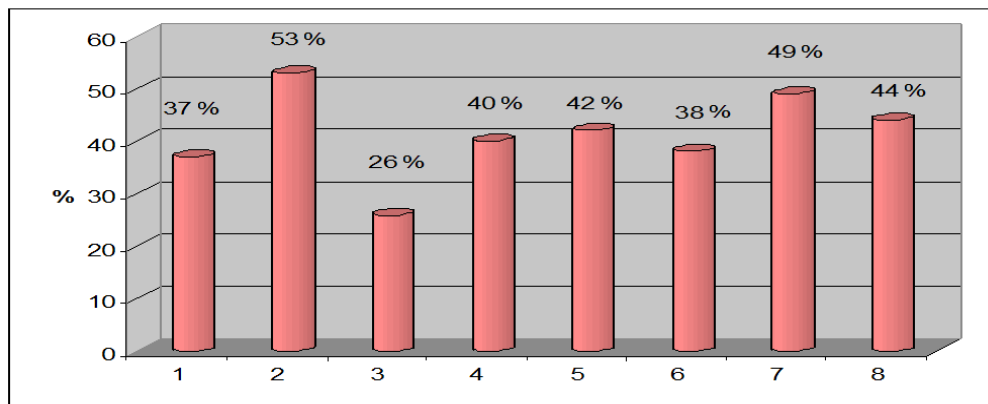
Содержание глюкозы в сыворотке крови белых крыс определялось глюкозоксидазным методом с помощью стандартных наборов реактивов. Исследование показателей липидного обмена проводилось на электронном фотоэлектроколориметре ERMA, также с использованием стандартных наборов реактивов.

Результаты исследования

Летальность лабораторных животных в группах существенно отличалась: в контрольной группе она составила 40 %; в группе, получавшей никотиновую кислоту, – 50 %; в группе, получавшей симвастатин, – 20 %; в группах, получавших никотинат 3-ГП, никотинат 3-ГП + симвастатин,

фумарат 3-ГП, мексидол, и среди интактных животных – 0 %.

Моделирование экспериментального диабета введением аллоксана, экзогенного холестерина и витамина D сопровождалось достоверным повышением уровня глюкозы: $4,33 \pm 0,42$ ммоль/л – у интактных крыс и $17,9 \pm 2,19$ ммоль/л – в группе контроля. Достоверное снижение уровня глюкозы в сыворотке крови наблюдалось в нескольких группах: в группе крыс, получавших фумарат 3-ГП в дозе 50 мг/кг per os, уровень глюкозы составил $8,4 \pm 0,4$ ммоль/л; в группе получавших комбинацию симвастатин + никотинат 3-ГП – $9,04 \pm 2,11$ ммоль/л; в группе получавших никотинат 3-ГП – $10,36 \pm 1,31$ ммоль/л; в группах получавших никотиновую кислоту, симвастатин и мексидол, наблюдалось снижение уровня глюкозы, однако изменения носили недостоверный характер (рис. 1)



1 – Фумарат 3-ГП 25 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 25 mg/kg per os

2 – Фумарат 3-ГП 50 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 50 mg/kg per os

3 – Мексидол 25 мг/кг в/м / Mexidol 25 mg/kg intramuscularly

4 – Мексидол 50 мг/кг в/м / Mexidol 50 mg/kg intramuscularly

5 – Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os

6 – Симвастатин 1 мг/кг per os / Simvastatin 1 mg/kg per os

7 – Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os + симвастатин 1 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os + simvastatin 1 mg/kg per os

8 – Никотиновая кислота 50 мг/кг per os / Nicotinic acid 50 mg/kg per os

Р и с. 1. Уровень снижения гликемии исследуемыми соединениями и препаратами сравнения по отношению к контрольной группе животных

Fig. 1. Lowering blood glucose level test compounds and reference drug in relation to the control group

На фоне формирования аллоксанового диабета с экзогенной гиперхолестеринемией + витамин D наблюдался устойчивый рост уровня ОХ сыворотки крови животных из группы контроля. Рост составил 148 % по отношению к интактным крысам. Наибольшее достоверное снижение уровня ОХ наблю-

далось на фоне монотерапии никотином 3-ГП и на фоне введения комбинации симвастатина и никотината 3-ГП (на 38 и 30 % соответственно), причем последняя приводила к более эффективному снижению ОХ. На фоне введения фумарата 3-ГП уровень ОХ также достоверно снижался на 32 % (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Уровень общего холестерина в сыворотке крови подопытных животных при экспериментальном аллоксановом диабете с экзогенной гиперхолестеринемией + витамин D
The level of total cholesterol in the blood serum of test animals

Серия / Series	Средний уровень ОХ, ммоль/л / Mean levels of total cholesterol, mmol/l ($M \pm m$)	Степень достоверности (* – по отношению к интактным животным; ** – по отношению к контрольной группе) / The degree of veracity (* – with respect to intact animals; ** – relative to control)
Интактные крысы / Intact animals	1,44 ± 0,70	
Контрольная группа / Control	2,13 ± 0,50	$p^* < 0,05$
Фумарат 3-ГП 25 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 25 mg/kg per os	1,52 ± 0,10	$p^{**} < 0,05$
Фумарат 3-ГП 50 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 50 mg/kg per os	1,45 ± 0,02	$p^{**} < 0,05$
Мексидол 25 мг/кг в/м / Mexidol 25 mg/kg intramuscularly	1,73 ± 0,20	$p^{**} > 0,05$
Мексидол 50 мг/кг в/м / Mexidol 50 mg/kg intramuscularly	1,37 ± 0,15	$p^{**} > 0,05$
Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os	1,32 ± 0,30	$p^{**} < 0,05$
Симвастатин 1 мг/кг per os / Simvastatin 1 mg/kg per os	1,65 ± 0,20	$p^{**} < 0,05$
Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os + симвастатин 1 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os + simvastatin 1 mg/kg per os	1,50 ± 0,14	$p^{**} < 0,05$
Никотиновая кислота 50 мг/кг per os / Nicotinic acid 50 mg/kg per os	1,60 ± 0,30	$p^{**} > 0,05$



Уровень ТГ в сыворотке крови крыс на фоне экспериментального диабета был достоверно выше, чем у интактных крыс на 45 %. Наибольшее снижение ТГ происходило на фоне терапии никотиновой кислотой – на 42 % по отношению к контрольной группе. На фоне монотерапии симвастатином

уровень ТГ снижался на 21 % по отношению к контролю. Исследуемые соединения (никотинат 3-ГП, никотинат 3-ГП в комбинации с симвастатином и фумарат 3-ГП) привели к сопоставимому с симвастатином снижению уровня ТГ на 22, 15 и 26 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Уровень ТГ в сыворотке крови белых крыс при аллоксановом диабете с экзогенной гиперхолестеринемией + витамин D на фоне терапии исследуемыми соединениями и препаратами сравнения

The level of triacylglycerols in the blood serum of white rats with experimental diabetes

Серия / Series	Средний уровень ТГ, ммоль/л / Mean levels of triacylglycerols, mmol / l ($M \pm m$)	Степень достоверности (* – по отношению к интактным животным; ** – по отношению к контролю; # – по отношению к группе мексидола в дозе 50 мг/кг; ^ – по отношению к группе симвастатина; & – по отношению к группе никотиновой кислоты) / The degree of veracity (* – with respect to intact animals; ** – relative to control; # – relative to mexidol 50 mg/kg; ^ – relative to simvastatin; & – relative to nicotinic acid)
1	2	3
Интактные крысы / Intact animals	$0,56 \pm 0,20$	
Контрольная группа / Control	$0,81 \pm 0,30$	$p^* < 0,001$
Фумарат 3-ГП 25 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 25 mg/kg per os	$0,76 \pm 0,04$	$p^{**} < 0,05$; $p^{\#} > 0,05$; $p^{\wedge} > 0,05$; $p^{\&} < 0,05$
Фумарат 3-ГП 50 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 50 mg/kg per os	$0,60 \pm 0,02$	$p^{**} < 0,05$; $p^{\#} < 0,05$; $p^{\wedge} > 0,05$; $p^{\&} < 0,05$
Мексидол 25 мг/кг в/м / Mexidol 25 mg/kg intramuscularly	$0,66 \pm 0,05$	$p^{**} > 0,05$; $p^{\#} > 0,05$; $p^{\wedge} > 0,05$; $p^{\&} < 0,05$

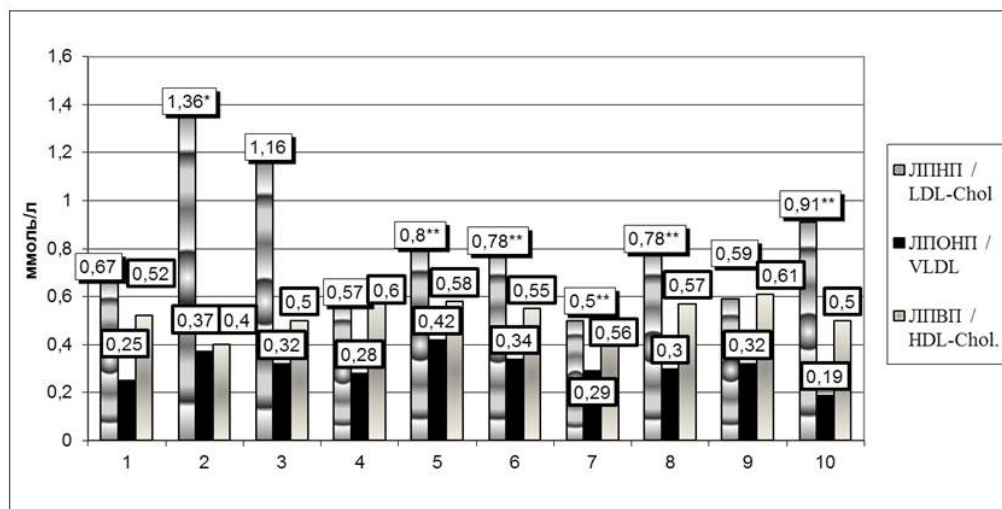
1	2	3
Мексидол 50 мг/кг в/м / Mexidol 50 mg/kg intramuscularly	0,74 ± 0,07	p** > 0,05; p^ > 0,05; p& < 0,05
Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os	0,63 ± 0,03	p** < 0,05; p# < 0,05; p^ < 0,05; p& < 0,05
Симвастатин 1 мг/кг per os / Simvastatin 1 mg/kg per os	0,64 ± 0,03	p** < 0,05; p# > 0,05; p& < 0,05
Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os + симвастатин 1 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os + simvastatin 1 mg/kg per os	0,69 ± 0,05	p** < 0,05; p# > 0,05; p^ < 0,05; p& < 0,05
Никотиновая кислота 50 мг/кг per os / Nicotinic acid 50 mg/kg per os	0,47 ± 0,07	p** < 0,05; p# > 0,05; p^ > 0,05

Новые производные 3-ГП (никотинат 3-ГП, никотинат 3-ГП в комбинации с симвастатином, а также фумарат 3-ГП) вызвали достоверное снижение холестерина ЛПНП на 63, 57 и 58 % соответственно. В группе животных, получавших монотерапию симвастатином, наблюдалось снижение уровня холестерина ЛПНП на 43 % по отношению к контрольной группе. Уровень холестерина ЛПНП в сыворотке крови белых крыс, получавших никотиновую кислоту, был ниже, чем в контрольной группе, на 33 %.

Данные по изменению уровней холестерина ЛПВП и ЛПОНП в группах отличались и были недостоверны (рис. 2).

Обсуждение и заключения

Таким образом, исследуемые нами соединения (фумарат 3-ГП и никотинат 3-ГП в дозах 50 мг/кг) проявляют выраженную метаболическую активность, достоверно снижая уровень глюкозы, ОХ, ТГ и холестерина ЛПНП. Именно этот факт, очевидно, обуславливает отсутствие летальности в группах крыс, получавших исследуемые соединения на модели аллоксанового диабета с экзогенной гиперхолестеринемией. В связи с этим перспективным представляется дальнейшее изучение новых соединений из группы 3-ГП в качестве корректоров метаболических нарушений при СД.



1 – Интактные животные / Intact animals

2 – Контрольная группа / Control

3 – Фумарат 3-ГП 25 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 25 mg/kg per os

4 – Фумарат 3-ГП 50 мг/кг per os / Fumarate 3-HP 50 mg/kg per os

5 – Мексидол 25 мг/кг в/м / Mexidol 25 mg/kg intramuscularly

6 – Мексидол 50 мг/кг в/м / Mexidol 50 mg/kg intramuscularly

7 – Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os

8 – Симвастатин 1 мг/кг per os / Simvastatin 1 mg/kg per os

9 – Никотинат 3-ГП 50 мг/кг per os + симвастатин 1 мг/кг per os / Nicotinate 3-HP 50 mg/kg per os + simvastatin 1 mg/kg per os

10 – Никотиновая кислота 50 мг/кг per os / Nicotinic acid 50 mg/kg per os

Примечание: * – степень достоверности по отношению к интактным животным; ** – степень достоверности по отношению к группе контроля / Note: *– degree of veracity with respect to intact animals; ** – degree of veracity relative to control)

Р и с. 2. Влияние новых производных 3-ГП и препаратов сравнения на уровень ЛПНП, ЛПОНП и ЛПВП в сыворотке крови белых крыс при аллоксановом сахарном диабете и экзогенной гиперхолестеринемии

F i g. 2. Impact of new derivatives 3-HP and comparator drugs on LDL-CHOL, VLDL, HDL-CHOL in the blood serum of white rats with experimental diabetes

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Kannel W.** Fifty years of Framingham Study contributions to understanding hypertension // *J. Hum. Hypertens.* 2000. Vol. 14, No. 2. P. 83–90. URL: <http://ajh.oxfordjournals.org/content/by/year/2000>.
2. **Дугин И. Н.** Новые противодиабетические препараты // *Фармацевтический вестник.* 2004. № 36. С. 34–35. URL: <http://www.pharmvestnik.ru/archive/1/270565.html>.
3. **Джанашия П. Х., Мирина Е. Ю.** Лечение сахарного диабета 2 типа // *Русский медицинский журнал.* 2005. Т. 13, № 26. С. 1761–1766. URL: http://www.rmj.ru/archive/yubiley_nyy_vypusk.
4. **Смирнов Л. Д., Донцов А. Е., Островский М. А.** Ингибирование фотоиндуцированного липофусциновыми гранулами из клеток пигментного эпителия глаза человека окисление липидов с помощью гетероароматических антиоксидантов из класса 3-оксипиридинов // *Молекулярная медицина.* 2007. С. 56–59. URL <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=437489>.
5. Изучение метаболической активности нового производного никотиновой кислоты при сахарном диабете у крыс : мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы современной эндокринологии» / Е. В. Семенова [и др.]. М., 2008. С. 32. URL: <http://www.enc.su/kg/rs/Tezisi.pdf>.
6. **Дедов И. И., Шестакова М. В., Максимова М. А.** Федеральная целевая программа сахарный диабет. М, 2002. С. 10–12. URL: http://www.voed.ru/fcp_sd.htm.
7. Angiotensin II receptor gene polymorphism in human essential hypertension / A. Bonnardeaux [et al.] // *Hypertension.* 1994. Vol. 24. P. 63–69. URL: http://humbio.ru/humbio/car_g/000070b8.htm.
8. **Katsuyuki A., Hiroshi O., Shynya U.** Anti-albuminuric effect of the aldosterone blocker eplerenone in non-diabetic hypertensive patients with albuminuria: a double-blind, randomised, placebo-controlled trial // *The Lancet Diabetes & Endocrinology.* 2014. Vol. 2, No. 12. P. 944–953. URL: [http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(14\)70194-9/abstract](http://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(14)70194-9/abstract).
9. **Шостак Н. А., Аничков Д. А.** К вопросу о диагностических критериях метаболического синдрома // *Русский медицинский журнал.* 2002. № 27. С. 1255–1257. URL: http://www.rmj.ru/archive/metabolicheskiy_sindrom_kardiologiya_novosti_farmkompaniy_istoriya_medititsiny.
10. Возможность коррекции структурных изменений в миокарде при реперфузионном повреждении с помощью 3-оксипиридина сукцината и 3-оксипиридина адипината / М. Н. Замотаева [и др.] // *Фундаментальные исследования.* 2014. № 10-6. С. 1103–1106. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35996>.
11. Association of the Renin-Sodium Profile with the risk of Myocardial Infarction in Patients with Hypertension / M. N. Alderman [et al.] // *Engl. J. Med.* 1991. Vol. 324. P. 1098–1104. URL: http://www.academia.edu/17834492/Association_of_the_Renin-Sodium_Profile_with_the_Risk_of_Myocardial_Infarction_in_Patients_with_Hypertension.
12. **Ruggenti P., Perna A., Gerardi G.** Renal function and requirement for dialysis in chronic nephropathy patients on long-term ramipril: REIN follow-up trial // *The Lancet.* 1998. Vol. 352, No. 9136. P. 1252–1256. URL: [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(98\)04433-X/abstract](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(98)04433-X/abstract).
13. Effect of perindopril on 24-hours ambulatory blood pressure monitoring, carbohydrates and lipids metabolism in patients with mild and moderate arterial hypertension and metabolic syndrome / V. Mychka [et al.] // *J. Hypertens.* 2001. Suppl. P. 19–283. URL: <http://ajh.oxfordjournals.org/content/by/year/2001>.
14. **Eberhardt W., Pfeilschifter J.** Nitric oxide and vascular remodeling: spotlight on the kidney // *Kidney Int.* 2007. Suppl. P. 9–16. URL: http://2hlth.com/index.php?option=com_content&view=article&id=88%3Anitric-oxide-and-restenosis&catid=44&Itemid=67.
15. **Семенова Е. В., Инчина В. И., Семенов А. В.** Синтез и исследование фармакологической активности нового экспериментального препарата – фумарата 3-оксипиридина : мат-лы I Междунар. (X Всерос.) Пироговской студенч. науч. мед. конф (16 марта 2006 г.) // *Вестник РГМУ.* 2006. № 2 (49). С. 359. URL: http://vestnik.rsmu.ru/fileadmin/rsmu/img/about_rsmu/departments/red_izdat_otdel/vestnik_2_2006.pdf.
16. **Семенова Е. В.** Возможности фармакологической коррекции гепатопатии печени и нарушений жирового обмена при сахарном диабете 1-го типа // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2009. № 6. С. 138–142. URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=871531>.



17. Семенова Е. В., Инчина В. И., Семенов А. В. Изучение антигипоксической активности новых производных 3-гидроксипиридина // Журнал российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов. 2007. Т. 22, № 2. С. 52. URL: http://sportmed.ru/files/files/literature/journals_RASMIRBI/2007/Журнал_РАСМИРБИ_2007_N22.pdf.

18. Использование новых производных 3-гидроксипиридина с целью метаболических нарушений при диабете / Т. В. Уланова [и др.] // Известия Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1 (6). С. 1315–1317. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2009/2009_1_1315_1317.pdf.

19. Модификация гиполипидемической активности симвастатина никотинатом 3-гидроксипиридина в эксперименте / Т. В. Уланова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14972>.

Поступила 18.01.2016; принята к публикации 10.03.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Уланова Татьяна Вячеславовна, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-1371-4358**, nsruseikin@yandex.ru

Инчина Вера Ивановна, заведующий кафедрой фармакологии и клинической фармакологии с курсом фармацевтической технологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), доктор медицинских наук, профессор, **ORCID: orcid.org/0000-0002-7840-6225**, v.inchina@yandex.ru

Русейкин Николай Сергеевич, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), кандидат медицинских наук, профессор, **ORCID: orcid.org/0000-0003-4429-295X**, nsruseikin@yandex.ru

Худойкина Светлана Вячеславовна, аспирант кафедры фармакологии и клинической фармакологии с курсом фармацевтической технологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), **ORCID: orcid.org/0000-0002-0436-2055**, v.inchina@yandex.ru

Романова Элла Викторовна, доцент кафедры биологической и фармацевтической химии с курсом организации и управления фармацией Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), кандидат химических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-0330-3838**, ella.romanowa@yandex.ru

REFERENCES

1. Kannel W. Fifty years of Framingham Study contributions to understanding hypertension. *J. Hum. Hypertens.* 2000; 2(14):83-90. Available from: http://www.nature.com/jhh/journal/v14/n2/pdf/1000949a.pdf?origin=publication_detail. (In Russ.)

2. Dugin IN. Novyye protivodiabeticheskiye preparaty [New antidiabetic drugs]. *Farmatsevticheskij vestnik* = Pharmaceutical Bulletin. 2004; 36:34-35. Available from: <http://www.pharmvestnik.ru/archive/1/270565.html>. (In Russ.)

3. Dzhnashiya PH, Mirina EYu. Lechenie sakharnogo diabeta 2-go tipa [Treatment of type 2 diabetes]. 2005; 26(13):1761-1766. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* = Russian Medical Journal. Available from: http://www.rmj.ru/articles/obshchie-statii/Lechenie_saharnogo_diabeta_2_tipa. (In Russ.)

4. Smirnov LD, Dontsov AYe, Ostrovsky MA. Ingibirovaniye fotoindutsirovannogo lipofustsinovymi granulami iz kletok pigmentnogo epiteliya glaza cheloveka okisleniye lipidov s pomoshchyu geteroaromaticheskikh antioksidantov iz klassa 3-oksipiridinov [Inhibition of human ocular pigment epithelial cell lipofuscin photo-induced lipid peroxidation by heteroaromatic antioxidant 3-oxyypyridines]. *Molekulyarnaya meditsina* = Molecular Medicine. 2007; 2:56-59. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9544992>. (In Russ.)

Medical sciences

5. Semenova YeV, Inchina VI, Khudoykina TV, Semenov AV. Izucheniye metabolicheskoy aktivnosti novogo proizvodnogo nikotinovoy kisloty pri sakharom diabete u kryv [Study of the metabolic activity of a novel nicotinic acid in diabetes in rats]. Proceedings of All-Russian scientific-practical conference of young scientists and specialists "Actual problems of modern endocrinology" Moscow; 2008:32. Available from: <http://www.enc.su/kgres/Tezisi.pdf>. (In Russ.)

6. Dedov II, Shestakova MV, Maksimova MA. Federalnaya tselevaya programma sakharannyy diabetes [The federal target program Diabetes]. Moscow; 2002:10-12. Available from: http://www.voed.ru/fcp_sd.htm. (In Russ.)

7. Bonnardeaux A, Davies E, Jeunemaitre X, et al. Angiotensin II type 1 receptor gene polymorphisms in human essential hypertension. *Hypertension*. 1994; 24:63-69. Available from: <http://hyper.ahajournals.org/content/24/1/63.full.pdf>.

8. Katsuyuki A, Hiroshi O, Shynya U, et al. Anti-albuminuric effect of the aldosterone blocker eplerenone in non-diabetic hypertensive patients with albuminuria: a double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*. 2014; 2(12):944-953. Available from: [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/landia/PIIS2213-8587\(14\)70194-9.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/landia/PIIS2213-8587(14)70194-9.pdf).

9. Shostak NA, Anichkov DA. K voprosu o diagnosticheskikh kriteriyakh metabolicheskogo sindroma [On the question of the diagnostic criteria of the metabolic syndrome]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* = Russian Medical Journal. 2002; 27:1255-1257. Available from: http://www.rmj.ru/articles/endokrinologiya/K_voprosu_o_diagnosticheskikh_kriteriyah_metabolicheskogo_sindroma. (In Russ.)

10. Zamotayeva MN, Inchina VI, Drozdov IA, et al. Vozmozhnost korrektsii strukturnykh izmeneniy v miokarde pri reperfuizionnom povrezhdenii s pomoshchyu 3-oksipiridina suksinata i 3-oksipiridina adipinata [The possibility of correcting of the structural changes in myocardium caused by reperfusion damages with the help of succinat 3-oxipiridin and adipinat3-oxipiridin]. *Fundamentalnyye issledovaniya* = Fundamental Research. 2014; 6(10):1103-1106. Available from: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35996>. (In Russ.)

11. Alderman MN, Madhavan S, Ooi WL, et al. Association of the Renin-Sodium Profile with the risk of Myocardial Infarction in Patients with Hypertension. *N. Engl. J. Med*. 1991; 324:1098-1104. DOI: <http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM199104183241605>

12. Ruggenti P, Perna A, Gerardi G. Renal function and requirement for dialysis in chronic nephropathy patients on long-term ramipril: REIN follow-up trial. *Lancet*. 1998; 352(9136):1252-1256. Available from: [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(98\)04433-X.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(98)04433-X.pdf).

13. Mychka V, Gornostayev V, Dmitriyev V, et al. Effect of perindopril on 24-hours ambulatory blood pressure monitoring, carbohydrates and lipids metabolism in patients with mild and moderate arterial hypertension and metabolic syndrome / V. Mychka [et al.] // *J. Hypertens*. 2001; 2S:19-283. Available from: <http://ajh.oxfordjournals.org/content/by/year/2001>.

14. Eberhardt W, Pfeilschifter J. Nitric oxide and vascular remodeling: spotlight on the kidney. *Kidney Int. Suppl*. 2007 Aug; 106:S9-S16. Available from: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/25916384/nitric-oxide-vascular-remodeling-spotlight-kidney>.

15. Semenova YeV, Inchina VI, Semenov AV. Sintez i issledovaniye farmakologicheskoy aktivnosti novogo eksperimentalnogo preparata – fumarata 3-oksipiridina [Synthesis and study of the pharmacological activity of a new experimental drug - fumarate 3-hydroxypyridine]. *Vestnik RGMU* = Russian State Medical University Bulletin. 2006; 2(49):359. Available from: http://vestnik.rsmu.ru/fileadmin/rsmu/img/about_rsmu/departments/red_izdat_otdel/vestnik_2_2006.pdf. (In Russ.)

16. Semenova YeV. Vozmozhnosti farmakologicheskoy korrektsii gepatopatii pecheni i narusheniy zhirovogo obmena pri sakharom diabete 1-go tipa [The possibilities of pharmacological correction hepatopathy liver and disorders of lipid metabolism in 1 type diabetes]. *Ekspierimentalnaya i klinicheskaya gastroenterologiya* = Experimental and Clinical Gastroenterology. 2009; 6:138-142. Available from: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=871531>. (In Russ.)

17. Semenova YeV, Inchina VI, Semenov AV. Izucheniye antigipoksicheskoy aktivnosti novykh proizvodnykh 3-gidroksipiridina [Study of antihypoxic activity of new derivatives of 3-hydroxypyridine]. *Zhurnal rossiyskoy assotsiatsii po sportivnoy meditsine i reabilitatsii bolnykh i invalidov* = Journal of



Russian Association of Sports Medicine and Rehabilitation of Sick and Disabled People. 2007; 2(22):52. Available from: http://sportmed.ru/files/files/literature/journals_RASMIRBI/2007/Журнал_РАСМИР-БИ_2007_N22.pdf. (In Russ.)

18. Ulanova TV, Inchina VI, Semenova YeV, Semenov AV. Ispolzovaniye novykh proizvodnykh 3-gidroksipiridina s tselyu metabolicheskikh narusheniy pri diabete [The use of new derivatives of 3-hydroxypyridine with the purpose of metabolic disturbances in diabetics]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* = Samara Scientific Center of the RAS Bulletin. 2009; v11; 1(6):1315-1317. Available from: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2009/2009_1_1315_1317.pdf. (In Russ.)

19. Ulanova TV, Inchina VI, Ruseykin NS. Modifikatsiya gipolipidemicheskoy aktivnosti simvastatina nikotinatom 3-gidroksipiridina v eksperimente [Modification hypolipidemic activity of simvastatin nicotinate 3-hydroxypyridine in experiment]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2014; 5. Available from: <http://www.science-education.ru/119-14972>. (In Russ.)

Submitted 18.01.2016; accepted for publication 10.03.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Tatyana V. Ulanova, associated professor of Normal and Pathological Physiology Chair with course Hygiene, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: orcid.org/0000-0002-1371-4358**, nsruseikin@yandex.ru

Vera I. Inchina, Head of Pharmacology and Clinical Pharmacology Chair with course Pharmaceutical Technology, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), **ORCID: orcid.org/0000-0002-7840-6225**, v.inchina@yandex.ru

Nikolay S. Ruseykin, Head of Normal and Pathological Physiology Chair with course Hygiene, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), professor, **ORCID: orcid.org/0000-0003-4429-295X**, nsruseikin@yandex.ru

Svetlana V. Khudoykina, doctoral student of Pharmacology and Clinical Pharmacology Chair with course Pharmaceutical Technology, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0002-0436-2055**, v.inchina@yandex.ru

Ella V. Romanova, associated professor of Biological and Pharmaceutical Chemistry Chair with course organization and management of Pharmacy, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Chemistry) **ORCID: orcid.org/0000-0002-0330-3838**, ella.romanowa@yandex.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СОСТАВА ТЕЛА СТУДЕНТОВ МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

**Д. С. Блинов, О. А. Смирнова, Н. Н. Чернова,
О. П. Балыкова, С. А. Ляпина**
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. Ткани человеческого тела способны проводить электрический ток. Жидкие среды (вода, кровь, содержимое полых органов), обладают низким импедансом, т. е. хорошо проводят ток, а у тканей более плотных (мышцы, нервы и др.) сопротивление существенно выше. Самым большим импедансом обладают жировая и костная ткани. Биоимпедансометрия – метод, который позволяет определить состав тела человека при помощи измерения электрического сопротивления (импеданса) его тканей.

Актуальность. Данная методика является незаменимым помощником диетологов и фитнес-тренеров. Кроме того, результаты исследования могут оказать неоценимую помощь в назначении эффективного лечения терапевтам, гинекологам, ортопедам и другим специалистам. Биоимпедансометрия помогает определить риски развития сахарного диабета 2 типа, атеросклероза, гипертонической болезни, заболеваний опорно-двигательного аппарата, нарушения эндокринной системы, желчно-каменной болезни и т. д.

Материалы и методы. В перечень параметров состава тела, оцениваемых методом биоимпедансного анализа, входят абсолютные и относительные показатели. В зависимости от методики измерений для всего тела были определены абсолютные показатели: жировая и безжировая (тощая) массы тела, активная клеточная и скелетно-мышечная масса, общая вода организма, клеточная и внеклеточная жидкости. Наряду с ними были рассчитаны относительные (приведенные к массе тела, тощей массе или другим величинам) показатели состава тела.

Результаты исследования. В результате сравнения данных антропометрии и биоимпедансометрии было установлено, что показатели роста, жизненной емкости легких, веса, окружности талии, соотношения окружности талии и бедра, основного обмена, жировой массы тела, нормированной по росту, классификации по проценту жировой массы тела, тощей массы, доли скелетно-мышечной массы у юношей и девушек с нормальной и избыточной массой тела, имели статистически значимые различия.

Обсуждение и заключения. В настоящем исследовании физического развития с учетом состава тела у студентов с избыточной и нормальной массой были установлены статистически значимые гендерные различия по отношению к величине основного обмена, жировой массы тела, нормированной по росту, классификации по проценту жировой массы, тощей массы, доли скелетно-мышечной массы тела. Данные биоимпедансометрии и антропометрии у студентов с нормальной и избыточной массой тела свидетельствуют о необходимости учета показателей состава тела и индекса распределения жировой массы в оценке физического развития.

Ключевые слова: масса тела, основной обмен, физическое развитие, состав тела, ткани, импеданс

Для цитирования: Результаты анализа состава тела студентов методом биоимпедансометрии / Д. С. Блинов [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 192–202. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.192-202



THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE STUDENTS' BODY COMPOSITION BY BIOIMPEDANCE METHOD

**D. S. Blinov, O. A. Smirnova, N. N. Chernova,
O. P. Balykova, S. A. Lyapina**

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. Tissues of the human body can conduct electricity. Liquid medium (water, blood, the contents of hollow bodies), have a low impedance, i.e. good conductors, while denser tissue (muscle, nerves, etc.) resistance is significantly higher. The biggest impedance have fat and bone tissues. The bioimpedancemetry – a method which allows to determine the composition of the human body by measuring electrical resistance (impedance) of its tissues.

Relevance. This technique is indispensable to dieticians and fitness trainers. In addition, the results of the study can provide invaluable assistance in the appointment of effective treatment physicians, gynecologists, orthopedists, and other specialists. The bioimpedance method helps to determine the risks of developing diabetes type 2, atherosclerosis, hypertension, diseases of the musculoskeletal system, disorders of the endocrine system, gall-stone disease and etc.

Materials and Methods. In the list of parameters of body composition assessed by bioimpedance analysis method, included absolute and relative indicators. Depending on the method of measurement of the absolute rates were determined for the whole body. To absolute performance were: fat and skinny body mass index, active cell and skeletal muscle mass, total body water, cellular and extracellular fluid. Along with them were calculated relatively (normalized to body weight, lean mass, or other variables) indicators of body composition.

Results. In the result of the comparison of anthropometric and bioimpedance method found that growth performance, vital capacity, weight, waist circumference, circumference of waist and hip, basal metabolism, body fat mass, normalized on growth, lean mass, percentage skeletal muscle mass in boys and girls with normal and excessive body weight had statistically significant differences.

Discussion and Conclusions. In the present study physical development with consideration of body composition in students with excessive and normal weight set, statistically significant gender differences in relation to the value of basal metabolism, body fat mass, normalized on growth, classification by percentage of fat mass, lean mass, percentage skeletal muscle and body mass. These bioimpedance method and anthropometry among students with normal and excessive body weight highlight the need for incorporating indicators of body composition and index of distribution of fat mass in the assessment of physical development.

Keywords: body weight, basal metabolism, physical development, body composition, tissue, impedance

For citation: Blinov DS, Smirnova OA, Chernova NN, Balykova OP, Lyapina SA. The results of the analysis of the students' body composition by bioimpedance method. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):192-202. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.192-202

Введение

В настоящее время наиболее широко используемым в клинической практике и скрининговых исследованиях методом является биоимпедансный анализ – контактный метод измерения электрической проводимости биологических тканей, дающий возможность оценки широкого спектра морфологических и физиологических параметров

организма. При проведении данного анализа учитываются такие показатели как активное и реактивное сопротивление тела человека или его сегментов на различных частотах. На их основе рассчитываются следующие характеристики состава тела: жировая, тощая, клеточная и скелетно-мышечная масса, объем и распределение воды в организме [1–2]. Под составом тела при-

нято понимать деление массы тела на 2 или несколько взаимодополняющих компонентов. Например, представление массы тела в виде суммы жировой и безжировой масс используется для диагностики избыточной массы тела и ожирения, а также для оценки риска сопутствующих заболеваний.

Материалы и методы

Физическая сущность использованного метода заключается в измерении 2 видов сопротивления тканей человеческого организма (резистивное и реактивное) с помощью 2 пар электродов в цепи рука–туловище–нога и использованием зондирующего синусоидального тока с постоянной частотой 50 кГц, мощность не более 500–800 мкА (высокая частота, малая мощность) в диапазоне измеряемых значений импеданса биологического объекта от 200 до 1 000 Ом [3].

Биоимпедансное определение состава тела проводилось на аппарате «МЕДАСС» с помощью контактного метода измерения пассивных электрических свойств организма. В перечень оцениваемых параметров состава тела

входили абсолютные и относительные показатели. В зависимости от методики измерений абсолютные показатели определяли для всего тела. К ним относились: жировая (ЖМТ) и безжировая (тощая) массы тела (БМТ, ТМ), активная клеточная (АКМ) и скелетно-мышечная масса (СММ), общая вода организма (ОВО), клеточная и внеклеточная жидкости (КЖ, ВКЖ). Наряду с ними рассчитывались относительные (приведенные к массе тела, тощей массе или другим величинам) показатели состава тела [3–4].

Антропометрические параметры – линейные и весовые размеры тела (длина, масса и объем тела, окружность талии и бедер) – измерялись по стандартной методике с использованием антропометра, напольных весов и измерительной ленты. Кроме этого, вычислялись индекс массы тела (ИМТ), а также индекс распределения жировой ткани, равный отношению окружности талии (ОТ) к окружности бедер (ОБ). Площадь поверхности тела (ППТ) оценивали, зная длину и массу тела.

Таблица 1

Table 1

Международная классификация ИМТ

International classification of body mass index (BMI)

Классификация / Classification	ИМТ (кг/м ²) / BMI (kg/m ²)
Низкий ИМТ (группа I) / Low BMI (group I)	< 18,50
Норма (группа II) / Norm (group II)	18,50–24,99
Высокий ИМТ (группа III) / High BMI (group III)	≥ 25,00
Ожирение (группа IV) / Lipotrophy (group IV)	≥ 30,00



Результаты исследования

Было установлено, что показатель избыточной массы тела преобладал у студентов-юношей (40 %; для срав-

нения: у девушек – 32 %. Недостаточная масса тела, наоборот, была более характерна для студенток (25 %), чем для юношей (19 %).

Т а б л и ц а 2

Table 2

Показатели антропометрии у студентов с нормальной массой тела

Indicators anthropometry of students with normal body weight

Показатели / Indicators	Студенты с нормальной массой тела / Students with normal body weight			
	М	Р	М	Р
	Юноши / Male		Девушки / Female	
Рост, см / Growth, sm	172,5 ± 22,4	173–181	165,2 ± 7,7	158–171
Вес, кг / Weight, kg	69,4 ± 4,1	66–72	56,9 ± 7,3	53,0–62,0
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	21,1 ± 0,9	21,3–20,5	22,9 ± 1,3	18,9–21,5

Т а б л и ц а 3

Table 3

Показатели антропометрии у студентов с избыточной массой тела

Indicators anthropometry of students with overweight

Показатели / Indicators	Студенты с избыточной массой тела / Students with overweight			
	М	Р	М	Р
	Юноши / Male		Девушки / Female	
Рост, см / Growth, sm	181,4 ± 7,2	178,5–187,5	162,0 ± 6,4	156–165
Вес, кг / Weight, kg	92,0 ± 13,8	82,5–98,5	71,7 ± 8,6	63,0–80,0
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	27,9 ± 3,4	25,5–29,8	27,2 ± 1,6	25,9–28,7

В результате сравнения данных антропометрии и биоимпедансометрии было установлено, что показатели роста, жизненной емкости легких, веса, ОТ, соотношения ОТ и ОБ, основного обмена (ОО), нормированной по росту ЖМТ, классификации по проценту ЖМТ, ТМ, доли СММ у юношей и девушек с нормальной и избыточной массой тела, имели статистически значимые различия.

Показатель ИМТ у студентов с избыточной массой не имел значимых гендерных различий. Параметры индекса распределения жировой ткани (ОТ/ОБ), ТМ и доли СММ у юношей и девушек с нормальной и избыточной массой были статистически значимо различными. Результаты корреляционного анализа антропометрических показателей указывают на наличие достоверных связей между РТ и ИМТ студентов ($R = 0,587$; $p < 0,0001$), а также между МТ и ИМТ ($R = 0,793$; $p < 0,00001$). Эти данные согласуются с исследованиями других авторов, которыми установлена относительно большая независимость значений ИМТ от показателей роста.

В настоящее время методы оценки физического развития не учитывают состав тела. В тоже время наличие избыточной массы может быть связано с развитием мышечной массы у студентов, занимающихся физической культурой [5–6].

Данные биоимпедансометрии и антропометрии у студентов с нормальной и избыточной массой тела свидетельствуют о необходимости учета показателей состава тела и индекса распределения жировой массы в оценке физического развития.

Основной обмен – один из показателей интенсивности обмена веществ и энергии в организме; выражается количеством энергии, необходимой для

поддержания жизни в состоянии полного физического и психического покоя, натощак, в условиях теплового комфорта. Отражает энергетические траты организма, обеспечивающие постоянную деятельность сердца, почек, печени, дыхательной мускулатуры и некоторых других органов и тканей. Освобождаемая в ходе метаболизма тепловая энергия расходуется на поддержание постоянства температуры тела. Величину ОО обычно выражают количеством тепла в килокалориях (ккал) или в килоджоулях (кДж) в расчете на 1 кг массы или 1 м² поверхности тела за 1 ч или 1 сут. Величина, или уровень, ОО зависит от возраста человека, веса (массы) тела, пола и некоторых других факторов [4; 7]. В среднем величина ОО у мужчины весом 70 кг составляет около 1 700 ккал в сутки (1 ккал на 1 кг веса в 1 ч). У женщин интенсивность ОО ниже примерно на 10–15 %.

По результатам нашего исследования, расчетный показатель ВОО у обследованных студентов в среднем соответствовал $1\,499,3 \pm 36,8$ ккал, что на 4 % ниже должной величины и находится в пределах допустимых нормативных колебаний (до 10 %). Данный интегральный показатель интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме юношей был достоверно выше, чем у девушек ($p < 0,001$), что соответствует литературным данным. У студентов с дефицитом массы тела ВОО составила $1\,349,5 \pm 68,15$ ккал, которая находится ниже нормативных параметров, что свидетельствует о преобладании анаболических процессов в организме, а у студентов с избыточной массой тела наблюдалась величина основного обмена равная $1\,605,9 \pm 162,49$ ккал, что свидетельствует о пониженной физической нагрузке.



Средние значения основного обмена для взрослого населения

The average values of basal metabolism in adults

Основной обмен / Basal metabolism			
Мужчины (18–29 лет) / Male (18–29 years)		Женщины (18–29 лет) / Female (18–29 years)	
Масса, кг / Weight, kg	Ккал/сут. / Kcal/day	Масса, кг / Weight, kg	Ккал/сут. / Kcal/day
50	1 450	40	1 080
55	1 520	45	1 150
60	1 590	50	1 230
65	1 670	55	1 300
70	1 750	60	1 380
75	1 830	65	1 450
80	1 920	70	1 530
85	2 010	75	1 600
90	2 110	80	1 680

Показатели биоимпедансометрии у студентов с нормальной массой тела

Indicators bioimpedance students with normal body weight

Показатели / Indicators	Студенты с нормальной массой тела / Students with normal body weight	
	М ± Std.Dev, юноши / M ± Std.Dev, male	М ± Std.Dev, девушки / M ± Std.Dev, female
ОО, ккал/сут. / BM, kcal/day	1 847,7 ± 217,5	1 401,6 ± 99,7
ЖМТ, кг, норм. по росту / Body fat mass, kg, on the growth	9,5 ± 3,4	16,2 ± 5,1
Классиф. по % ЖМТ / Classification % body fat mass	13,7 ± 4,6	27,6 ± 5,9
ТМ, кг / Lean body mass, kg	58,9 ± 4,8	40,8 ± 5,9
Доля СММ / The proportion of skeletal muscle mass, %	60,0 ± 8,7	49,0 ± 2,0

Таблица 6

Table 6

Показатели биоимпедансометрии у студентов с избыточной массой тела
Indicators bioimpedance students are overweight

Показатели / Indicators	Студенты с избыточной массой тела / Students are overweight	
	М ± Std.Dev, юноши / M ± Std.Dev, male	М ± Std.Dev, девушки / M ± Std.Dev, female
ОО, ккал/сут. / BM, kcal/day	2 025,0 ± 194,6	1 379,7 ± 50,4
ЖМТ, кг, норм. по росту / Body fat mass, kg, on the growth	22,18 ± 8,10	26,90 ± 4,60
Классиф. по % ЖМТ / Classification % body fat mass	23,8 ± 6,4	34,0 ± 3,2
ТМ, кг / Lean body mass, kg	68,9 ± 8,3	41,8 ± 4,3
Доля СММ / The proportion of skeletal muscle mass, %	52,4 ± 1,6	43,2 ± 0,9

Чем выше в организме процент АКМ, тем больше человек тратит энергии (включая затраты на пищевой термогенез, базальный обмен и физическую активность) и тем быстрее худеет, поскольку в АКМ происходит основное сжигание калорий. При дефиците активной массы запасание жира будет продолжаться даже при низкой калорийности рациона. У здорового человека процент АКМ составляет около 75–85 % веса. При более низком ее содержании можно предположить патологию щитовидной железы (с усилением обмена веществ) или печени. Следует тщательно следить, чтобы во время программы по снижению веса доля АКМ сохранялась примерно на том же уровне [4; 8]. Важно, чтобы масса тела снижалась за счет жировой массы вместо сжигания белков мышц, как это часто происходит при быстрым похудении, при соблюдении диеты с низким содержанием белка. С умень-

шением доли АКМ снижается масса тела, однако нарушается клеточное питание и функция внутренних органов. Чем активнее силовая физическая нагрузка, тем больше увеличивается мышечная масса, и, соответственно, тем выше процент АКМ. При этом требуется повышенное поступление белка с пищей, что неравнозначно увеличению калорийности рациона. Процесс набора веса должен происходить за счет повышения содержания в организме сухой мышечной массы, однако часто, при несбалансированном питании, увеличение массы тела идет также за счет большого количества жировых отложений.

Недостаток костной массы может быть признаком остеопороза, нарушения структуры костной ткани, что ведет к повышенному риску возникновения переломов. Нередко такое состояние наблюдается при несбалансированном питании с дефицитом кальция,



магния и некоторых витаминов в рационе, малоподвижном образе жизни, нарушении обмена веществ, заболеваниях ЖКТ. Вероятность развития остеопороза также повышена при избыточном или недостаточном весе. Кальций является основным структурным элементом костной ткани, и поэтому дефицит данного минерала отражается в понижении доли костной массы в организме. Также кальций необходим для работы мышц, свертывания крови и функционирования нервной системы. Вот почему очень важно определять процент костной массы перед разработкой любой программы похудения и спортивных тренировок, с обязательным контролем этого показателя в динамике [1; 7].

Жировая ткань необходима организму: это запас энергии, витаминов и жирных кислот, которые являются участниками жизненно важных процессов. Жировые клетки выполняют защитную и теплоизолирующую функции, накапливают и синтезируют некоторые гормоны. Именно поэтому организм активно защищает свои жировые

запасы (например, мышечная масса расщепляется легче, чем жировая, и в этом главная опасность быстрого похудения). Однако избыток жировой массы вызывает в организме многочисленные нарушения: во-первых, для кровоснабжения жировой ткани увеличивается сеть кровеносных сосудов, что создает дополнительную нагрузку на сердце; во-вторых, в жировых клетках накапливаются шлаки и токсины; в-третьих, возникают гормональные нарушения; в-четвертых, при значительном избыточном весе увеличивается нагрузка на суставы и позвоночник; в-пятых, повышается риск развития атеросклероза сосудов, который, в свою очередь, может привести к серьезным последствиям в виде инфаркта и инсульта [2–4].

Во многих исследованиях указывают на наличие связи между физическим развитием и показателями функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) – частотой сердечного сокращения (ЧСС), систолическим (САД) и диастолическим (ДАД) артериальным давлением [8–9].

Таблица 7

Table 7

Характеристика показателей в зависимости от ИМТ

Characteristic parameters depending on the BMI

Показатели / Indicators	Студенты с нормальной массой тела / Students with normal body weight	
	М, юноши / M, male	М, девушки / M, female
ЖЕЛ, л / The vital lung capacity, l	4,9 ± 0,8	3,5 ± 0,5
САД, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mm Hg	112,1 ± 6,2	111,6 ± 9,1
ДАД, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mm Hg	71,3 ± 6,0	70,6 ± 7,9

Характеристика показателей в зависимости от ИМТ

Characteristic parameters depending on the BMI

Показатели / Indicators	Студенты с избыточной массой тела / Students are overweight	
	М, юноши / M, male	М, девушки / M, female
ЖЕЛ, л / The vital lung capacity, l	5,6 ± 0,8	3,65 ± 0,5
САД, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mm Hg	119,1 ± 6,1	114,7 ± 8,1
ДАД, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mm Hg	77,4 ± 5,1	72,5 ± 7,6

Коэффициент корреляции между МТ и САД составил $R = 0,288$ ($p = 0,001$); МТ и ДАД – $R = 0,250$ ($p = 0,004$); РТ и САД – $R = 0,412$ ($p < 0,00001$); РТ и ДАД – $R = 0,285$ ($p = 0,001$). Эти данные указывают на наличие прямой взаимосвязи гемодинамических показателей с МТ и РТ. Между тем эта связь оказалась более сильно выраженной между МТ и САД, чем между РТ и исследованными гемодинамическими показателями. О тесной связи ИМТ и МТ с САД свидетельствуют исследования других авторов [1; 4]. Выявленная нами и другими авторами специфика сопряженности соматических и гемодинамических показателей, связанных с антропометрическими параметрами, позволяет прийти к заключению о том, что САД является маркером напряжения регуляторных механизмов ССС при увеличении ИМТ.

Обсуждение и заключение

Таким образом, большинство обследованных студентов имели нормальную массу тела, однако зарегистрированы случаи отклонений весоростовых показателей от нормальных значений. Особенно noteworthy тот факт, что среди молодых людей были зарегистрированы случаи избыточной массы тела, что является одним из факторов риска развития сердечно-сосудистой патологии. Интенсивность обмена веществ и энергии, определенная по величинам ОО, в среднем соответствует норме, что позволяет говорить о равном соотношении процессов анаболизма и катаболизма в организме студентов очной формы обучения. Однако величина ОО у студентов с избыточной массой тела и ожирением свидетельствует о недостаточной физической нагрузке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Журавлева И. В. Поведенческие факторы здоровья подростков // Социология медицины. 2002. № 1. С. 32–47. URL: <http://www.isras.ru/publ.html?id=1574>.
2. Human body composition / S. B. Heymsfield [et al.]. 2nd ed. Champaign ; IL : Human Kinetics, 2005. 533 p. URL: <http://www.humankinetics.com/products/all-products/human-body-composition-2nd-edition>.
3. Результаты анализа антропометрических и биоимпедансометрических исследований у студентов города омска [Электронный ресурс] / Е. Г. Блинова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13749> (дата обращения 11.03.2016).



4. **Шукшин В. И.** Научно-организационное обоснование мероприятий по сохранению здоровья студентов (на примере национального исследовательского мордовского университета) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2015. 165 с. URL: <http://www.dslib.net/medicina/nauchno-organizacionnoe-obosnovanie-meroprijatij-po-sohraneniju-zdorovja-studentov.html>.

5. **Смирнова О. А., Лукьянова Т. В.** Об употреблении психоактивных веществ студентами вуза // Основные проблемы в современной медицине : сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 2015). С. 131–133. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24321005>.

6. Анализ качества медицинской помощи пациенту стационара / О. А. Смирнова [и др.] // Вестник новых медицинских технологий : электронное издание. 2015. № 1. С. 1–5. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23131690>.

7. **Мартыросов Э. Г., Николаев Д. В., Руднев С. Г.** Технологии и методы определения состава тела человека. М. : Наука, 2006. 256 с. URL: <http://www.medass.ru/news/book2006.pdf>.

8. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д. В. Николаев [и др.]. М. : Наука, 2009. 392 с. URL: <http://www.medass.ru/news/book2009.pdf>.

9. **Кулаков В. Н., Филиппова С. Н., Горшков А. Г.** Мониторинг антропологических показателей и функционального состояния организма абитуриентов // Здравоохранение Российской Федерации. 2005. № 1. С. 22–25. URL: <http://medical-diss.com/medicina/kompleksnoe-sotsialno-gigienicheskoe-issledovanie-zdorovya-studentov-meditsinskogo-vuza>.

Поступила 12.08.2015; принята к публикации 10.03.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Блинов Дмитрий Сергеевич, заведующий кафедрой общественного здоровья, организации здравоохранения и фармации с курсами гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор медицинских наук, доцент, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8385-4356>**, blinov-pharm@yandex.ru

Смирнова Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры анестезиологии и реаниматологии Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0153-3605>**, oa-smirnova@mail.ru

Чернова Наталья Николаевна, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат педагогических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0165-4706>**, chernovanatascha@yandex.ru

Балыкова Оксана Павловна, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат медицинских наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3921-4930>**, balykova.oxana@yandex.ru

Ляпина Светлана Анатольевна, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии с курсом гигиены Медицинского института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат биологических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8290-9418>**, Lyapina13sveta@yandex.ru

REFERENCES

1. Zhuravleva IV. Povedencheskiye faktory zdorovya podrostkov [Behavioral factors of adolescent health]. *Sotsiologiya meditsiny* = Sociology of Medicine. 2002; 1:32-47. Available from: <http://www.isras.ru/publ.html?id=1574>. (In Russ.)

2. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, et al. Human body composition. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.

3. Blinova YeG, Akimova IS, Chesnokova MG, Demakova LV. Rezultaty analiza antropometricheskikh i bioimpedansometricheskikh issledovaniy u studentov goroda Omska [Results of the anthropometric and bioelectrical impedance analysis research students of Omsk]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2014; 3. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13749>. (In Russ.)

4. Shukshin VI. Nauchno-organizatsionnoye obosnovaniye meropriyatiy po sokhraneniyu zdorovya studentov (na primere Natsionalnogo Issledovatel'skogo Mordovskogo Universiteta: avtoreferat dissertatsii kandidata meditsinskikh nauk. [Scientific justification of organizational measures to preserve the health of students (for example of Mordovia State University)]. Moscow; 2015. Available from: <http://www.dslib.net/medicina/nauchno-organizatsionnoe-obosnovanie-meropriyatiy-po-sokhraneniyu-zdorovya-studentov.html>. (In Russ.)

5. Smirnova OA, Lukyanova TV. Ob upotreblenii psihoaktivnykh veshchestv studentami vuza [On use of mentally active substances of high school students]. In: *Osnovnyye problemy v sovremennoy medicine: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The main problems in modern medicine: proceedings]. Volgograd; 2015:131-133. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24321005>. (In Russ.)

6. Smirnova OA, Blinov DS, Shukshin VI, Vasilkina OV, Kachayeva YuI. Analiz kachestva medicinskoy pomoshhi patsientu statsionara [Analysis of the quality of medical care to hospital patient]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* = Bulletin of new Medical Technologies. 2015; 1:1-5. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23131690>. (In Russ.)

7. Martirosov JeG, Nikolayev DV, Rudnev SG. Tehnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka [Technology and methods of determining body composition]. Moscow: Nauka; 2006. Available from: <http://www.medass.ru/news/book2006.pdf>. (In Russ.)

8. Nikolayev DV, Smirnov AV, Bobrinskaya IG, et al. Bioimpedansnyy analiz sostava tela cheloveka [Bioimpedance analysis of human body composition]. Moscow: Nauka; 2009. Available from: <http://www.medass.ru/news/book2009.pdf>. (In Russ.)

9. Kulakov VN, Filippova SN, Gorshkov AG. Monitoring antropologicheskikh pokazateley i funktsionalnogo sostoyaniya organizma abiturientov [Monitoring anthropological indicators and the functional state of the organism students.] *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii* = Health of the Russian Federation. 2005; 1:22-25. Available from: <http://medical-diss.com/medicina/kompleksnoe-sotsialno-gigienicheskoe-issledovanie-zdorovya-studentov-meditsinskogo-vuza..> (In Russ.)

Submitted 12.08.2015; accepted for publication 10.03.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Dmitry S. Blinov, head of Public Health, Health Organization and Pharmacy Chair with a course of Hygienics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Medicine), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8385-4356>**, blinov-pharm@yandex.ru

Oksana A. Smirnova, senior lecturer of Anesthesiology and Reanimatology chair, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0153-3605>**, oa-smirnova@mail.ru

Natalya N. Chernova, associate professor of Normal and Pathological Physiology Chair with a course of Hygienics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0165-4706>**, chernovanatascha@yandex.ru

Oksana P. Balykova, associate professor of Normal and Pathological Physiology Chair with a course of Hygienics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Medicine), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3921-4930>**, balykova.oxana@yandex.ru

Svetlana A. Lyapina, associate professor of Normal and Pathological Physiology Chair with a course of Hygienics, Medical Institute, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Biology), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8290-9418>**, Lyapina13sveta@yandex.ru



ПРАВИЛО ПРАВДИВОСТИ И «СВЯТАЯ ЛОЖЬ» В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

Ж. В. Чашина

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. В статье делается акцент на одной из актуальных коллизий в современной медицинской практике – правдивом информировании пациента. Анализ проблемы рассматривается в историческом ракурсе, с приведением взглядов как отечественных, так и зарубежных авторов. Различные мнения и аргументы за и против предоставления информации пациенту о состоянии его здоровья приводятся медицинскими работниками до настоящего времени, несмотря на легализацию предоставления пациенту правдивой информации о состоянии здоровья.

Материалы и методы. Материалом для статьи послужили нормативные и этические документы, включающие положения о праве пациента на получение правдивой информации. Объектом исследования является правило правдивости в медицине, анализ которого происходит на основе диалектического подхода в рамках врачебной этики и ее современной модели – биоэтики. Применение интеграционного подхода позволило рассмотреть обозначенную проблему с позиции морали и права, общества, медицины и отдельной личности. С помощью сравнительно-исторического и аксиологического методов, а также анализа документов и обобщения показана функциональность, эффективность и целесообразность соблюдения правила правдивости на современном этапе развития медицины.

Результаты исследования. В ходе исследования было выявлено, что решение вопроса о правиле правдивости в современной медицинской практике, обосновывающего с позиции современной модели врачебной этики – биоэтики и законодательства, является неотъемлемым правом пациента. Кроме того, показывается неразрывная связь правила правдивости и правила информированного согласия. Эти положения снимают дискуссионный вопрос о наличии «святой лжи» в медицине. Однако в силу абсолютно незыблемой нормы «непричинения вреда» в медицине необходимо учитывать этические и правовые аспекты правила правдивости: долг, право, возможность и целесообразность говорить правду, позволяющие не только с позиции права, но и с точки зрения морали адекватно реализовывать право пациента на предоставление правдивой информации. Сложность вопроса о праве предоставления информации состоит в реализации гносеологического, коммуникационного аспекта и целесообразности. Гносеологический аспект заключается в достоверности информации, уясненной через объективное знание. Целесообразность правила правдивости предполагает наличие цели, которые могут быть как психо-социальными, так и физическими (клинико-физиологическими). Коммуникативная сторона состоит в тактике передачи информации, включающей доброжелательность и использование доступных речевых приемов.

Обсуждение и заключение. В заключении статьи сделан вывод о том, что право пациентов на правдивую информацию в настоящее время является легализованным. Однако проблема применения этого правила существует до сих пор и заключается в умении медика предоставлять информацию. Это в свою очередь требует усвоения гносеологического, морального и правового аспектов правдивости, психо-эмоциональных особенностей человека и их связи с психо-физиологическим состоянием пациента, а также владения техникой субъективного стандарта передачи информации, суть которого состоит в применении аналогий из повседневной жизни пациента. Это знание соответствует основным требованиям предоставления правдивой информации: достоверности, доступности, адекватности и деликатности. Решение рассмотренной в статье проблемы возлагается на биомедицинскую этику и медицинскую психологию.

Ключевые слова: биоэтика, долг, информация, патернализм, право, правдивость, «святая ложь», этическая дилемма

Для цитирования: Чашина Ж. В. Правило правдивости и «святая ложь» в современной медицине // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 203–210. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.203-210

THE RULE OF TRUTH AND “WHITE LIE” IN MODERN MEDICINE

Zh. V. Chashina

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. The article focuses on a topical conflict in contemporary medical practice – truthful patient’s information. Analysis of the problem is considered in historical perspective, by bringing the views of both domestic and foreign authors. Various opinions and arguments for and against providing information to the patient about his health discussions to this day by physicians, despite the legalization provision of truthful information about the state of health.

Materials and Methods. Material for the article was the ethical and regulatory documents that include provisions on the right of the patient in receiving truthful information. On the basis of the dialectical approach in the article, the object of the research is a rule of truthfulness in medicine, the analysis which takes place in the framework of medical ethics and its modern model of bioethics. The application of integrated approach allowed us to consider the problem from a position of morality and law, society, medicine and the individual. Using the following methods: comparative-historical, axiological, document analysis, and synthesis of the functionality, efficiency and appropriateness of the rules of veracity at the present stage of development of medicine.

Results. In the course of the study it was revealed that the issue of the rule of truthfulness in modern medical practice, justifying from the perspective of modern model of medical ethics – bioethics and the law, is the inalienable right of the patient. In addition, you specify the inextricable link between the rule and the truthfulness rule of informed consent. These regulations removed the controversial question of the presence of the “holy lie” in medicine. But due to the absolutely inviolable rules of “no harm” in medicine it is necessary to consider the ethical and legal aspects of rules of veracity: the duty, the right, the opportunity and feasibility to speak the truth, allowing not only the law, but also from the point of view of morality to adequately implement the patient’s right to provide truthful information. The complexity of the issue of the right of providing information consists in the realization of the epistemological, communication aspects and feasibility. The epistemological aspect is the reliability of the information, understood through objective knowledge. The feasibility of rules of truthfulness implies the presence of goals that may be both psycho-social and physical (clinical and physiological). The communicative aspect is in the tactics of information transfer, including accessible and friendly techniques of speech perception for patients.

Discussion and Conclusions. In conclusion the article concludes that the right of patients to truthful information today is legalized. But the problem is implementation of this rule still remains. However the problem still exist today and lies in the ability of the physician to provide the information This in turn requires the assimilation of epistemological, moral and legal aspects of truthfulness, the psychological and emotional characteristics of a person and their relationship to the psychological and physiological state of the patient, as well as the mastery of the technique of subjective standard, the essence of which consists in applying analogies from the day-to-day life of the patient. This knowledge, ability and possession comply with the basic requirements of providing truthful information: reliability, availability, adequacy and delicacy. The solution to this problem rests with biomedical ethics and medical psychology.



Keywords: autonomy, bioethics, debt information, paternalism, right, truth, the “white lie”, the appropriateness, ethical dilemma

For citation: Chashina ZhV. The rule of truth and “white lie” in modern medicine. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):203-210. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.203-210

Введение

Известно, что медицинское знание не является абсолютно достоверным. Гиппократ, которого по праву считают «отцом» медицины, учитывал данный тезис, в связи с которым выработал моральные нормы, способствующие максимальной полезности лечения и максимальному устранению вреда работ медиков.

Правило правдивости как одна из этических норм в современной медицине является уязвимой. С древних времен известно, что как лекарство, так и слово при неправильном применении могут нанести вред.

Модель врачебной этики Гиппократа основана на принципе «не навреди».

Исходя из него, Гиппократ приемлет «святую ложь» в медицинской практике, подтверждение чему содержится его трудах. Гиппократ считал, что от больного многое следует скрывать, чтобы не ухудшить его состояние¹. Отметим, что такая патерналистская позиция предполагает информирование тех лиц, которым следует знать информацию о состоянии больного, без согласия последнего².

Этическую дилемму, возникающую при предоставлении информации или ее сокрытии, которая имеет особую актуальность в современной медицине, можно обнаружить у М. Я. Мудрова – русского ученого-медика, переводчика трудов Гип-

пократа. Так, в «Слове о благочестии и нравственных качествах гиппократова врача» говорится о том, что «многое от больного надобно скрывать»³. Однако в «Слове о способе учить и учиться медицине практической...» М. Я. Мудров пишет: «Обещать исцеление в болезни неизлечимой есть знак или незнающего или бесчестного врача»⁴. В приведенном парадоксе, по мнению А. Я. Иванюшкина [1], зафиксировано противоречие уважения моральной автономии личности, с одной стороны, и гуманного отношения врача – с другой.

Следует обратить внимание на тот факт, что для советской медицины, которая носила патерналистский характер, «святая ложь» была одним правил медицинского деонтологий. В противовес данному мнению вопрос о правдивом информировании больного поднимает российский хирург Н. Н. Петров, высказываясь в пользу обязательности адекватного информирования, включающего упоминание о риске, возможности инфекции, побочных повреждений и т. д.⁵. Однако уже к концу XX в. в связи с усилением экспериментальности в области медицины были разработаны такие документы как Нюрнбергский кодекс, Хельсинская декларация, Конвенция по правам человека и биомедицине, Всеобщая декларация по биоэтике и др., обосновывающие условия проведения исследований на человеке, главным из которых явля-

¹ Гиппократ. Избранные книги. М. : Сварог, 1994. С. 114–115.

² Гиппократ. Избранные книги. М. : Сварог, 1994. С. 115.

³ Мудров М. Я. Слово о благочестии и нравственных качествах гиппократова врача. М., 1814. 100 с.

⁴ Мудров М. Я. Слово о способе учить и учиться медицине практической // Хрестоматия по истории медицины. М. : Медицина, 1968. С. 79–94.

⁵ Петров Н. Н. Вопросы хирургической деонтологии. Л. : Медгиз, 1956. С. 51.

ется добровольное информированное согласие. Кроме того, как врачи, так и общество в целом приходят к мнению о том, что человек имеет право знать правду. Данное право обеспечивает автономии пациента, с одной стороны, и доверительное взаимодействие с врачом – с другой.

Обзор литературы

Основными источниками по анализируемому в статье вопросу послужили работы российских и западных исследователей: Б. Бичампа, Дж. Чилдресса⁶, А. Кемпбелла, Г. Джиллетта, Г. Джонса⁷, П. Д. Тищенко [2], Б. Г. Юдина⁸, А. Я. Иванюшкина⁹, М. Н. Жаровой [3], Ю. М. Хрусталева¹⁰, М. Я. Яровинского¹¹, П. В. Лопатина¹². Эти авторы, разрабатывая научный аппарат биоэтики в виде принципов и правил (в том числе правила правдивости), анализируют их структуру и функциональность. И. В. Силуянова [4] делает акцент на взаимосвязи правового и морального статусов правила правдивости в медицине. Частное значение правила правдивости в отдельных областях медицины обосновывается И. М. Старовойтовой [5] (онкологии), К. Г. Сурновым, Е. Ю. Балашовой [6] (в медицинской психологии), Х. Кохенем [7] (в стоматологии).

Дж. Торвалдсен [8] указывает на необходимость соблюдения правила правдивости при инфекционных заболеваниях; П. Алдерсон [9] рассматривает его применительно к интенсивной терапии несовершеннолетних пациентов. Такие авторы как Э. Сгречча, В. Тамбоне¹³, Э. Кюблер-Росс¹⁴, освещая вопросы, связанные с процессом умирания пациентов, уделяют внимание правдивости врача, считая, что в этом случае правда лучше, чем лживость, поскольку, по мнению Э. Кюблера-Росса, «смерть хороша та, которая происходит на стадии примирения». Также отметим взгляды В. М. Бехтерева, В. Н. Мясищева [10], М. С. Лебединского¹⁵ о роли метода психотерапии в работе с пациентами.

Кроме того, для анализа обсуждаемого в статье вопроса послужили работы Р. Г. Апресяна [11], О. В. Артемьевой [12], А. А. Гусейновой [13], Д. И. Дубровского [14]. Эти авторы рассматривают аксиологические, логико-гносеологические, психологические аспекты таких понятий как *правда* и *ложь*; обращаются ко взглядам И. Канта, который был непримирим в вопросе долга человека говорить правду. По мнению последнего, лгать – значит уничтожать в себе чувство человеческого достоинства.

⁶ Principles of Biomedical Ethics / Eds. T. L. Beauchamp, J. F. Childress. 7th ed. Oxford University Press, 2013. Vol. XVI. 459 p.

⁷ Кемпбелл А., Джиллетт Г., Джонс Г. Медицинская этика : учеб. пособие / пер. с англ. ; под ред. Ю. М. Лопухина, Б. Г. Юдина. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 400 с.

⁸ Биоэтика: принципы, правила, проблемы / под ред. Б. Г. Юдина, П. П. Тищенко. М. : Эдиториал УРСС, 1998. 472 с.

⁹ Введение в биоэтику : учеб. пособие / А. Я. Иванюшкин [и др.]. М. : Прогресс-Традиция, 1998. 384 с.

¹⁰ Хрусталева Ю. М. Биоэтика. Философия сохранения жизни и сбережения здоровья. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 400с.

¹¹ Яровинский М. Я. Лекции по курсу «Медицинская этика». М., 2004. 528 с.

¹² Лопатин П. В. Биоэтика : учебник для вузов / П. В. Лопатин, О. П. Карташова ; под ред. П. В. Лопатина. 4-е изд., перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. 272 с.

¹³ Сгречча Э., Тамбоне В. Биоэтика : учебник / пер. с итал. В. Зелинского, Н. Костомаровой. М. : ББИ, 2002. 413 с.

¹⁴ Кюблер-Росс Э. Жизнь, смерть и жизнь после смерти. Что нам известно? СПб. : ИГ «Весь», 2012. 70 с.

¹⁵ Лебединский М. С. Очерки психотерапии. М. : Медгиз, 1959. 352 с.



Материалы и методы

Материалом для статьи послужили нормативные и этические документы: Нюрнбергский кодекс (1947 г.), Хельсинкская декларация (1975 г.), Конвенция по правам человека и биомедицине (1997 г.), Всеобщая декларация по биоэтике (2005 г.), Этический кодекс российского врача (1994 г.), Основы законодательства РФ об охране здоровья граждан (2011 г.), в частности ст. 20; 22.

Объектом исследования является правило правдивости в медицине, анализ которого происходит на основе диалектического подхода, в рамках врачебной этики и ее современной модели — биоэтики. Применение интегративного подхода позволило рассмотреть обозначенную проблему с позиции морали и права, общества, медицины и отдельной личности. С помощью сравнительно-исторического и аксиологического методов, а также анализа документов и обобщения была показана функциональность, эффективность и целесообразность соблюдения правила правдивости на современном этапе развития медицины.

Результаты исследования

На современном этапе развития медицины основополагающим принципом современной модели врачебной этики является принцип «гуманности и уважения автономии пациента», который предполагает самостоятельное добровольное принятие пациентом решения, касающегося его здоровья, на основе правдивой информации.

Исходя из принципа автономии, законодательство РФ утвердило обязанность медика предоставлять пациенту правдивую информацию¹⁶. Однако следует заметить, что юридический максимум — это, как правило, только этический минимум.

«Святая ложь» и право на получение правдивой информации является одной из морально-этических дилемм, которая рассматривается в биоэтике.

Биоэтика как современная модель врачебной этики обосновывает правило правдивости как одну из этических норм современной медицины через уяснение ее основных аспектов: долг, право, возможность и целесообразность говорить и знать правду [2; 14–15].

Долг быть правдивым заложен в социальной природе человека. Следовательно, моральный долг врача состоит в предоставлении правдивой информации. Кроме того, правдивость — это не только передача точной информации, но и стремление установить с другим человеком открытые и взаимоуважительные отношения [11–14].

Таким образом, вопрос о праве предоставлять правдивую информацию переносится из ценностных ориентиров личности в плоскость социальных взаимодействий, которые регулируются законодательством: ст. 22 «Основ законодательства РФ об охране здоровья граждан» налагает запрет на «святую ложь» и гарантирует право человека на получение правдивой информации о состоянии его здоровья¹⁷.

Сложность вопроса о праве предоставлять правдивую информацию заключается, во-первых, в том, что с точки зрения гносеологии, ни один человек, в том числе медик, не располагает истиной в полном объеме. В соответствии с этим положением, медик должен сообщать пациенту только достоверную информацию, уясненную через объективное знание.

Во-вторых, при предоставлении правдивой информации необходимо учитывать ее целесообразность. Предоставление правды или ее сокрытие

¹⁶ Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан (утв. ВС РФ 22.07.1993 N 5487-1) (ред. от 07.12.2011). Ст. 22.

¹⁷ Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан (утв. ВС РФ 22.07.1993 N 5487-1) (ред. от 07.12.2011). Ст. 22.

является инструментальным, поскольку служит для медика средством достижения внешних целей, которые могут быть как психо-социальными, так и физическими (клинико-физиологическими) [5].

Кроме этого, имеет значение и коммуникативная составляющая, от которой во многом зависит результат процесса лечения. Иными словами, необходимо достижение терапевтического сотрудничества, которое является одним из аспектов основополагающего принципа (уважение человеческого достоинства и прав пациента) современной модели врачебной этики. Тактика передачи информации должна включать в себя доступные и доброжелательные речевые приемы.

Таким образом, критерий правдивости имеет двойственную природу: первым значимым фактором является состояние каждого конкретного пациента, а вторым – оценка того объема информации, который хотел бы получить разумный индивид¹⁸. Данный объем может изменяться в зависимости от тяжести состояния, сложности лечения, степени риска и желаний самого пациента [7–9]. Эти положения зафиксированы в ст. 20; 22 «Основ...», а также в ст. 9; 11 «Этического кодекса Российского врача»¹⁹, в которых учитывается желание пациента знать, не знать или передать третьему лицу информацию о своем здоровье, а также случаи такой передачи.

Правило правдивости в современной медицинской практике напрямую связано с правилом информированного согласия, осуществление которого невозможно без правдивой адекватной информации. Нарушение правила информированного согласия – это не только посягательство на право человека знать правду и его автономию, но

и на такую нравственную ценность как свобода. Обратной стороной последней является ответственность, т. е. способность пациента при наличии у него права на свободный выбор осознавать последствия принимаемого им решения (о согласии или отказе от медицинского вмешательства). Неразрывная связь правила правдивости и правила добровольного информированного согласия указывает на необходимость их соблюдения в современной медицине. Следовательно, с позиций как морали, так и права, дискуссионность вопроса о возможности использования «святой лжи» в современной медицине снимается.

Обсуждение и заключения

Рассматривая структуру и функциональность правила правдивости в современной медицине, приходим к следующему заключению. Проблематичность вопроса о правиле правдивости в медицине на современном этапе состоит в его инструментальности, т. е. умении медика предоставлять информацию. Это положение в свою очередь приводит к выводу о необходимости соответствующего обучения медиков, которое заключается в усвоении знаний гносеологического, морального и правового аспектов правдивости, психико-эмоциональных особенностей человека и их связи с психико-физиологическим состоянием пациента, а также овладении техникой субъективного стандарта передачи информации (применение аналогий из повседневной жизни пациента). Данные знания и умения соответствуют основным требованиям предоставления правдивой информации: достоверности, доступности, адекватности и деликатности.

Нежелание или незнание действия правила правдивости в сфере современной медицины является в основном

¹⁸ Кемпбелл А., Джиллетт Г., Джонс Г. Медицинская этика : учеб. пособие / пер. с англ. ; под ред. Ю. М. Лопухина, Б. Г. Юдина. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2004. С. 41.

¹⁹ Этический кодекс Российского врача. Утв. 4-ой Конференцией Ассоциации врачей России (Ноябрь 1994, г. Москва, Россия).



приверженностью патерналистской модели лечения. Конечно, патернализм является морально оправданным в таких ее областях как психиатрия, педиатрия и т. д. Однако в данной статье речь идет о снятии дискуссионного вопроса о возможности использования «святой лжи» в современной медицинской практике.

Право пациентов на получение правдивой информации, которое в настоящее время является легализованным в современной медицине, предполагает необходимость детального изучения медиками данного вопроса. Решение этой задачи возлагается на биомедицинскую этику и медицинскую психологию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Иванюшкин А. Я.** От этики Гиппократ к биоэтике // Медицинское право и этика. 2004. № 1. URL: <http://rudocor.net/medicine2009/bz-mw/med-jmgax.htm>.
2. **Тищенко П. Д.** Принципы и правила в современной медицине // Социальные и психологические проблемы детской онкологии : мат-лы I Всерос. конф. (4–6 июня 1997, г. Москва).
3. **Жарова М. Н.** Принципы биоэтики и модели взаимоотношений медицинских работников с пациентами // Научно-культурологический журнал. 2010. № 6. URL : www.relga.ru.
4. **Силуанова И. В.** Биоэтика в России: ценности и законы // Медицинское право и этика (спец. вып.). 2001. № 1. URL: <http://refdb.ru/look/1185965.html>.
5. **Старовойтова И. М.** Этика и психология в онкологии // Мат-лы X Рос. онкологич. конгресса. URL: www.rosoncweb.ru/library/congress/ru/10/22.php.
6. **Сурнов К. Г., Тищенко П. Д., Балашова Е. Ю.** Проблемы этики в клинической психологии // Биоэтика и гуманитарная экспертиза: проблемы геномики, психологии и виртуалистики. 2008. Т. 1. С. 141–149. URL: <http://istina.msu.ru/publications/article/3430831>.
7. **Cohen H., Locker D.** The Science and Ethics of Water Fluoridation // Can. Dent. Assoc. 2001. Vol. 67 (10). P. 578–580. URL: <http://www.cda-adc.ca/JCDA/vol-67/issue-10/578.html>.
8. **Thorvaldsen J.** European guideline for testing for HIV infection // Int. J. of STD AIDS. 2001. Vol. 12, Suppl. 3. P. 7–13. URL: <http://www.iusti.org/sti-information/pdf/guidelines.pdf>.
9. **Alderson P.** Consent to Children's Surgery and Intensive Medical Treatment // J. of Law and Society. 1990. Vol. 17. P. 52–65. URL: <http://eprints.ioe.ac.uk/view/divisions/X>.
10. От психоневрологии к медицинской психологии: научная система В. М. Бехтерева и В. Н. Мясищева [Электронный ресурс] / М. А. Акименко [и др.] // Медицинская психология в России : электрон. науч. журн. 2011. № 4. URL: <http://medpsy.ru> (дата обращения 05.03.2016).
11. **Апресян Р. Г.** О праве лгать // Логос. 2008. № 5. С. 4–18. URL: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf.
12. **Артемьева О. В.** Об оправданности лжи из человеколюбия // Логос. 2008. № 5. С. 40–59. URL: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf.
13. **Гусейнов А. А.** Что говорит Кант или Почему невозможна ложь во благо // Логос. 2008. № 5. С. 103–121. URL: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf.
14. **Дубровский Д. И.** К вопросу о добродетельном обмане // Логос. 2008. № 5. С. 19–23. URL: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf.
15. Принципы биоэтики: биоэтический форум. URL: http://www.bioethics.ru/rus/res_eth.

Поступила 05.03.2016; принята к публикации 28.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторе:

Чашина Жанна Вячеславовна, доцент кафедры философии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат философских наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7199-0959>, chashina.j@yandex.ru

REFERENCES

1. Ivanyushkin AY. Ot etiki Gippokrata k bioetike [From ethics of Hippocrates to bioethics]. *Meditsinskoye pravo i etika* = Medical Law and Ethics. 2004; 1. Available from: <http://rudocor.net/medicine2009/bz-mw/med-jmgax.htm>. (In Russ.)
2. Tishchenko PD. Printsipy i pravila v sovremennoy meditsine [The principles and rules in modern medicine]. In: *Sotsialnyye i psikhologicheskiye problemy detskoy onkologii: materialy I Vseross. konf.* [Social and psychological problems of children's oncology: Proceedings]. Moscow, 1997. (In Russ.)
3. Zharova MN. Printsipy bioetiki i modeli vzaimootnosheniy meditsinskikh rabotnikov s patsientami [The principles of bioethics and model relationships of health workers with patients]. *RELGA*. 2010; 6: 6-19. Available from: <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/tgu-www.woa/wa/Main?textid=2618&level1=main&level2=articles>. (In Russ.)
4. Siluyanov IV. Bioetika v Rossii: tsennosti i zakony [Bioethics in Russia: values and laws]. *Meditsinskoye pravo i etika* = Medical Law and Ethics. 2001; 1. Available from: <http://refdb.ru/look/1185965.html>. (In Russ.)
5. Starovoytova IM. Etika i psikhologiya v onkologii [Ethics and psychology in oncology]. *Materialy X Rossiyskogo onkologicheskogo kongressa* [10th Russian Cancer Congress Proceedings]. Available from: www.rosoncweb.ru/library/congress/ru/10/22.php. (In Russ.)
6. Surnov KG, Tishchenko PD, Balashova YeYu. Problemy etiki v klinicheskoy psikhologii [Ethics issues in clinical psychology]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya* = Moscow University Bulletin: Psychology. 2006; 2(1):3-11. Available from: <http://istina.msu.ru/publications/article/3430831>. (In Russ.)
7. Cohen H, Locker D. The Science and Ethics of Water Fluoridation. *Can. Dent. Assoc.* 2001; 67(10): 578-580. Available from: <http://www.cda-adc.ca/JCDA/vol-67/issue-10/578.html>.
8. Thorvaldsen J. European guideline for testing for HIV infection. *Int J of STD AIDS*. 2001; S3(12): 7-13. Available from: <http://www.iusti.org/sti-information/pdf/guidelines.pdf>.
9. Alderson P. Consent to Children's Surgery and Intensive Medical Treatment. *J. of Law and Society*. 1990; 17: 52-65. Available from: <http://eprints.ioe.ac.uk/view/divisions/X>.
10. Akimenko MA, et. al. Ot psikhonevrologii k meditsinskoy psikhologii: nauchnaya sistema V. M. Bekhtereva i V. N. Myasishcheva [From psychoneurology to medical psychology: scientific system of Bekhterev and Myasishchev]. *Meditsinskaya psikhologiya v Rossii: elektronnyy nauchnyy zhurnal* = Medical Psychology in Russia: Electronic Scientific Journal. 2011; 4. Available from: http://www.medpsy.ru/mprj/archiv_global/2011_4_9/nomer/nomer12.php. (In Russ.)
11. Apresyan RG. O prave lgat [On the right to lie]. *Logos*. 2008; 5:4-18. Available from: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf. (In Russ.)
12. Artemyeva OV. Ob opravdannosti lzhi iz chelovekolyubiya [On the justification of humanity lies]. *Logos* = *Logos*. 2008; 5:40-59. Available from: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf. (In Russ.)
13. Guseynov AA. Chto govorit Kant, ili Pochemu nevozmozhna lozh vo blago [What does say Kant or Why can not lie for the good]. *Logos* = *Logos*. 2008; 5:103-121. Available from: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf. (In Russ.)
14. Dubrovskiy DI. K voprosu o dobrodetelnom obmane [On the issue of virtuous deception]. *Logos* = *Logos*. 2008; 5:19-23. Available from: http://www.prognosis.ru/logos/5_2008.pdf. (In Russ.)
15. Printsipy bioetiki: bioeticheskiy forum [Principles of bioethics: bioethics forum]. Available from: http://www.bioethics.ru/rus/res_eth. (In Russ.)

Submitted 05.03.2016; accepted for publication 28.04.2016; published online 20.06.2016

About the author:

Zhanna V. Chashina, associate professor, Chair of Philosophy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Philosophy), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7199-0959>, chashina.j@yandex.ru



GAMMA-RAY COMPTON SPECTROSCOPY OF TUNGSTEN USING 662 KeV GAMMA-RAY RADIATION

S. A. Hamouda

University of Benghazi (Benghazi, Libya)

Compton profile measurement of Tungsten polycrystalline sample has been performed with 662 KeV γ -radiation from a cesium-137 source scattered at 90° . The Spectrometer calibration and data corrections for the high energy experiment are discussed. The data are compared with the augmented-plane-wave (APW) band theoretical Compton profile of Tungsten. Theoretical predictions show the band theory overestimates the momentum density at low momenta and underestimates it at intermediate momenta. The discrepancies between experiment and theory were attributed to some non-local exchange-correlation effects and the spin-orbital interaction effect which were neglected in the theoretical calculation.

Keywords: high energy gamma-ray spectroscopy, methods and technologies, characterization techniques, modelling and materials theory, compton scattering, and detection techniques

For citation: Hamouda SA. Gamma-ray compton spectroscopy of tungsten using 662 keV gamma-ray radiation. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):211-217. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.211-217

Acknowledgements: I would like to express my gratitude to the Compton group at the University of Warwick for providing the data reduction software package used in this work, and to Dr. M. J. Cooper for his fruitful discussions about this work.

КОМПТОНОВСКАЯ ГАММА-СПЕКТРОСКОПИЯ ВОЛЬФРАМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ 662 КэВ

С. А. Хамуда

Университет Бенгази (г. Бенгази, Ливия)

В статье описывается комптоновское измерение профиля вольфрамового поликристаллического образца, выполненное с помощью гамма-излучения мощностью 662 КэВ от источника цезий-137, с углом рассеяния 90° . В качестве обсуждения приводятся калибровка спектрометра и данные поправки на высокие энергии эксперимента. Полученные данные сравниваются с зоной присоединенной плоской волны (ППВ) теоретического комптоновского профиля вольфрама. Теоретические прогнозы показывают, что зонная теория переоценивает плотность импульса при малых импульсах и недооценивает его при промежуточных импульсах. Расхождения между экспериментом и теорией были отнесены к некоторым нелокальным обменно-корреляционным эффектам и влиянию спин-орбитального взаимодействия, которые не были учтены при теоретическом расчете.

Ключевые слова: гамма-спектроскопия высоких энергий, методы и технологии, методы определения характеристик, теория моделирования и теория материалов, комптоновское рассеяние, методы обнаружения

Для цитирования: Хамуда С. А. Комптоновская гамма-спектроскопия вольфрама с использованием гамма-излучения 662 КэВ // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 211–217. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.211-217

Благодарности: Автор выражает благодарность Комптоновской группе при Уорикском университете (Великобритания) за предоставления пакета исследовательских программа, использованных в данной работе, и др. М. Дж. Куперу за плодотворное обсуждение этой работы.

Introduction

Compton scattering is a technique for obtaining an experimental measure of the momentum distribution of electrons in materials [1–2]. The scattering from a distribution of moving electrons is Doppler-broadened due to the motion of the target electrons. This broadened line shape, referred to as the Compton profile, $J(p_z)$, is defined within the impulse approximation [3] as the projection of the ground state electron momentum density distribution, $\rho(\mathbf{p})$, along the scattering vector (assigned as the z axis). and is given by;

$$J(p_z) = \int \int n(p_x, p_y, p_z) dp_x dp_y. \quad (1)$$

The impulse approximation implies that the energy transfer is much larger than the one-electron binding energies. However the conditions imposed by the impulse approximation had made Compton profile measurements to be restricted to materials of low atomic number Z when using low gamma-ray energies [4–5].

To extend the applicability of Compton profile measurements to materials of higher atomic number Z while maintaining the validity of the impulse approximation, together with overcoming the practical limitation imposed by the photoelectric absorption require the use of high gamma-ray energies [6]. For 662 KeV gamma ray radiation, the Compton cross section is greater than the photoelectric cross section up to about $Z = 90$ see DuBard [7]. Since the theoretical Compton profile has already been computed for Tungsten ($Z = 74$) by Papanicolaou et. al. [8] using the wave functions from self-consistent augmented-plane-wave (APW) method. It was therefore thought

to be of interest to measure the Compton profile of Tungsten in order to provide a possible check for the new APW theoretical calculation.

An outline of this paper is as follows: **Sec. 2** describes briefly the experimental procedure and other experimental aspects of the measurement. **Sec. 3** presents the experiment and data analysis. **Sec. 4** discusses experimental and theoretical results, followed by some concluding remarks.

The experimental procedure

The experimental setup used in this study is shown in figure1, and can be described as follows: γ -rays from a 10 Ci ^{137}Cs (662 KeV) source scatter from a sample through a mean angle of 90° . The scattered radiation is detected by a HpGe detector [9].

A photon entering the detector generates an electrical pulse which was converted to a voltage pulse proportional to the initial photon energy by the detector pre-amplifier. The output pulses are fed to the amplifier at which they are reshaped and transmitted to the Analogue to Digital Converter (ADC). Finally the energy and counts of photons recorded spectrum are stored in a Multi-Channel Analyzer (MCA).

Using the ^{133}Ba point source lines, the relative efficiency of the HpGe detector was found to be 10 % at the Compton line (288 KeV). The energy resolution of the detector was measured using the ^{133}Ba point source lines in the energy range from 53 KeV to 384 KeV. At the Compton line the energy resolution of the detector was found to be $\text{FWHM} = 0.33$ a.u. Which corresponds to $\text{FWHM} = 750$ KeV. The geometrical resolution of the Compton scattered radiation was approximated



as $\text{FWHM} = 0.5$ a.u. (1 a.u. of momentum is $2.0 \times 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1}$). By combining the detector resolution function and the

geometrical resolution function an overall experimental resolution function of $\text{FWHM} = 0.6$ a.u was obtained

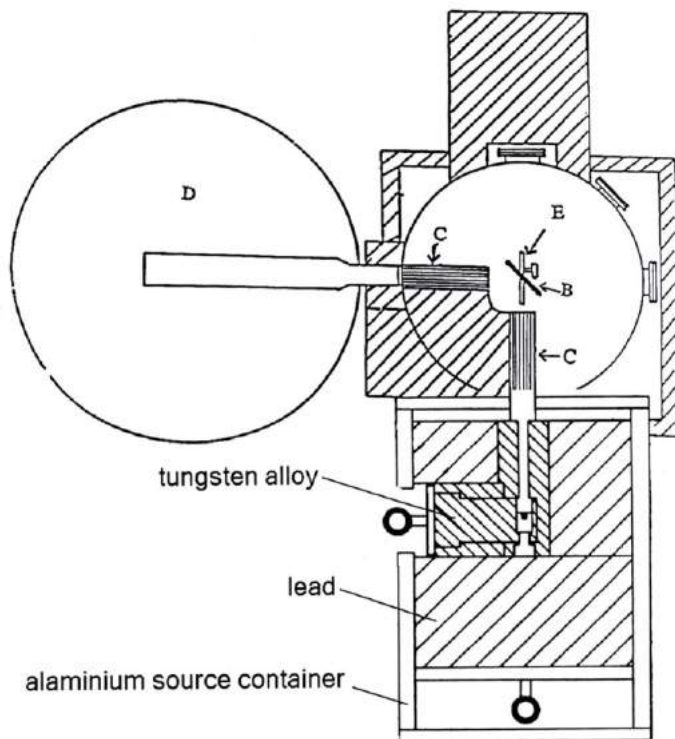


Fig. 1. Schematic diagram for the ^{137}Cs 10 Ci Compton spectrometer. (B) sample position, (C) soller slits type collimators, (D) HpGe detector, and (E) goniometer

Р и с. 1. Схема устройства комптоновского спектрометра на цезии-137 мощностью 10 кюри. (B) – примерное положение, (C) – цели коллиматорного типа, (D) – HPGe-детектор и (E) – гониометр

The experiment

The sample used in this experiment was a 20 mm x 40 mm x 1 mm Tungsten polycrystalline sample which has a density of 19.3 grams/cm³. In this measurement 40,000 counts were collected at the peak channel and 8×10^6 counts under the Compton peak (-10 a.u. to +10 a.u.). The multichannel analyzer channel width was 89 eV which corresponds to 0.04 a.u. The statistical error at the Compton peak was 0.5 % and 0.3 % at J(0). The background spectrum was measured (with no sample in position) and time scaled with

measurement. The signal-to-background ratio at the Compton peak was 73:1. Before the data can be interpreted, a series of energy dependent corrections have to be applied. Our data reduction procedures were adapted from the software package created by the Compton group at the University of Warwick [10–14]. These were applied to the measured data and the corrected data was extracted on a momentum scale (p_z) division of 0.1 a.u.

The multiple scattering contribution under the Compton profile from -10 a.u. to +10 a.u was 11 %. The mul-

multiple scattering in the sample is calculated by a Monte Carlo simulation originally developed by [15]. The correction for multiple scattering in the sample is performed by subtracting the simulated spectra of the multiply scattered photons [16] from the experimental profile. The spectral distribution of

the multiply scattered photons from tungsten sample shown in figure 2. contained 2×10^4 photons from an input of 38 million photons. After correction for multiple scattering the Compton profile was normalized to the free atom profile value of 60.4901 in the momentum range from -10 a.u. to +10 a.u. [17].

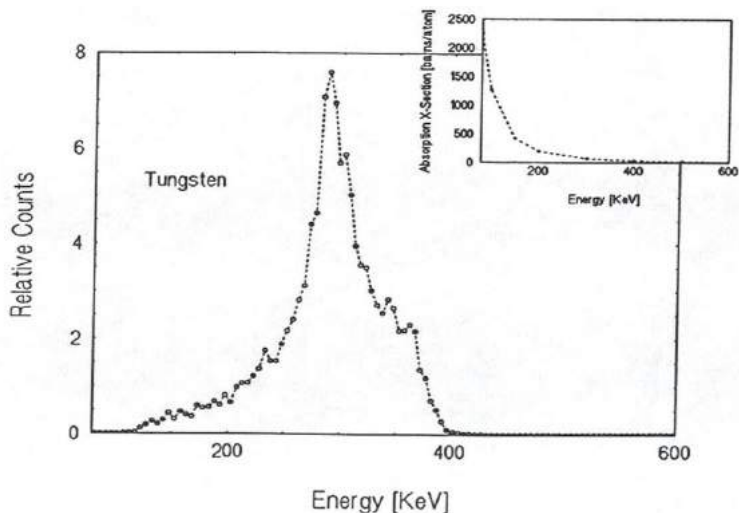


Fig. 2. The multiple scattering distribution from tungsten at 90° scattering angle with 662 KeV incident photon

Р и с. 2. Многократное распределение рассеяния из вольфрама под углом 90° с падающего фотона излучением 662 КэВ

Results and Discussion

The experimental profile was normalized to the free atom profile value of 30.2475 in the momentum range from 0.0 a.u. to 10 a.u. and then compared with the APW calculation of Papanicolaou et al [8] which was convoluted with 0.60 a.u. to mimic the experimental resolution and normalized to the same area. Figure 3. shows the difference between the APW calculation and the experimental Compton profile of tungsten.

It can be seen from figure 3. that there is a significant difference between the APW calculation and the experimental result. The most obvious feature of this comparison is the excess of electron momentum density for the APW calculation at low momenta ($p_e < 1$ a.u.). The difference between the APW calculation and the

experimental profile amounts to 7.3 % at $J(0)$. On the other hand the APW calculation appears to underestimate the electron momentum density at the intermediate momenta ($1.0 \text{ a.u.} < p_e < 3 \text{ a.u.}$). However, above 3 a.u. the APW calculation is in good agreement with experiment.

The discrepancies between APW calculation and experiment were attributed to some non-local exchange-correlation effects and the spin-orbital interaction effect. All these effects were neglected in the APW calculation of Papanicolaou et al [8]. The non-local exchange-correlation effects which are not included in the local density approximation may affect the electron momentum distribution since the delocalization of the d electrons was shown to increase from V to Ta see Chang et al. [18].

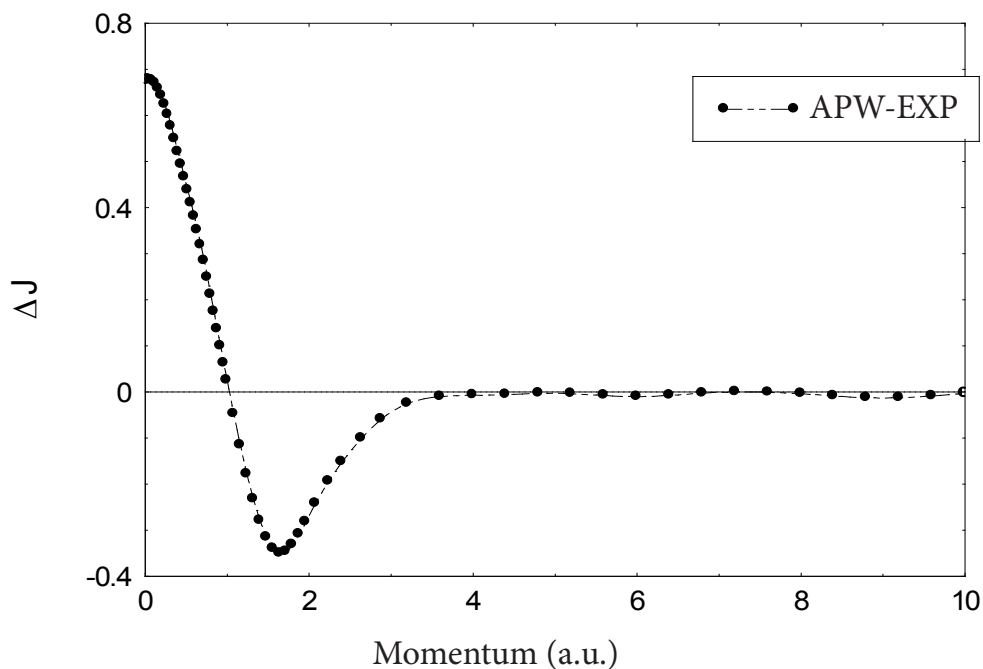


Fig. 3. The difference between the APW theory and experimental Compton profile of tungsten measured with 662 KeV radiation

Р и с. 3. Различие между теорией аугментной плоской волны и экспериментальным профилем Комптона вольфрама, измеренным излучением 662 КэВ

The spin-orbital interaction has been investigated through the Hamiltonian of $H=\xi l.s.$ by Bacalis et al. [19] and found that the coupling constant ξ to increase with the mass of the element and the average splitting of the d state. This implies that a correction of the spin-orbital interaction for Compton profile may appear larger with an increase of the mass of the element. This may well be applied to the case of tungsten. In a recent work on tungsten, Rozing et al. [20] have

suggested that the spin-orbital coupling may affect the Fermi surface and hence the electron momentum distribution. All these effects were neglected in the APW calculation of Papanicolaou et al. [8].

Therefore, the non-local exchange effect and the spin-orbital interaction correction are necessary to correct the band structure theory to bring it closer to experiment. The theoretical and experimental Compton profiles of tungsten are summarized in table.

Table
Таблица

Experimental and theoretical Compton profiles of tungsten. The theoretical profiles have been convoluted with a Gaussian of FWHM = 0.60 a.u. to mimic the experimental resolution half width

Экспериментальные и теоретические комптоновские профили вольфрама. Теоретические профили были свернуты с гауссовой полной шириной на уровне половинной амплитуды, равной 0,60 а.е., чтобы симитировать экспериментальное разрешение полуширины

P.	EXP.	APW	Free Atom
0.0	8.646 ± 0.027	9.322	10.09
0.1	8.618	9.292	9.994
0.2	8.560	9.203	9.727
0.3	8.473	9.062	9.342
0.4	8.355	8.876	8.903
0.5	8.199	8.651	8.464
0.6	8.012	8.393	8.061
0.7	7.803	8.105	7.699
0.8	7.584	7.791	7.375
0.9	7.336	7.454	7.075
1.0	7.077	7.102	6.788
1.2	6.542	6.394	6.231
1.4	6.019	5.740	5.698
1.6	5.534	5.187	5.215
1.8	5.082	4.754	4.802
2.0	4.688	4.419	4.461
2.4	4.118	3.966	3.969
3.0	3.531	3.488	3.495
4.0	2.84 ± 0.015	2.853	2.859
5.0	2.236	2.239	2.245
6.0	1.747	1.737	1.728
7.0	1.359	1.358	1.364
8.0	1.102	1.098	1.102
9.0	0.908	0.912	0.914
10.0	0.785 ± 0.007	0.782	0.783

Conclusions

In this paper the performance of the high energy (662 keV) gamma-ray ¹³⁷Cs 10 Ci Compton spectrometer was tested and its quality was assessed. This was done by measuring the Compton profile of tungsten and compared with the available theoretical models. Despite the reasonable resolution of the present

system comparison between experimental data and the theoretical model can be made and the discrepancies can be revealed and distinguished. This has been demonstrated in the measurements made on tungsten discussed above. This allows the use of this system to study a wide range of high Z-materials and their alloys.



REFERENCES

1. Williams B, editor. Compton Scattering. New York: McGraw-Hill; 1977.
2. Cooper MJ. Compton Scattering and electron momentum determination. Rep. Prog. Phys. 1985; 48:415-481. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.131.970&rep=rep1&type=pdf>.
3. Eisenberger P, Platzmann PM. Compton Scattering of x-ray from Bound. Electrons Phys Rev. 1970; A2:415.
4. Andrejczuk A, Dobrzynski L, Zukowski E, Cooper MJ, Hamouda SA, Latuszkiewicz J. Compton Scattering Studies of Charge Transfer in Fe-Ni-B Amorphous Alloys. J. Phys: Condens Matter. 1992; 4:2735-2745. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0953-8984/4/10/033/pdf>.
5. Ahuja BL, Sharma MD, Sharma BK, Hamouda SA, Cooper MJ. Compton Study of the Electronic State in Fe-Ni Alloys. Physica Scripta. 1998; 58:185-188. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-8949/58/2/014/pdf>.
6. Ahuja BL, Sharma MD. Performance of 20 Ci ^{137}Cs γ -ray Compton Spectrometer for the Study of Momentum Densities. Pramana - J. Phys. 2005; 1(65):137-145.
7. DuBard JL. Compton Profile Measurements of Aluminum and Iron with 662 KeV γ -radiation. Phil. Mag., 1978; B37:273-283.
8. Papanicolaou NI, Bacalis NC, Papaconstantopoulos DA. Handbook of Calculated Electron Momentum Distribution, Compton Profiles and X-Ray Form Factors of Elemental Solids. Florida: CRC press; 1991.
9. Hamouda SA. A ^{137}Cs Spectrometer for Compton Scattering studies Industrial Research Journal. 2007; 22.
10. Timms DN. Ph.D. Thesis (unpublished). Warwick: University of Warwick; 1989.
11. Hamouda SA. Detector Efficiency Correction for High Energy γ -ray Compton Scattering Studies. Journal of Sciences Garyounis University: Second Symposium. 2005:236.
12. Hamouda SA. The influence of the Detector Response Function of Gamma-Ray Spectrometer on the asymmetry of Compton Profiles. AL–NAWAH, Scientific Magazine Issued by Nuclear Research Center. 2008; 7(11):66.
13. Hamouda SA. Geometrical and Source Broadening Corrections for High Gamma-Ray Compton Spectrometer. AL–NAWAH, Scientific Magazine Issued by Nuclear Research Center. 2010; 9(13):48.
14. Hamouda SA. Data Reduction for High Gamma-ray Compton Scattering. The 4th International Conference “Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy”. Kyiv: NPAE; 2012.
15. Felsteiner J, Pattison P, Cooper MJ. Phil Mag. 1974; 30:537.
16. Hamouda SA, Sergiwa SS. Multiple Scattering Correction for High Gamma-Ray Compton Experiments”The 2nd International Conference on Science and Technology JIPMA 2009/MATERIAUX 2009. IOP Conf Series: Material Science and Engineering. 2010; 13:1.
17. Biggs F, Mendelsohn LB, Mann JB. Atomic Data and Nuclear Data. 1975; 16:201-309.
18. Chang CN, Shu YM, Liu HF. The Compton Profiles of Tantalum. J Phys: Condens Matter. 1993; 5:5371.
19. Bacalis NC, Blathras K, Thomaides P, Papaconstantopoulos DA. Various Approximations in Augmented-Plane-Wave Calculations. Phys Rev. 1985; B13:2292.
20. Rozing GJ, Mijnenrands PE, Benedek R. Fully Relativistic Calculation of Two-Photon Momentum Distribution for Positron Annihilation in Tungsten. Phys Rev. 1991; B43:6996.

Submitted 02.12.2015; accepted for publication 25.04.2016; published online 20.06.2016

About the author:

Samir A. Hamouda, professor of Department of Physics of Faculty of Science, University of Benghazi (Benghazi, Libya), Ph.D. (Physics), **ORCID: orcid.org/0000-0002-9958-0257**, dr_s_hamouda@yahoo.ie

Поступила 02.12.2015; принята к публикации 25.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторе:

Самир А. Хамуда, профессор кафедры физики факультета науки Университета Бенгази (г. Бенгази, Ливия), кандидат физических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-9958-0257**, dr_s_hamouda@yahoo.ie

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ В Г. САРАНСКЕ

А. Н. Скворцов, А. П. Савельев, С. В. Пьянзов
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Одной из стратегических проблем современной экологии является исследование воздействия неблагоприятных факторов среды жизни на физическое развитие, здоровье населения и окружающую среду. Шум является одним таких факторов. Известно, что длительное воздействие шума приводит к нарастанию медленноволновой активности, а также изменению зрительного и слухового коркового ответа с нарастанием латентности и снижением амплитудных значений основных пиков, что свидетельствует о стрессовой реакции на раздражитель. Кроме того, хроническое воздействие шума приводит к снижению общей двигательной активности, повышению тревожности, снижению эмоциональной активности людей. Патоморфологические исследования выявили нарушение сосудистого характера при воздействии шума в течение 15 дней. Более длительное действие вызывает необратимые изменения в нервной ткани в виде снижения общего числа нейронов на единицу площади, наличия глиальных рубцов в области 2 слоя коры головного мозга. Если уровень энергии шума превышает предельно допустимый уровень (ПДУ), то проводятся шумозащитные мероприятия. В статье рассматриваются вопросы, затрагивающие одну из наиболее актуальных проблем современного мира – загрязнение селитебной территории автомобильным шумом; дается оценка акустического загрязнения городской среды от воздействия автотранспортных потоков; описываются транспортные, дорожные и архитектурно-градостроительные факторы акустического загрязнения городской среды; рассматриваются существующие методики оценки звукового давления, создаваемого потоком автотранспорта; даются рекомендации экологической направленности, касающиеся проектных решений транспортных магистралей на основе сочетания различных защитных факторов.

Ключевые слова: шум, акустическое загрязнение, городская среда, потоки автотранспорта, акустический экран

Для цитирования: Скворцов А. Н., Савельев А. П., Пьянзов С. В. Оценка акустического загрязнения селитебной территории в г. Саранске // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 218–227. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.218-227

EVALUATION OF NOISE POLLUTION RESIDENTIAL AREAS IN SARANSK

A. N. Skvortsov, A. P. Savelyev, S. V. Pyanzov
National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Research of influence of adverse factors of the environment of life on physical development and population health is one of actual problems of modern ecology. Noise is one of significant factors of negative influence to the man and to environment. That long-term exposure to noise leads to an increase in slow-wave activity, as well as changes in visual and auditory cortical response, with an increase in latency and a decrease in



the amplitude values of the main peaks, indicating that the stress response of animals to the stimulus. Additionally, chronic exposure leads to noise reduction in general motor activity, increased anxiety, reduced emotional activity animals. Pathological examination revealed a violation of the vascular nature when exposed to noise for 15 days, longer duration of action of factor causes irreversible changes in the nervous tissue in the form of reduction in the total number of neurons per unit area, the presence of glial scarring in the area of 2 layers of the cerebral cortex.

If the noise energies level from the object in a residential area exceeds the permissible levels (RC), the sound events.

This article discusses issues affecting one of the most urgent problems of the modern world, namely the contamination of residential areas by road noise. The estimation of the acoustic pollution of the urban environment from the effects of road traffic flows. Describes the transport, travel, architectural and planning factors acoustic urban pollution. The existing methodology for assessing the sound pressure generated by the flow of vehicles. Suggestions for environmental reconstruction project solutions highways based on a combination of various protective factors.

Key words: noise, acoustic baffle, urban environment, motor transport streams, baffle.

For citation: Skvortsov AN, Saveiyev AP, Pyanzov SV. Evaluation of noise pollution residential areas in Saransk. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):218-227. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.218-227

Введение

Шум представляет собой беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложной временной и спектральной структурой. С физиологической точки зрения шумом может быть назван любой нежелательный звук (простой или сложный), мешающий восприятию полезных звуков (человеческой речи, сигналов и др.), нарушающий тишину и оказывающий вредное воздействие на человека [1–3].

Во всем мире от 30 до 40 % современных городов находится в зоне повышенного уровня шума. По данным исследователей, «шумовое загрязнение» сокращает продолжительность жизни людей на 10–12 лет. Негативное влияние на человека от шума мегаполиса на 36 % более значимо, чем от курения табака, которое сокращает жизнь человека в среднем на 6–8 лет. Основным видом акустического загрязнения городов выступает шум автотранспорта. Длительное проживание вблизи оживленных трасс приводит к проблемам, связанным с потерей слуха. По данным диспансеризации, в Российской Федерации от потери слуха страдают более 12 млн чел. [4–9].

Именно поэтому представляются важными измерение и сравнение уровня шума на улицах г. Саранска с ПДУ, проведение исследований о влиянии шума на здоровье человека, а также разработка мероприятий для снижения уровня шума.

Обзор литературы

Основным признаком воздействия шума на организм является медленное снижение слуха и развивающаяся на его фоне нейросенсорная тугоухость. Нейросенсорная тугоухость в последние годы занимает лидирующую позицию в профессиональной заболеваемости не только в РФ но и в Польше, Германии, Финляндии, Норвегии, США и т. д. Проблемой тугоухости многие годы занимаются как российские, так и зарубежные ученые: Н. А. Преображенский, В. А. Романов, О. К. Патякина, З. Т. Пальчун, Н. Л. Кунельская, К. Zadory, Y. A. Ernster и др. [2; 10–12].

Среди работ, связанных с влиянием шума на организм, лидирующее место занимают труды по влиянию шума на кровообращение и ЦНС (Е. М. Качанов, Г. М. Вермель, Т. П. Бессараб, В. А. Кирьянов и др.) [13–17].

Турецкие и хорватские ученые, в частности О. Nedic, I. Yildirim, достаточно глубоко изучили влияние шума на сердечнососудистую систему человека. Они сформулировали теорию о том, что шум является источником стресса, причиной развития всевозможных заболеваний [13–16].

Обзор факторов шумового загрязнения городов показал, что наиболее значимыми факторами являются транспортные (эксплуатационное состояние транспортных средств, скорость их движения, интенсивность и состав транспортного потока, объем и характер перевозимых грузов, использование звуковых сигналов и т. д.); дорожные (количество полос движения, продольный и поперечный профиль дороги, устройство перекрестков, состояние покрытия дороги и т. д.); архитектурно-градостроительные (низкая пропускная способность автомагистралей, уменьшение площади зеленых насаждений, и т. д.) [8; 18–19].

Эти и другие факторы в совокупности определяют акустический фон городской среды в большинстве городов РФ.

В настоящее время в РФ существуют научные школы и проектные институты, которые разрабатывают методики оценки воздействия автотранспорта на акустическую среду городов. Данные методические указания учитывают параметры улично-дорожной сети, наличие насаждений, тип застройки и другие факторы, влияющие на распространение шумовой экспансии [11; 20–21].

Существующие методики учитывают также воздействие шумового давления в расчетной точке пространства, которая характеризуется эквивалентным уровнем шума ($L_{\text{equivlent}}$). Наиболее точная методика разработана «ЦНИИП градостроительства РААСН». Она включает в себя определение следующих факторов: мощность шумового воздействия, долю городского автотранспорта, скорость потока, параме-

тры инфраструктуры города, ширину проезжей части, ширину улицы, коэффициент озеленения и т. д.) [3].

Тем не менее вышеизложенные методики дают неполную картину акустического загрязнения городов, поскольку учитывают не все факторы, необходимые при расчете. Таким образом, в настоящее время не существует единой оценки транспортного шума, а отраслевые дорожные методические документы несут лишь рекомендательный характер.

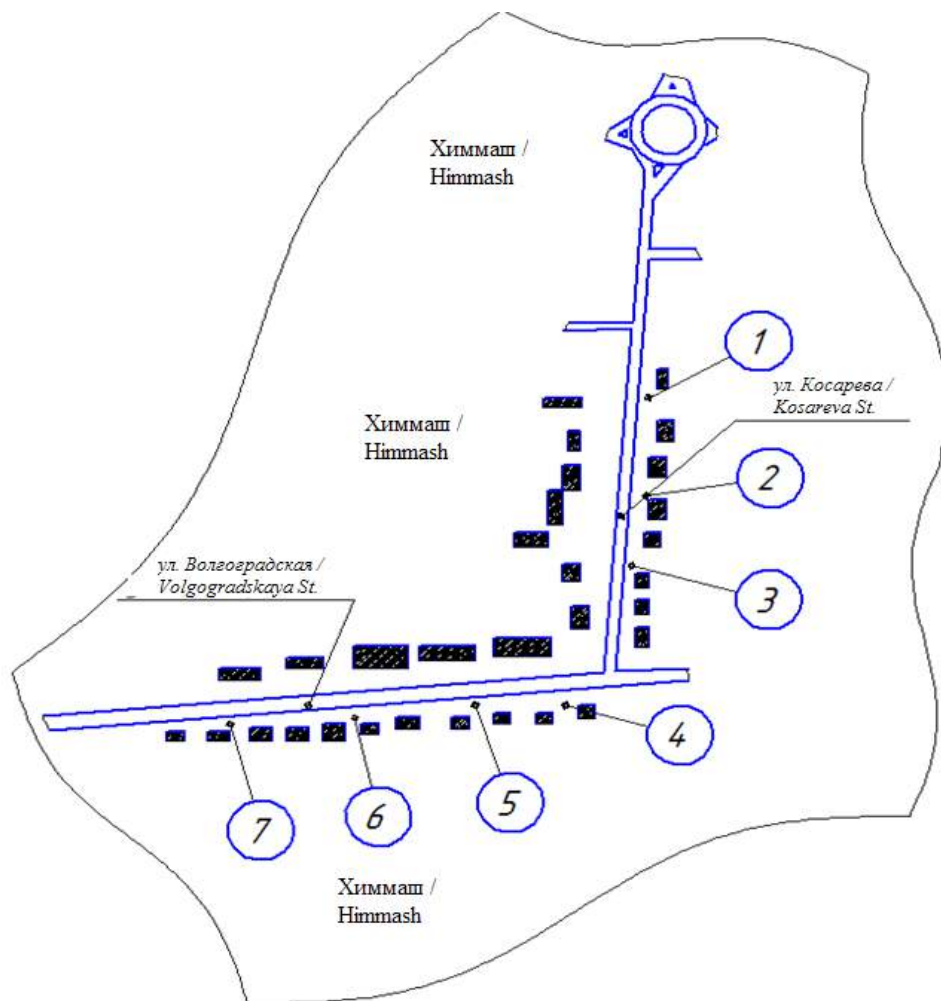
Целью исследования является оценка акустического загрязнения г. Саранска, а также разработка мер по снижению уровня шума.

Материалы и методы

Исходя из цели исследования была выполнена оценка загрязнения шумом г. Саранска. Замеры проводились на ул. Косарева, ул. Волгоградской вдоль автомобильных дорог в нескольких контрольных точках в дневное и ночное время около жилого массива (рис. 1). Данные замеров были сведены в таблицу. Протяженность рассматриваемого участка составила 5 км.

Исходя из требований нормативно-технических документов в качестве данных для расчета были использованы:

- 1) интенсивность движения автотранспорта в наиболее оживленное время дня и ночи (днем – 1 296 авт./ч; ночью – 665 авт./ч);
- 2) сумма грузового и общественно-го транспорта в потоке (22 %);
- 3) средняя скорость движения автотранспорта в потоке (50 км/ч);
- 4) продольный уклон проезжей части магистрали (улицы, дороги);
- 5) тип верхнего покрытия проезжей части;
- 6) ширина разделительной полосы;
- 7) количество полос движения транспорта;
- 8) длительность светового цикла вблизи перекрестков (разрешающая/запрещающая фаза светофора);
- 9) тип застройки по обе стороны от магистрали.



Р и с. 1. Схема выбранного участка дороги для проведения замеров шума; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – контрольные точки по замеру шума

F i g. 1. Driving the selected road section for noise measurements; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – breakpoints for measurement of noise



Т а б л и ц а

Table

Уровень звукового давления в расчетных точках

Sound pressure level in the design points

	Частота f , Гц / Frequency f , Hz									
Контрольная точка / Counterol dot	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	Эквивалентный уровень шума / Equivalent Noise level
День / Day										
1	80,4	76,9	78,8	67	66,6	62,4	57,2	53,3	45,7	67,5
2	66,2	76,1	69,1	72,2	69,2	72,8	70	57	46,9	73,7
3	73,8	88,9	82,1	79,7	73,3	74,2	69,2	60,8	54,4	73,1
4	74,2	84,5	82,5	76,6	73,2	74,7	70,8	62,5	56,3	72,7
5	85,1	93,3	86,6	82,5	80,2	77	71,2	66,3	61,2	72,1
6	74,1	84,3	82,4	76,4	73,1	74,3	70,7	62,5	56,2	72,4
7	85,2	93,1	86,5	82,3	80,1	77,1	71,1	66,2	61,3	72,1
Ночь / Night										
1	70,8	71,4	65,9	56	55,9	55,2	51,4	45	45,3	61,7
2	73,7	76	69,8	64,3	64,3	62,5	56,8	48,6	44	62
3	67,8	70,5	64,9	63,6	60,9	63,9	60	49,2	38,1	65,4
4	68,7	67,5	66,9	65,4	55,9	58,6	57,1	48,7	37,9	63,9
5	67	69,4	67,5	64	62,4	66,3	62,6	53,4	42,8	62,4
6	70,7	71,3	65,8	56,1	55,8	55,1	51,3	45	45,2	61,6
7	66,9	69,3	67,4	63,9	62,3	66,2	62,5	53,3	42,7	62,3



Согласно полученным данным, эквивалентный уровень звука в дневное время составляет в среднем 71,9 дБА, ночью – 62,7 дБА. Санитарными правилами установлено, что шумовое загрязнение автомобилями в дневное время не должно превышать 60 дБА, а ночью – 45 дБА (в 2 м от ограждающих конструкций первого эшелона шумозащитных типов жилых зданий, обращенных в сторону магистральных улиц общественного и районного значения). Таким образом, было выявлено превышение уровня шума на ул. Косарева и ул. Волгоградской. Исходя из этого необходимо проведение технических мероприятий, которые позволят привести уровень шума в пределы нормы.

Наиболее эффективным средством для снижения уровня автомобильного шума являются транспортные акустические экраны (АЭ), которые располагаются вдоль автомобильных дорог. Транспортный АЭ – это твердое звуконепроницаемое препятствие, блокирующее линию прямой видимости от источника звука до точки наблюдения и создающее, таким образом, акустическую тень. Высокие акустические свойства экранов позволяет размещать их на небольших территориях, однако их применение сдерживается затратами на эксплуатацию, несмотря на то что с экономической точки зрения использование АЭ имеет большие перспективы в случаях, когда требуемое снижение уровня шума превышает 6 дБА [7; 22–23].

В настоящее время существует огромное количество транспортных АЭ, наиболее распространенными являются:

- плоские барьеры (экраны, в которых дифракция происходит на одной грани; изготавливаются высотой от 2 до 6 м; могут быть Г-образными, Т-образными, наклонными и т. д.);

- широкие барьеры (экраны, в которых дифракция происходит на двух гранях; эффективность таких экранов выше,

чем плоских, но затраты на производство больше; высота составляет 2–3 м);

- тоннели (сложные сооружения, в которых звук не проходит через стенки, а дифрагирует на элементах входа и выхода; эффективность, таким образом, зависит от длины АЭ и звукоизоляционного материала, из которого он состоит) [10].

Для понижения звуковой энергии автотранспорта на ул. Косарева и ул. Волгоградской наиболее выгодным является применение плоского АЭ Г-образной формы, поскольку он имеет небольшие габариты и достаточные звукозащитные свойства. Конструкция данного АЭ представлена на рис. 2.

Также для снижения уровня шума возможно применить следующие меры: снизить скорость движения автомобилей с помощью технических средств организации дорожного движения; использовать шумопоглощающее покрытие; соблюсти требования к внешнему уровню шума при прохождении периодического технического осмотра автотранспортных средств.

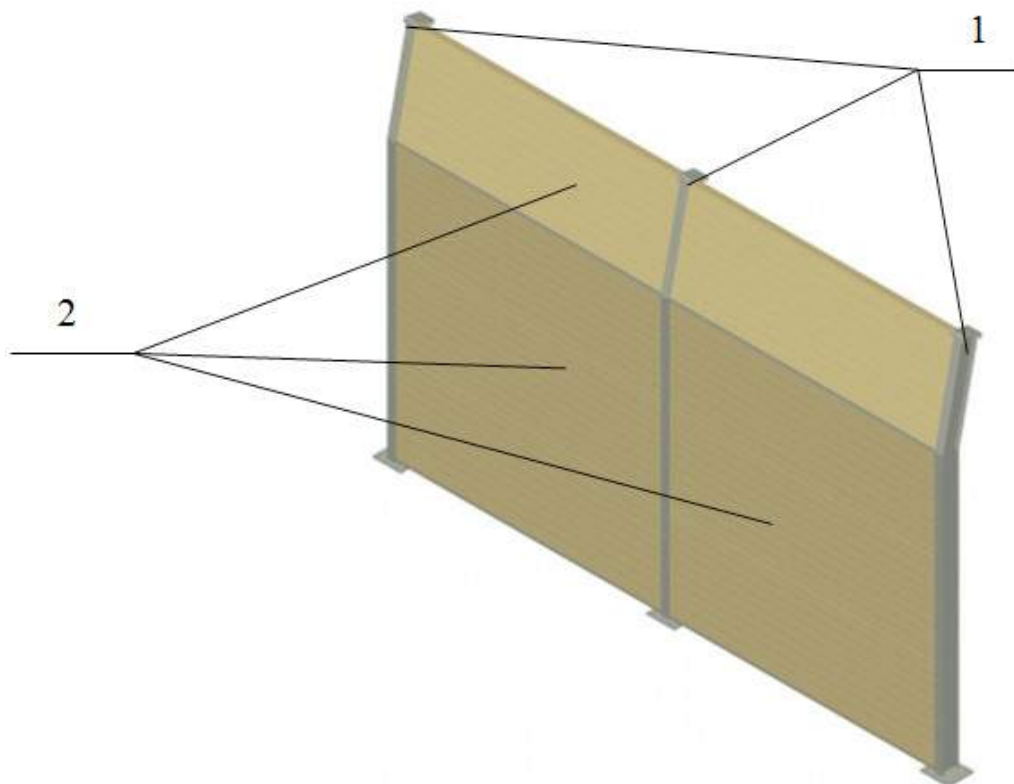
Обсуждения и заключения

Экологическая оценка проектного транспортного решения автомобильной дороги в г. Саранск на ул. Косарева и ул. Волгоградской показала, что эквивалентный уровень звука превышает допустимые нормы, установленные санитарными правилами. Было выявлено, что улучшение акустической обстановки является возможным только при использовании комплекса мер, направленных на уменьшение шумового фона. Решение данной проблемы может быть осуществлено посредством соблюдения баланса между количеством передвигающихся транспортных средств и возникающим уровнем шумового воздействия, а также проведения эффективных защитных мероприятий.

Также необходимо отметить, что в составе плана стратегического развития транспортной системы городской

инфраструктуры должны присутствовать комплексные мероприятия по охране

окружающей среды, включающие шумозащитные.



Р и с. 2. Конструкция акустического экрана: 1 – вертикальная стойка (фигурная);
2 – акустическая сэндвич-панель

F i g. 2. Design of acoustic screen. 1 – vertical Stand (curly); 2 – acoustic sandwich panel

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев А. П., Скворцов А. Н. Звукоподавляющий облегченный акустический экран // Охрана и экономика труда. 2015. № 2 (19). С. 56–61. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/№2\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/№2(19)-2015.pdf).
2. Шишелова Т. И., Малыгина Ю. С., Нгуен Суан Дат. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. № 8. С. 14–15. URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>.
3. Савельев, А. П., Скворцов А. Н. Расчет коэффициента звукопоглощения сложной конструкции звукоподавляющего акустического экрана // Охрана и экономика труда. 2015. № 3 (20). С. 27–32. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3(20)-2015.pdf).
4. СН 2.2. 4/2.1.8.562-96 Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. URL: http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/sanpin/1.pdf.



5. Профессиональные заболевания : руководство для врачей / Под ред. Н. Ф. Измерова. М. : Медицина, 1996. URL: http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_23389.pdf.
6. ГОСТ Р ИСО 9612-2013 Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. URL: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293772/4293772719.pdf>.
7. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. М. : Госстрой России, 2003. 40 с. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/39/39320>.
8. Савельев А. П., Пьянзов С. В., Скворцов А. Н. Акустические конструкции коллективной защиты от производственного шума // Альманах мировой науки. 2015. № 2-1 (2). С. 142–143. URL: <http://scjour.ru/docs/amn.2015.02.01.pdf>.
9. Измеров Н. Ф., Кириллов В. Ф. Гигиена труда. М., 2008. 577 с. URL: <http://www.studmedlib.ru/cgi-bin/mb4>.
10. Иванов Н. И. Инженерная акустика : теория и практика борьбы с шумом / Н. И. Иванов. М., 2008. 424 с. URL: <http://bookzz.org/book/1042763/793ac1>.
11. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения (утв. распоряжением Мин. транспорта РФ NOC-36-р от 21.04.2003) URL: http://snipov.net/c_4676_snip_103936.html.
12. Анатомия, физиология и паталогия органов слуха : учеб. пособие для вузов / Е. Д. Боярчук [и др.]. Луганск : Альма-матер, 2007. 89 с. URL: http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf.
13. Everest F. A. The master handbook of acoustic. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2007. 641 p. URL: [http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20\(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001\).pdf](http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001).pdf).
14. Bies D. A., Hansen C. H. Engineering noise control: theory and practice. New York, 2009. 747 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=1514877&pg=37>.
15. Fahy F. Foundations of Engineering Acoustics. Southampton : University of Southampton, 2005. 435 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=572229&pg=39>.
16. Handbook of noise and vibration control // Ed. by M. J. Crocker. New York : John Wiley and Sons, 2007. 1577 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=1247631>.
17. Фролов А. В., Бакаева Т. Н. Безопасность жизнедеятельности: охрана труда. Ростов-на-Дону, 2008. 751 с. URL: <http://bookre.org/reader?file=1353107&pg=25>.
18. Шубин И. Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов : автореф дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2011. 47 с. URL: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>.
19. Cox, T. J., D'Antonio P. Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application. New York: Taylor and Francis, 2009. 477 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.
20. Тюрина Н. В. Исследование акустических экранов // XXVII сессия Российского акустического общества, посвященная памяти ученых-акустиков ФГУП «Крыловский государственный научный центр» А. В. Смольякова и В. И. Попкова. СПб, 2014. URL: <http://www.akin.ru/Rao/sess27/тюрина.pdf>.
21. Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий : пособие к МГСН 2.04.97 (утв. указанием Москомархитектуры от 24.08.99, № 35). URL: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-deyatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/5/posobie-k-mgsn-2-04-97-proektirovanie-zaschity-ot-transportnogo-shuma-i-vibracij-zhilyh-i-.pdf>.
22. Васильев А. В., Шевченко Д. П. Моделирование, расчет и мониторинг шума транспортных потоков // Известия Самар. науч. центра РАН. Самара, 2004. Т. 6, №2 (12). С. 399–407. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004_2_399_407.pdf.
23. Иванова А. Н. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере саратовского правобережья) : дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2014. С. 118. URL: http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas_diss.pdf.

Поступила 15.03.2016; принята к публикации 28.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Скворцов Александр Николаевич, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, squortsow.sasha@yandex.ru

Савельев Анатолий Петрович, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, igaikinamgu@mail.ru

Пьянзов Сергей Владимирович, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевицкая, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, squortsow.sasha@yandex.ru

REFERENCES

1. Savelyev AP, Skvortsov AN. Zvukopodavlyayushchiy oblegchennyi akusticheskyy ekran [The sound-absorbing lightweight acoustic baffle]. *Okhrana i ekonomika truda* = Security and Labour Economics. 2015; 2(19):56-61. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/№2\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/№2(19)-2015.pdf). (In Russ.)
2. Shishelova TI, Malygina YuS, Nguen Suan Dat. Vliyaniye shuma na organizm cheloveka. *Uspekhi sovremenogo estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences. 2009; 8:14-15. Available from: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>. (In Russ.)
3. Savelyev AP, Skvortsov AN. Raschet koeffitsienta zvukopogloscheniya slozhnoy konstruksii zvukopodavlyayuschego akusticheskogo ekrana [Calculation of the coefficient of absorption of complex design of acoustic baffle]. *Okhrana i ekonomika truda*=Security and Labour Economics. 2015; 3(20):27-32. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlja%20meroprijatij/№3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlja%20meroprijatij/№3(20)-2015.pdf). (In Russ.)
4. SN 2.2. 4/2.1.8.562-96 Sanitarnye normy. Shum na rabochikh mestakh, v pomeshheniyakh zhilykh, obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloy zastroyki [Sanitary norms. Noise in the workplace, in residential and public buildings and in residential areas]. Available from: http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/sanpin/1.pdf. (In Russ.)
5. Izmerova NF, editor. Professionalnyye zabolevaniya. Rukovodstvo dlya vrachey. Moscow: Medicina; 1996. Available from: http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_23389.pdf. (In Russ.)
6. GOST R ISO 9612-2013 Akustika. Izmereniya shuma dlya otsenki ego vozdeystviya na cheloveka. Metod izmereniy na rabochih mestah [Acoustics. Noise measurements for the evaluation of its effects on humans. Measuring method workplace]. Available from: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293772/4293772719.pdf>. (In Russ.)
7. SNiP 23-03-2003. Zashhita ot shuma [Protection against noise]. Moscow: Gosstroy Publ., 2003. Available from: <http://files.stroyinf.ru/Data1/39/39320/>. (In Russ.)
8. Savelyev AP, Pyanzov SV, Skvortsov AN. Akusticheskiye konstruksii kollektivnoy zashhity ot proizvodstvennogo shuma [Acoustic design collective protection from occupational noise]. *Almanakh mirovoy nauki* = The Almanac of World Science 2015; 2-1(2):142-143. Available from: <http://scjour.ru/docs/amn.2015.02.01.pdf>. (In Russ.)
9. Izmerov NF, Kirillov VF. Gigiena truda [Occupational health]. Moscow; 2008. Available from: <http://www.studmedlib.ru/cgi-bin/mb4>. (In Russ.)
10. Ivanov NI. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika borby s shumom [Engineering Acoustics: Theory and practice of noise control]. Moscow; 2008. Available from: <http://bookzz.org/book/1042763/793ac1>. (In Russ.)
11. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke neobkhodimogo snizheniya zvuka u naselennykh punktov i predeleniyu trebuyemoy akusticheskoy effektivnosti ekranov s uchetoм zvukopogloshheniya. Utverzhdeny rasporyazheniem Mintransa Rossii NOS-Zb-r of 21 Apr 2003. Available from: http://snipov.net/c_4676_snip_103936.html. (In Russ.)
12. Boyarchuk ED, Vinogradov AA, Sheyko VI, Vinogradov OA. Anatomiya, fiziologiya i patologiya organov slukha: uchebnoye posobiye [Anatomy, physiology and pathology of hearing]. Lugansk: Alma-mater, 2007. Available from: http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf. (In Russ.)



13. Everest FA. The master handbook of acoustic. 4-th ed. New York: McGraw-Hill; 2007. Available from: [http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20\(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001\).pdf](http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001).pdf).
14. Bies DA, Hansen CH. Engineering noise control. Theory and practice. New York, USA, 2009. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1514877&pg=37>.
15. Fahy F. Foundations of Engineering Acoustics. Southampton: University of Southampton; 2005. Available from: <http://bookre.org/reader?file=572229&pg=39>.
16. Crocker MJ. Handbook of noise and vibration control. New York; John Wiley and Sons: 2007. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1247631>.
17. Frolov AV, Bakaeva TN. Bezopasnost zhiznedeatelnosti. Okhrana truda [Occupational Safety and Health]. Rostov-na-Donu; 2008. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1353107&pg=25>. (In Russ.)
18. Shubin IL. Akusticheskiy raschet i proektirovanie konstrukciy shumozaschitnykh ekranov [Acoustic calculation and structural design noise screens]. Moscow; 2011. Available from: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>. (In Russ.)
19. Cox TJ, D'Antonio P. Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application. New York: Taylor and Francis, 2009. Available from: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.
20. Tyurina NV. Issledovanie akusticheskikh ekranov [Investigation of acoustic screens]. 27th Session of the Russian Acoustical Society: Proceedings. St. Petersburg; 2014.
21. Posobiye MGSN 2.04.97 "Proyektirovaniye zashhity ot transportnogo shuma i vibratsii zhilykh i obshchestvennykh zdaniy" [Design protection from traffic noise and vibration of residential and public buildings]. Available from: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-deyatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/5/posobie-k-mgsn-2-04-97-proektirovanie-zashchity-ot-transportnogo-shuma-i-vibratsij-zhilyh-i-.pdf>. (In Russ.)
22. Vasilyev AV, Shevchenko DP. Modelirovaniye, raschet i monitoring shuma transportnykh potokov [Modeling, calculation and monitoring of traffic noise]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* = Samara Scientific Center of RAS Bulletin. 2004; 2(12):399-407. Available from: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004_2_399_407.pdf. (In Russ.)
23. Ivanova AN. Vliyaniye parametrov pridorozhnykh lesnykh polos na snizhenie shuma vblizi avtomobilnykh dorog (na primere saratovskogo pravoberezhya) [Effect parameters roadside forest belts to reduce noise near the highways (on the example of the Saratov right bank)]. Abstract of PhD thesis (Engineering). Saratov; 2014:118. Available from: http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas_diss.pdf. (In Russ.)

Submitted 15.03.2016; accepted for publication 28.04.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Aleksandr N. Skvortsov, postgraduate student of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, squortsow.sasha@yandex.ru

Anatoliy P. Savelyev, head of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, igaikinamgu@mail.ru

Sergey V. Pyanzov, postgraduate student of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, squortsow.sasha@yandex.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES

УДК 62-3:621.646

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.228-245

ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЗАПОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

В. А. Скрябин*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»
(г. Пенза, Россия)*

Введение. В практике производства и ремонта трубопроводной арматуры притирку (доводку) принято считать одной из важнейших технологических операций. С помощью данной финишной операции решается главная задача – обеспечение герметичности затвора. Причина большинства проблем, возникающих при достижении герметичности заключается в недостаточно качественной притирке уплотнительных поверхностей. Однако следует отметить, что эффективность ее применения зависит не только от точности соблюдения рекомендованных условий и режимов процесса. Важнейшее значение имеют этапы формирования качества и предшествующие притирке операции обработки уплотнений. Если они выполнены некачественно, то эффективность проведения операций притирки будет низкой.

Материалы и методы. В статье освещена растущая потребность в улучшении качества, повышении производительности и увеличении долговечности и надежности машин и изделий. Качество выполнения доводочной операции оценивается по следующим критериям: точность размера; погрешность формы; показатели волнистости поверхности; показатели шероховатости поверхности; светотражательная способность и качественные характеристики поверхностного слоя. Главной задачей в процессе восстановления корпуса клиновой задвижки является обеспечение герметичности затвора. К ее выполнению предъявляются следующие требования: малые шероховатость поверхности, отклонение формы и расположения. При этом уплотнительная поверхность корпуса клиновой задвижки должна быть однородной и без дефектов.

Результаты исследования. Для того чтобы достичь заданной шероховатости уплотнительной поверхности, траектория движения инструмента должна иметь определенный характер. Поскольку на данном станке получение заданных параметров качества для всей площади обрабатываемой поверхности является главной задачей, инструмент совершает сложное вращательное движение, которое состоит из главного движения (вращение диска, на котором закреплен инструмент, независимо от двигателя); движения, обеспечивающего равномерную обработку (вращение инструмента вокруг своей оси). Для решения этой задачи также определяется траектория движения инструмента и выполняется расчет по определению угловой скорости инструментальной головки (притирка).

Обсуждение и заключения. Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований способа обработки уплотнительных поверхностей, а также разработанные на их основе рекомендации по выбору эффективных режимов и условий обработки позволили модернизировать технологический процесс абразивной доводки. Таким образом, применение прогрессивной технологии (доводочная операция со сложным движением инструмента относительно обрабатываемой поверхности) и модернизация станка обеспечивают достижение параметра шероховатости $R_a = 0,08$ мкм, отклонения от плоскостности и прямолинейности поверхности – в пределах 80–90 % площади, проверяемой плитой «на краску», а также отсутствие на подлежащей притирке поверхности забоин, вмятин, цара-

© Скрябин В. А., 2016



пин глубиной $> 0,2$ мм. Полученные данные свидетельствуют о возможности широкого применения способа финишной обработки уплотнительных поверхностей для различных видов ремонта запорной арматуры.

Ключевые слова: параметры качества доводочной операции, притирка, восстановление корпуса клиновой задвижки, траектория движения инструмента, угловая скорость инструментальной головки

Для цитирования: Скрябин В. А. Этапы обработки при восстановлении запорных деталей трубопроводной арматуры // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 228–245. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.228-245

THE PROCESSING STEPS IN THE RENEW OF PLUG-FORMING DETAILS OF PIPELINE FITTINGS

V. A. Skryabin

Penza State University (Penza, Russia)

Introduction. In production and repairs of pipeline armature grinding (debugging) is considered as one of the major technological operations. The main task is the providing of impermeability of breech-block. Whatever problems did not arise up in the achievement of impermeability, diagnosis of reason, practically, always one - the process of grinding in of fine surfaces is well not enough conducted. There is a large stake of truth in such answer, however, its not all and problem not only in grinding in. Grinding in is the finish operation of polishing of compressions and effective of its application depends not only on the exact observance of the recommended terms and modes of process. A major value of the the stages is the forming of quality and preceding to grinding in of the operation of treatment of compressions. If prior actions are executed off grade, then efficiency of realization of portable radio operations of grinding in will be.

Materials and Methods. To the article a growing requirement is driven in the improvement of quality, increment of productivity and increment of longevity and reliability of machines and wares. The process of grinding (polishing) in allows to get the surfaces of processed details with high quality descriptions. Quality of implementation of finishing operation is estimated on following criteria: it is exactly in size, it is an error of form, they are indices of waviness of surface, indices of roughness of surface, the light reflecting ability and quality descriptions of surface layer. For renewal of corps of wedge bolt by a main task providing of impermeability of breech-block. For its implementation hard requirements are produced, namely; a small roughness of surface, form and location. Thus fine surface of corps of wedge bolt must be homogeneous.

Results. In order to attain the set roughness of fine surface, the trajectory of motion of instrument must have certain character. Because on this machine-tool a receipt of preset parameter of quality on all area of the processed surface is the main task of instrument accomplishing difficult rotatory motion that consists of:

main motion is this rotation of disk on that instrument, is envisaged, directly from an engine; motion providing even treatment is this rotation of instrument about the axis.

For the decision of this task the trajectory of motion of instrument is determined and a calculation is executed on determination of angulator of instrumental head.

Discussion and Conclusions. Results conducted theoretical and experimental research method of treatment of sealing surfaces, and also developed on the basis of recommendation on the choice of the effective mode and conditions treatment allowed to modernize the technological process of the abrasive polishing. Thus, application of the modernized technology (finishing operation with difficult motion of instrument relatively processed surfaces) as compared to base provides the achievement of parameter roughness of $Ra = 0,08$ micrometer. The obtained data testify the possibility of wide application method of finishing treatment of surfaces for the once-personal types of repair plug-forming.

Keywords: parameters of quality, renewal of corps of wedge bolt, trajectory of motion of instrument, angulator of instrumental head

For citation: Skryabin V.A. The processing steps in the renew of plug-forming details of pipeline fittings. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):228-245. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.228-245

Введение

Одной из ведущих тенденций современного машиностроительного производства является обеспечение качественных показателей поверхностей обрабатываемых деталей, влияющих на герметичность трубопроводной арматуры. Прогрессивным методом финишной обработки уплотнительных поверхностей запорных деталей трубопроводной арматуры является абразивная доводка, в процессе которой удаление материала деталей осуществляется с помощью незакрепленного шлифовального материала в виде пасты, размещенной на поверхности инструмента – притира. В этом случае процесс стружкообразования называется микрорезанием, аналогично шлифованию и другим видам обработки связным абразивом: под действием силы P , действующей на притир, вершины абразивных частиц вдавливаются в поверхность обрабатываемой детали, а при продольном перемещении производят процесс царапания, т. е. микрорезание материала.

Поскольку абразивные частицы имеют разные размеры и находятся над поверхностью притира на различных уровнях, микрорезание выполняют только наиболее крупные и высокие их вершины; остальные производят исключительно упругое и пластическое деформирование.

Процесс доводки позволяет получить поверхности обрабатываемых деталей с высокими качественными характеристиками, к критериям оценивания которых относятся точность размера, погрешность формы, показатели волнистости поверхности, показатели шероховатости поверхности, светоотражательная способность

и качественные характеристики поверхностного слоя.

В большинстве случаев считается приемлемым, если предшествующими абразивной доводке операциями обеспечивается шероховатость не ниже $Ra = 0,63$ мкм, а погрешность формы – в пределах $\Delta = 25\text{--}45$ мкм. Припуск на обработку на сторону назначается в зависимости от требуемых параметров качества. Так, значения припуска могут варьироваться от 0,05 до 0,001 мм, а значения получаемой шероховатости – от 0,63 до 0,02 мкм.

В результате исследований было установлено, что большое влияние на производительность и качество доводочной операции оказывает кинематика движения притира относительно неподвижной обрабатываемой поверхности, а также площадь их контактирования.

Материалы и методы

Технологические операции и оборудование процесса восстановления запорных деталей трубопроводной арматуры

Технологические процессы обработки уплотнительных поверхностей отличаются в зависимости от этапа использования запорных деталей трубопроводной арматуры. Рассмотрим технологический процесс мелкого ремонта корпуса клиновой задвижки, в частности восстановление уплотнительных поверхностей.

Главной задачей в данном случае является герметичность затвора, для достижения которой необходимо обеспечение малых шероховатости поверхности, отклонений формы и расположения. При этом уплотнительная поверхность корпуса клиновой задвижки должна быть однородной



и без дефектов. К базовым операциям мелкого ремонта относят: шлифование и доводку (притирку).

Необходимо отметить, что все исследования, технологические и конструкторские разработки выполнялись автором впервые с помощью магистров и инженерно-технических работников на ООО «ГАКС-РЕМ-АРМ» (г. Пенза).

Шлифование и доводка

Шлифование выполняется для восстановления поверхностного слоя, поскольку в процессе эксплуатации корпуса клиновой задвижки на уплотнительных поверхностях могут образовываться трещины, забоины, впадины, а также другие дефекты, размер которых не должен превышать 0,2 мм.

Шлифование производят переносным станком для шлифования и притирки с использованием соответствующего блока инструментов [1–4].

Длительность шлифования определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{t \cdot T_n}{Q}, \quad (1)$$

где t – время шлифования; T_n – припуск на обработку (зависит от состояния поверхностного слоя уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки); Q – величина съема материала за время t .

При обработке рабочее давление плавно регулируется.

От правильного выбора шлифовальных кругов и смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) [1–2], повышения точности и шероховатости зависит производительность процесса шлифования и получение высокого качества обработанной уплотнительной поверхности корпуса.

Для обработки уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки выбор связки, вещества или совокупности веществ, применяемых для закрепления зерен шлифовального

материала в абразивном инструменте, не принципиален. В данном случае следует исходить из его меньшей стоимости, то есть использовать абразивный инструмент на керамической, бакелитовой или вулканитовой связке.

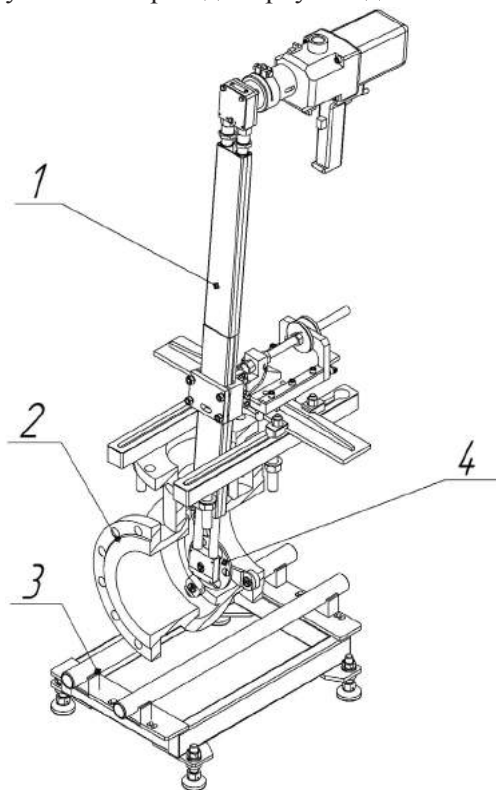
Абразивные круги из электрокорунда на керамических связках рекомендуется использовать для шлифования уплотнительных поверхностей корпуса (торцом круга). Инструмент удерживает абразивные зерна, препятствуя проникновению другого тела при воздействии внешних усилий, поэтому исходя из классов твердости и того, что сплавы, из которых изготавливаются уплотнительные поверхности корпусов, обладают достаточной твердостью, абразивный инструмент должен быть не ниже класса R и иметь плотную или среднеплотную структуру [2].

Шлифование уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки (рис. 1) осуществляется как при изготовлении, так и при ремонте.

Корпус клиновой задвижки 2 устанавливается на установочное приспособление 3. На станок 1 устанавливается инструментальный блок 4 со шлифовальными кругами. Затем станок с закрепленным на нем инструментальным блоком монтируется на корпусе клиновой задвижки. При этом необходимо обеспечить равномерное расположение шлифовальных кругов над уплотнительной поверхностью, что осуществляется при помощи установочного приспособления станка [5–6].

Инструментальный блок получает вращение от привода (с угловой скоростью $\omega_{дв}$), за счет чего происходит обработка уплотнительной поверхности. Выбор скорости зависит от диаметра последней: чем больше диаметр, тем меньше скорость. Поскольку шлифовальные круги нежестко закреплены на рычагах инструментального блока, происходит их вращение относительно своей оси, что обеспечивает равномер-

ную обработку всей ширины уплотнительной поверхности. Съем металла осуществляется при приложении усилия к инструментальному блоку; прижим – механически, с помощью установочного приспособления. Величина усилия прижима рекомендована в зависимости от условного прохода корпуса задвижки.



Р и с. 1. Схема шлифования уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки: 1 – станок; 2 – корпус клиновой задвижки в разрезе; 3 – установочное приспособление; 4 – инструментальный блок со шлифовальными кругами

Fig. 1. Scheme of polishing of sealing surfaces of corps of wedge bolt: 1 – machine-tool; 2 – corps of wedge bolt in a cut; 3 – adjusting machine accessories; 4 – instrumental block with diamond-impregnates

Следует отметить, что шлифование уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки осуществляется кругами из электрокорунда белого для

достижения заданного качества поверхностей деталей при последующей абразивной доводке.

Доводку уплотнительных поверхностей осуществляют на этом же станке. Вместо инструментального блока со шлифовальными кругами на станок устанавливают инструментальный блок с притирами, которые изготавливают из твердых материалов (например, чугуна марок СЧ18, СЧ20 и др.). На притиры наносят абразивную пасту, состав, зернистость и консистенция которой зависят от обрабатываемого материала, материала притира и необходимых параметров шероховатости.

Усилие прижима инструментального блока к обрабатываемой поверхности создается механическим путем и плавно регулируется, что дает возможность осуществлять непрерывный переход от предварительной доводки к чистовой. Для исключения толчков и ударов в моменты запуска и остановки станка частота вращения также плавно регулируется.

Притиры при доводочных операциях изготавливают из стали, чугуна, меди, бронзы. Предпочтение отдают притирам из серого чугуна твердостью 190–230 HB, поскольку они обладают необходимой плотной и однородной структурой в сечениях по всем направлениям. Стальные притиры отличаются более высокими показателями износостойкости и прочности и имеют низкую шаржируемость, но менее производительны по сравнению с чугунными.

Контактные методы контроля уплотнительных поверхностей корпуса клиновой задвижки

В основе контактных методов лежит принцип последовательного ощупывания поверхности специальной иглой, перпендикулярной контролируемой поверхности, и преобразования колебаний иглы в электрические сигналы (например, профилограф – профилометр).



На уплотнительных поверхностях не должно быть потеков (пятен) от абразивной пасты, моющего раствора, следов (остатков) перемещающейся среды, механических рисков, не исчезающих при изменении лучей света. Параметр шероховатости поверхности должен соответствовать главному требованию – $R_a \leq 0,08$ мкм. Небольшой завал кромки по периметру отполированной поверхности радиусом не должен превышать 0,20 мкм.

Измерения отклонений от плоскостности и параллельности проводятся методом «на краску»; прилегание поверхности должно составлять $> 90\%$.

На основе системного подхода успешно решаются управленческие, конструкторские, технологические и эксплуатационные задачи при функционировании машиностроительного комплекса.

Целью системного анализа процесса доводки является выявление наиболее эффективных путей достижения требуемых параметров качества уплотнительных поверхностей.

Процесс доводки уплотнительных поверхностей запорных деталей трубопроводной арматуры можно представить как техническую систему взаимодействующих процессов и подпроцессов (элементов), объединенных единой целью формирования – достиганием заданных требований к обрабатываемой поверхности наиболее эффективным способом.

Для комплексного системного анализа процесса доводки рассмотрим технологическую систему, реализующую процесс доводки. Структура системы определяет технологические возможности данного процесса, а также выбор управляющих воздействий при реализации системы управления операционной технологией. Система состоит из следующих элементов:

1) станок переносной для шлифования и притирки, который включает в себя привод электрический или

пневматический (в зависимости от модификации), механизм привода (передающий вращение от привода к инструментальному блоку), инструментальные блоки (для проведения нескольких операций обработки) и пульт управления (для визуализации и фиксации значений режимных параметров с целью управления процессом обработки);

2) установочное приспособление для закрепления станка на корпусе клиновой задвижки;

3) заготовка – уплотнительная поверхность, подвергающаяся процессу доводки (в данной работе это корпус клиновой задвижки);

4) инструмента, который состоит из притира и абразивного материала (пасты или порошка).

Основным элементом станка является механизм привода, который передает вращение от привода к инструментальному блоку, поскольку должна быть обеспечена плавность вращения что подразумевает отсутствие ударов, рывков, заеданий и торможения. Установочное приспособление для закрепления станка на корпусе клиновой задвижки должно обеспечивать точное базирование на всех видах корпусов клиновых задвижек. Заготовка характеризуется конструкцией (форма и размеры, которые определяют отклонения формы и расположения) и состоянием уплотнительной поверхности (трещины, забоины, окисная пленка, грязь и т. д.).

В результате комплексного анализа технологической системы, реализующей процесс доводки, были выявлены основные параметры, определяющие качество процесса (в дальнейшем они будут учитываться при проектировании и управлении этим качеством). К ним относятся мощность привода; угловая скорость вращения привода; передаточное число от ведущей и ведомой звездочек; угловая скорость вращения инструментальных головок (притиров).

Основными параметрами при анализе взаимодействия абразивного материала и обрабатываемой уплотнительной поверхности корпуса клиновой задвижки являются: усилие прижима инструментального блока к обрабатываемой поверхности (уплотнительная поверхность корпуса клиновой задвижки); параметры абразивного материала (материал зерен, зернистость, состав, СОТС и др.); материал притира; коэффициент трения между инструментом и обрабатываемой поверхностью; время цикла обработки.

К основным параметрам уплотнительной поверхности, влияющим на качество процесса доводки, относятся: материал уплотнительной поверхности; исходная геометрия: шероховатость, отклонение формы (отклонение от плоскостности), наличие и размеры забоин, трещин, царапин и т. д.

Данные признаки позволяют получить представление о виде ремонта и установить рациональный вид обработки, что на начальной стадии определяет реализацию технологии ремонта.

Существует 3 вида ремонта.

1) **Мелкий**, который производится, как правило, без снятия задвижки из трубопровода и подразумевает использование доводочных операций (шлифования, притирки), выполняемых переносными устройствами. Для контроля качества ремонта используются приборы и устройства для измерения метрических параметров: шероховатости, волнистости, отклонений формы, угловых и линейных параметров.

2) **Средний**, который может производиться как в условиях нахождения корпуса задвижки в трубопроводе, так и в стационарных условиях, когда арматура демонтирована. Характерная особенность данного вида ремонта состоит в использовании не только доводочных операций, но и операций лезвийной обработки. При этом могут применяться как универсальные средства механической обработки, так

и специальные мобильные устройства и установки. В данном случае должны более широко использоваться методы контроля качества материала (наличие скрытых трещин, пор, качества сварных швов и т. д.), а также средства метрологического контроля метрических параметров.

3) **Капитальный**, при котором используется весь ассортимент технологических операций восстановления, в том числе процессы наплавки, сварки, лезвийной обработки и доводки. Для оценки качества выполнения операций применяются средства контроля качества материалов и метрических параметров деталей и поверхностей. Капитальный ремонт производится в стационарных условиях, когда задвижка демонтирована с трубопровода. Для его проведения может быть использовано универсальное оборудование (как специализированное оборудование, предназначенное для стационарного применения, так и мобильное), оснащенное специальной оснасткой и инструментом.

К деталям арматуры, обрабатываемых притиркой, предъявляются следующие требования: шероховатость поверхности – не меньше 0,08 мкм; отклонения от плоскостности и прямолинейности поверхности – в пределах 80–90 % площади, проверяемой плитой «на краску»; отсутствие на подлежащей притирке поверхности забоин, вмятин, царапин глубиной $> 0,2$ мм.

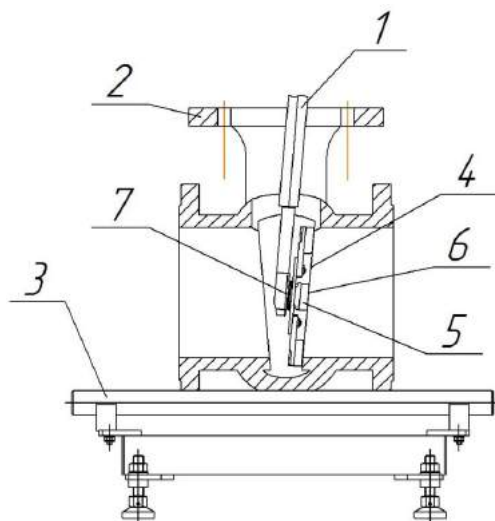
Перед выполнением процесса доводки также необходимо определить качество уплотнительной поверхности для установления рациональной обработки.

Финишная обработка уплотнительных поверхностей незакрепленным абразивом

Процесс доводки переносным станком для шлифования и притирки осуществляется как при производстве, так и при ремонте клиновых задвижек с изъятием или без изъятия их из



трубопровода. Переносной станок для шлифования и притирки позволяет обрабатывать уплотнительные поверхности клина и корпуса клиновой задвижки (рис. 2).

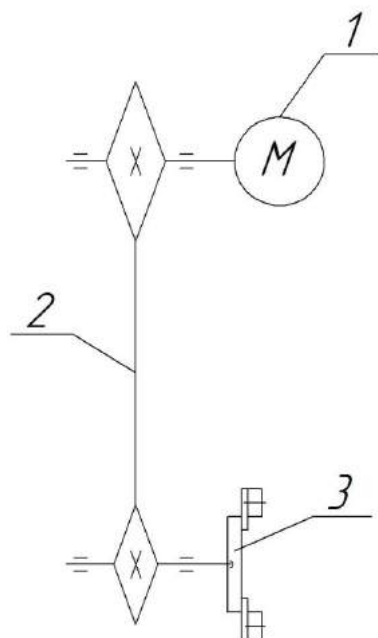


Р и с. 2. Схема обработки уплотнительной поверхности корпуса клиновой задвижки: 1 – станок; 2 – корпус клиновой задвижки; 3 – установочное приспособление; 4 – обрабатываемая уплотнительная поверхность; 5 – притир; 6 – абразив (паста, суспензия); 7 – инструментальный блок

Fig. 2. Scheme of treatment of sealing surface of wedge bolt: 1 – machine-tool; 2 – corps of wedge bolt; 3 – adjusting machine accessories; 4 – processed sealing surface; 5 – lap; 6 – abrasive (paste, suspension); 7 – instrumental block

Корпус клиновой задвижки 2 устанавливается на установочное приспособление 3. На станок 1 устанавливается инструментальный блок 7 с закрепленными на нем притирами 5, на которые наносится абразив 6. Станок 1 крепится на фланце корпуса 2 так, чтобы обеспечивалось расположение инструментального блока над уплотнительной поверхностью 4.

На рис. 3 представлена кинематическая схема переносного станка для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей клиньев и корпусов клиновых задвижек.



Р и с. 3. Кинематическая схема станка: 1 – привод; 2 – цепная передача; 3 – инструментальный блок

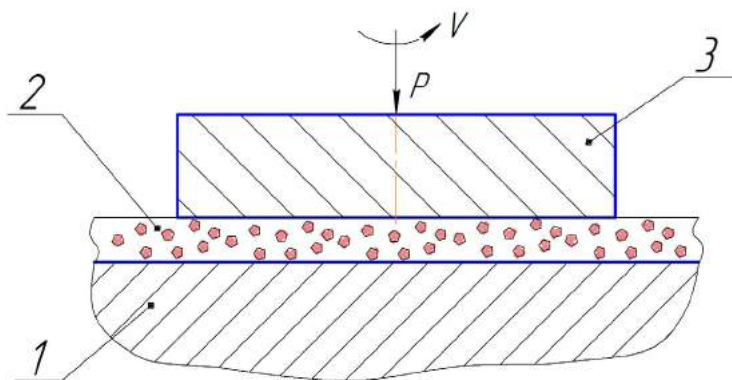
Fig. 3. Kinematic scheme of machine-tool: 1 – drive; 2 – chain-drive; 3 – instrumental block

Привод 1 станка может быть электрическим или пневматическим в зависимости от модификации. От выбора вида привода зависит конструкция входного вала, на который он (привод) устанавливается. Верхняя звездочка цепной передачи 2 получает вращение от привода со скоростью $V_{пр}$ и передает вращение нижней звездочке. Передаточное отношение звездочек равно единице. На вал, на котором установлена нижняя звездочка, закрепляется ось в виде шарнира, на которую устанавливается инструментальный блок 3, получающий, таким образом, нежесткое положение. Данное конструктивное решение позволяет обрабатывать уплотнительную поверхность, расположенную под углом. Инструмент, который закрепляется на инструментальном блоке, зависит от

вида обработки: при шлифовании – шлифовальные круги (из электрокорунда белого), при доводке – притиры.

Доводкой называют процесс чистовой обработки, при котором абразивные зерна не закреплены в прочной связке, а свободно распределены в доводочной пасте или суспензии. Инструментом служит притир, на поверхность которого наносится пас-

та или суспензия. Процесса доводки (рис. 4) состоит из 2 этапов: 1) микрорезание (резание, царапание), при котором исправляется форма и изменяются размеры обрабатываемой поверхности; 2) трение с пластическим оттеснением материала, при котором уменьшается высота неровностей, «выглаживается» обрабатываемая поверхность.



Р и с. 4. Схема доводки: 1 – обрабатываемая поверхность; 2 – слой, содержащий абразивные зерна; 3 – притир

F i g. 4. Polishing scheme: 1 – processed surface, 2 – layer containing abrasive grains; 3 – lap

Для получения высокого качества обрабатываемой поверхности при обработке необходимо учитывать некоторые факторы: скорость (зависит от характера доводочной операции); давление, или усилие прижима (зависит как от характера доводочной операции, так и от вида обрабатываемого материала); вид абразива (паста, суспензия, порошок и др.).

Результаты исследования

В мелком ремонте запорных деталей трубопроводной арматуры, т. е. восстановлении уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек, главным критерием является герметичность затвора, которую обеспечивает высокое качество поверхности. Одним из вариантов финишной обработки является доводка с применением переносного станка для шли-

фования и притирки уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек. На данном станке инструмент совершает сложное вращательное движение относительно обрабатываемой поверхности, позволяя, таким образом, получать требуемые параметры [7].

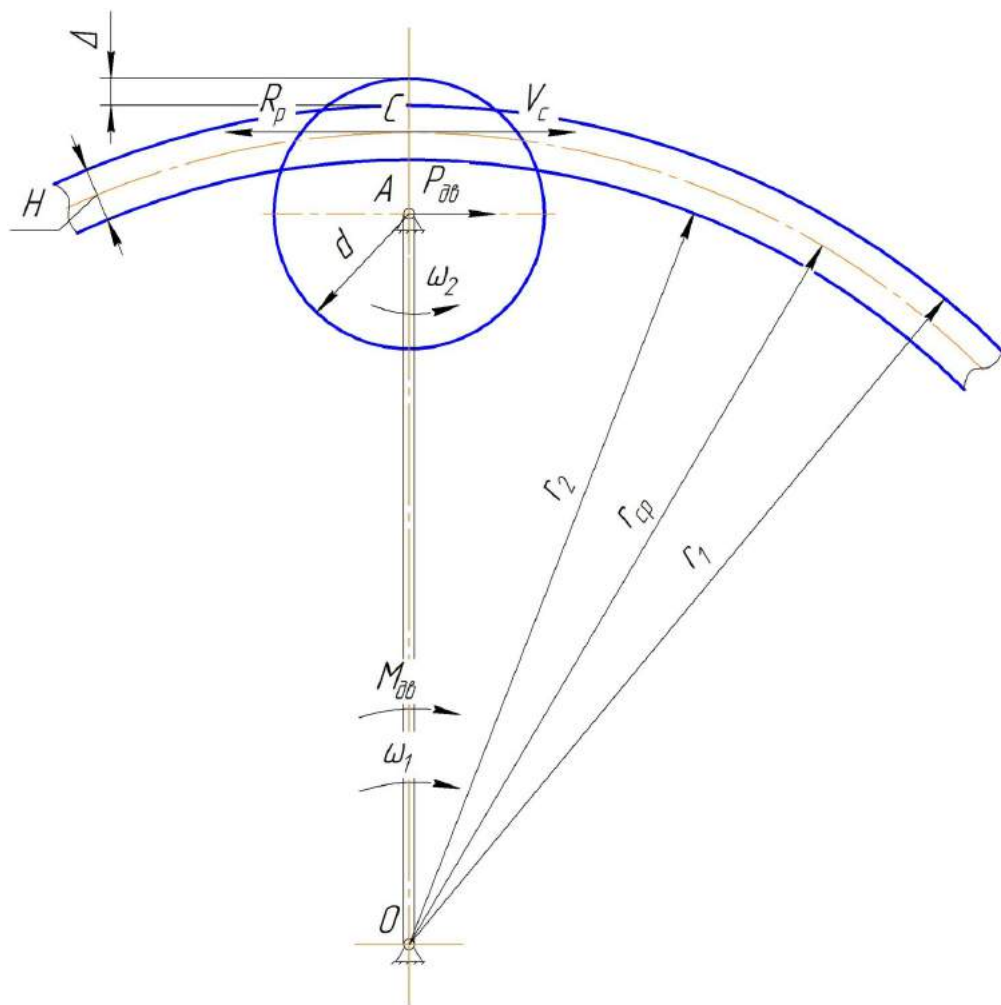
Для достижения заданной шероховатости уплотнительной поверхности траектория движения инструмента должна иметь определенный характер. Поскольку на данном станке получение заданных параметров качества по всей площади обрабатываемой поверхности является главной задачей, инструмент совершает сложное вращательное движение, которое состоит из главного движения (вращение диска, на котором закреплен инструмент, независимо от двигателя); движения, обеспечивающего равномерную обра-



ботку (вращение инструмента вокруг своей оси).

Для решения поставленной задачи определим траекторию движения инструмента. Для этого выполним расчет по нахождению угловой скорости притира.

Рассмотрим движение инструмента (рис. 5), на который действуют следующие нагрузки: движущая сила $P_{дв}$ от привода, приложенная в точке A (центр инструмента); силы резания (сопротивления), равномерно распределенные по поверхности обработки.



Р и с. 5. Схема для определения угловой скорости инструментальной головки

F i g. 5. Scheme for determination of instrumental head angular velocity

Данные силы можно заменить одной результирующей (R_p), приложив ее в центре тяжести C обрабатываемой поверхности, которая и будет являться силой резания. В первом приближении с большой степенью точности центр тяжести C можно расположить на среднем радиусе:

$$r_{cp} = \frac{1}{2}(r_1 + r_2), \quad (2)$$

где r_1, r_2 – наружный и внутренний радиусы обрабатываемой поверхности (кольца).

Под действием этих нагрузок инструмент будет совершать сложное плоскопараллельное движение, состоящего из переносного вместе с полюсом A (переносное движение) и вращательного движения вокруг оси, проходящей через точку A (относительное движение).

При обработке мощность привода $N_{прив}$ будет равна мощности $N_{рез}$, развиваемой силой резания R_p , т. е.

$$\eta \cdot N_{прив} = N_{рез}. \quad (3)$$

Мощность привода определяется по формуле:

$$\eta \cdot N_{прив} = N_{рез} = M_{дв} \cdot \omega_l = P_{дв} \cdot V_A, \quad (4)$$

где $P_{дв}$ – движущая сила от привода; V_A – скорость точки приложения движущей силы; η – КПД привода.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_{рез} = n \cdot R_p \cdot V_C, \quad (5)$$

где n – число одновременно работающих инструментов; R_p – сила резания; V_C – скорость точки приложения силы сопротивления.

Сила резания определяется по следующей формуле:

$$R_p = f \cdot F_{пр}, \quad (6)$$

где f – коэффициент сопротивления (трения) между инструментом и обрабатываемой поверхностью; $F_{пр}$ – усилия прижима инструмента к обрабатываемой поверхности.

Скорость V_C точки приложения силы сопротивления можно определить по теореме о сложении скоростей при плоском движении, которая в данном случае она записывается следующим образом:

$$V_C = V_A - V_{CA} = \omega_1 \cdot OA - \omega_2 \cdot AC.$$

Тогда

$$N_{рез} = n \cdot f \cdot F_{пр} (\omega_1 \cdot OA - \omega_2 \cdot AC), \quad (7)$$

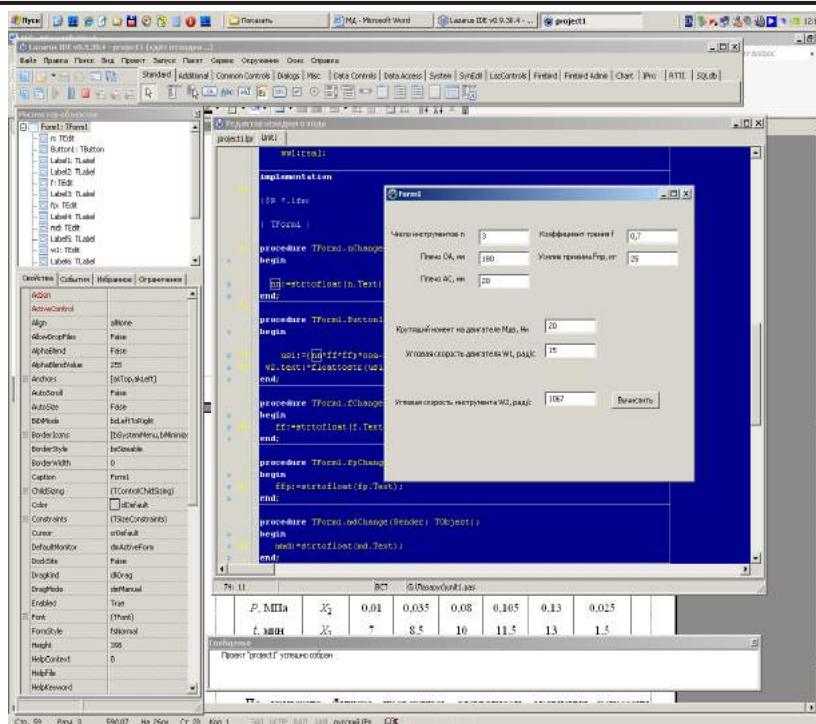
где n – число одновременно работающих инструментальных головок; R_p – сила резания; ω_1, ω_2 – угловые скорости инструмента и привода; OA, AC – плечи приложения сил.

Подставляя полученные зависимости в формулу (3), получим:

$$M_{дв} \cdot \omega_1 = n \cdot f \cdot F_{пр} (\omega_1 \cdot OA - \omega_2 \cdot AC); \quad (8)$$

$$\omega_2 = \frac{n \cdot f \cdot F_{пр} \cdot OA - M_{дв}}{n \cdot f \cdot F_{пр} \cdot AC} \cdot \omega_1. \quad (9)$$

Представленный расчет довольно трудоемок и для упрощения определения угловой скорости инструментальных головок предлагается применять программный продукт «Lazarus», который позволяет выполнить расчеты с вводом имеющихся параметров. Пример расчета в диалоговом окне представлен на рис. 6.



Р и с. 6. Пример расчета угловой скорости инструмента с применением программного продукта «Lazarus»

F i g. 6. Example of calculation of angular velocity with use of software “Lazarus”

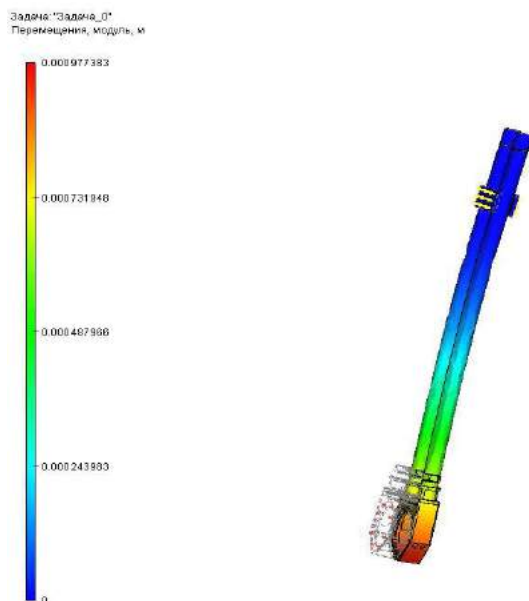
Модернизация оборудования и его кинематическая схема для обработки плоских поверхностей деталей трубопроводной арматуры

Переносной станок [5–6] для шлифования [7–8] и притирки может быть использован для обработки уплотнительных поверхностей [9–10] как общепромышленной, так и энергетической арматуры. Одним из отличий энергетической арматуры от общепромышленной является ее высота. Поскольку арматура имеет большую номенклатуру, изготовление станков для каждого типоразмера не представляется возможным. В связи с этим станок должен быть универсальным и позволять производить обработку с минимальными затратами и максимальной выгодой для пользователя.

Одним из критериев при изготовлении станка для обеспечения обработки

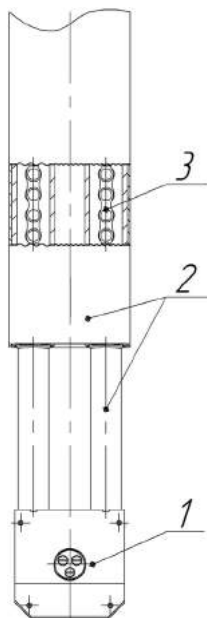
арматуры разных типоразмеров является глубина погружения (размер от торца присоединительного фланца до внутренней нижней поверхности корпуса задвижки). Из классификатора арматуры выбирается максимальный высотный размер корпуса для определенного условного прохода, исходя из которого производится расчет длины консоли привода.

Консоль привода представляет собой профильные трубы различного диаметра с приваренными верхним и нижним редукторами. При обработке на консоль привода прикладывается нагрузка, которая обеспечивает процесс притирки. При этом консоль прогибается (величина прогиба должна быть минимальной). Расчет прогиба производится на стадии проектирования с использованием специального программного продукта «Solidworks» (рис. 7).



Р и с. 7. Схема расчета величины прогиба консоли привода
F i g. 7. Scheme of calculation of size of bending of drive cantilever

В базовой модели станка в консоль дача (рис. 8) для передачи вращения от привода устанавливается цепная пере- привода на диск с инструментами.



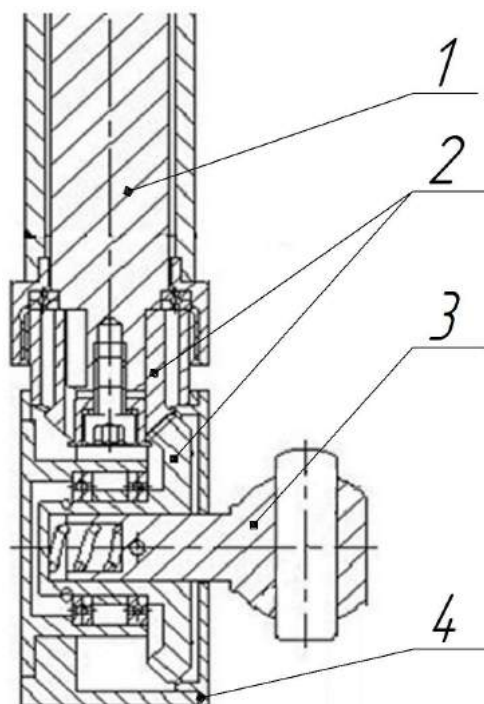
Р и с. 8. Схема передачи вращательного движения с помощью цепи: 1 – нижний редуктор;
2 – консоль привода; 3 – цепь

F i g. 8. Scheme of transmission of rotatory motion by means of chain: 1 – lower reducing gear;
2 – cantilever of drive; 3 – chain



В процессе работы цепь изнашивается, вследствие чего растягивается и провисает. Поскольку в конструкции не предусмотрен натяжной ролик, цепь на звездочке заклинивает, и в результате происходит разрыв звена, приводящий к стопорению диска, на котором закреплены инструменты.

Таким образом, процесс обработки прекращается. При проведении процесса доводки на арматуре, не изъятый из трубопровода, разрыв цепи недопустим. Для решения данного вопроса предлагается рассмотреть возможность замены цепной передачи на коническую (рис. 9).

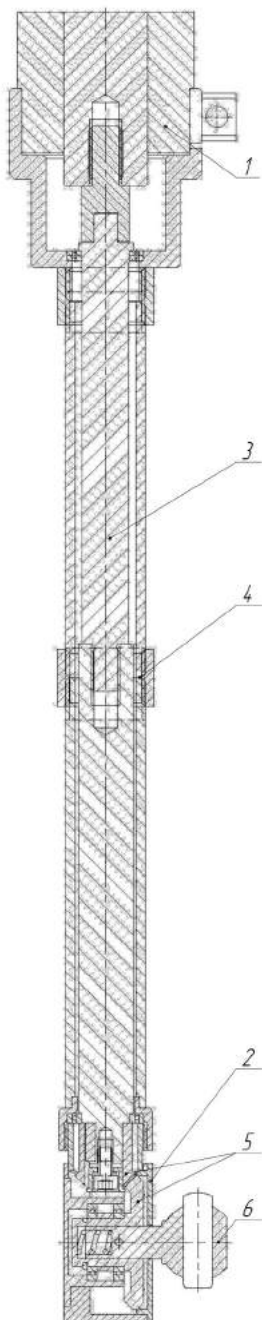


Р и с. 9. Эскиз исполнения нижнего редуктора с конической передачей: 1 – консоль привода; 2 – зубчатая коническая передача; 3 – ось; 4 – нижний редуктор

F i g. 9. Sketch of execution of lower reducing gear with a conical transmission: 1 – cantilever of drive; 2 – conical gearing; 3 – axis; 4 – lower reducing gear

Применение в конструкции переносного станка для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей корпусов клиновых задвижек такой передачи позволит производить обработку более стабильно и плавно, уменьшить шум при работе станка, а также передавать вращение от при-

вода на инструментальный блок через вал. Применение вала в качестве соединения привода и конической передачи позволяет использовать «наращиваемую» высоту конструкции станка, что необходимо при обработке энергетической арматуры, имеющей значительные высотные габариты (рис. 10).

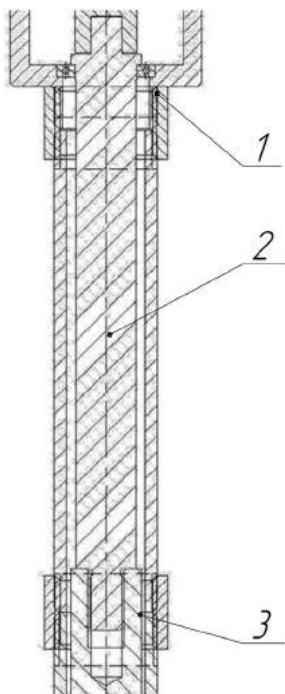


Р и с. 10. Эскиз закрепления вала с приводом и конической передачей: 1 – верхний редуктор;
2 – нижний редуктор; 3 – модуль добавления высоты; 4 – место крепления модуля;
5 – коническая передача; 6 – ось

F i g. 10. Sketch of fixing of billow with a drive and conical transmission: 1 – overhead reducing gear;
2 – lower reducing gear; 3 – module of addition of height; 4 – place of fastening of the module;
5 – conical transmission; 6 – axis



Применение модуля добавления высоты также необходимо для обработки энергетической арматуры, поскольку ее размеры предполагают большую глубину погружения станка по сравнению с общепромышленной арматурой (рис. 11).



Р и с. 11. Эскиз крепления добавленного модуля для «наращивания» высоты: 1 – место крепления к верхнему редуктору; 2 – модуль добавления высоты; 3 – место крепления добавленного модуля

F i g. 11. Sketch of fastening of added module for “increase” of height: 1 – fastening place to overhead reducing gear; 2 – module of addition of height; 3 – place of fastening of the added module

Все вышеописанное приведет к изменению конструкции станка. Предлагаемая конструкция станка представлена на рис. 12.

Механизм привода 1 состоит из электропривода или пневмопривода (в зависимости от модификации станка), верхнего 2 и нижнего 4 редуктора, соединенных между собой консолью

привода 3. На верхнем редукторе 2 закреплен электропривод или пневмопривод, а нижний редуктор 4 имеет выходной вал со встроенной шарнирной муфтой 5. Вращательное движение выходной вал получает при помощи конической передачи. Установочное приспособление и инструментальный блок будут идентичны имеющимся.

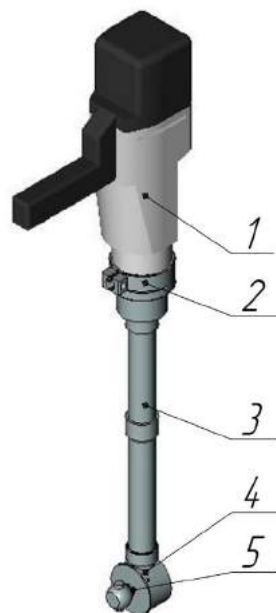


Рис. 12. Предлагаемая конструкция станка: 1 – привод; 2 – верхний редуктор; 3 – консоль привода; 4 – нижний редуктор; 5 – выходной вал со встроенной шарнирной муфтой

F i g. 12. Estimated construction of machine-tool: 1 – drive; 2 – overhead reducing gear; 3 – cantilever of drive; 4 – lower reducing gear; 5 – output billow with a built-in joint muff

За счет применения конической передачи изменяется конструкция консоли привода. В имеющейся конструкции станка она состоит из двух видов труб, в которых устанавливается цепь, и кожуха для придания эстетического вида. В предлагаемой конструкции вместо труб будет использоваться вал, непосредственно скрепленный с приводом и одним из колес конической передачи.

Обсуждения и заключения

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований способа обработки уплотнительных поверхностей, а также разработанные на их основе рекомендации по выбору эффективных режимов и условий обработки позволили модернизировать технологический процесс абразивной доводки и конструкцию переносного станка для реализации финишной абразивной обработки.

Применение прогрессивной технологии (доводочная операция со сложным движением инструмента относительно обрабатываемой по-

верхности) и модернизация станка обеспечивают достижение параметра шероховатости $R_a = 0,08$ мкм; отклонения от плоскостности и прямолинейности поверхности – в пределах 80–90 % площади, проверяемой плитой «на краску»; отсутствие на подлежащей притирке поверхности забоин, вмятин, царапин глубиной $> 0,2$ мм.

Полученные данные свидетельствуют о возможности широкого применения способа финишной обработки уплотнительных поверхностей для различных видов ремонта запорной арматуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 50815-95. Промышленная чистота. Жидкости смазочно-охлаждающие. Требования к чистоте смазочно-охлаждающих жидкостей на операциях круглого наружного и плоского шлифования периферией круга. URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/1883>.
2. ГОСТ 2424-83. Круги шлифовальные. Технические условия. URL: <http://www.koround.ru/root/files/specs/abrazivnii/gost-2424-83>.
3. Технология обработки конструкционных материалов : учеб. для машиностр. спец. вузов / Под общ. ред. П. Г. Петрухи. М. : Высш. шк., 1991. 512 с. URL: <http://www.mexanik.ru/1230/ann1230.htm>.
4. Сейнов С. В., Сейнов Ю. С., Мартынов А. Н. Технологии и оборудование для притирки уплотнений арматуры : технич. справочник. М. : Прондо, 2013. 250 с. URL: <http://tpkom.com/book/book.php?ID=1414>.
5. Скрябин В. А., Павлова Ж. В. Модернизация переносного станка для шлифования и притирки уплотнительных поверхностей затворов задвижек трубопроводной арматуры // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 2. С. 8–13. URL: http://www.nait.ru/journals/number.php?p_number_id=2227.
6. Скрябин В. А., Павлова Ж. В. Технология ремонта корпуса задвижки трубопроводной арматуры // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 3. С. 3–10. URL: http://www.nait.ru/journals/number.php?p_number_id=2228.
7. Скрябин В. А., Желтова Ж. В. Определение траектории движения инструмента при абразивной доводке уплотнительных поверхностей деталей трубопроводной арматуры // Машиностроитель. 2015. № 5. С. 20–24. URL: <http://www.mashizdat.ru/mash%2015/mash%2015%2015.html>.
8. Скрябин В. А., Схиртладзе А. Г. Технологическое обеспечение качества обработки сложнопрофильных деталей уплотненными мелкодисперсными средами : монография. Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2015. 240 с.
9. Мартынов А. Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами : монография. Саратов : Изд-во Сарат. гос. техн. ун-та, 1981. 212 с.
10. Скрябин В. А. Основы процесса субмикрорезания при обработке деталей незакрепленным абразивом : монография. Пенза : Изд-во ПВАИУ, 1992. 120 с.

Поступила 02.12.2015; принята к публикации 10.03.2016; опубликована онлайн 20.06.2016



Об авторе:

Скрябин Владимир Александрович, профессор кафедры технологии машиностроения факультета машиностроения и транспорта ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» (Россия, г. Пенза, ул. Красная, д. 40), доктор технических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0001-7156-9198**, vs_51@list.ru

REFERENCES

1. GOST P 50815-95. Promyshlennaya chistota. Zhidkosti smazочно-okhlazhdayushchie. Trebovaniya k chistote smazочно-okhlazhdayushchikh zhidkostey na operatsiyakh kruglogo naruzhnogo i ploskogo shlifovaniya periferiy kruga [Industrial purity. Liquids lubricating-cooling. The requirements for the purity of coolants in operations round outer and flat grinding wheel periphery.]. Available from: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/1883>. (In Russ.)
2. GOST 2424-83. Krugi shlifovalnyye. Tekhnicheskiye usloviya [Circles polishing. Technical requirements]. Available from: <http://www.koround.ru/root/files/specs/abrazivnii/gost-2424-83>. (In Russ.)
3. Petpukha PG, editor. Tekhnologiya obrabotki konstruksionnykh materialov : uchebnik dlya mashinostroitelnykh spetsialnostey vuzov [Technology of treatment of construction materials]. Moscow: Higher School Publ.; 1991. Available from: <http://www.mexanik.ru/1230/ann1230.htm>. (In Russ.)
4. Seynov SV, Seynov YuS, Martinov AN. Tekhnologii i oborudovaniye dlya pritirki uplotneniy armatury [Technologies and equipment for grinding in of compressions of armature]. Technical Reference Book. Moscow: Prondo; 2013. Available from: <http://tpkom.com/book/book.php?ID=1414>. (In Russ.)
5. Skryabin VA, Pavlova GV, Skryabin VA. Modernizatsiya perenosnogo stanka dlya shlifovaniya i pritirki uplotnitelnykh poverkhnostey zatvorov zadvizhek truboprovodnoy armatury [Modernisation of portable machine-tool for polishing and grinding in of packer surfaces of breech-blocks of bolts of pipeline armature]. *Remont, vosstanovleniye, modernizatsiya* = Repair, renewal, modernisation. Moscow: Publishing office; LTD Sciences and technologies, 2015; 2:8-13. Available from: http://www.nait.ru/journals/number.php?p_number_id=2227. (In Russ.)
6. Skryabin VA, Pavlova GV, Skryabin BA. Tekhnologiya remonta korpusa zadvizhki truboprovodnoy armatury [Technology of repair of corps of bolt of pipeline armature]. *Remont, vosstanovleniye, modernizatsiya* = Repair, renewal, modernization. 2015; 3:3-10. Available from: http://www.nait.ru/journals/number.php?p_number_id=2228. (In Russ.)
7. Skryabin VA. Opredeleniye traektorii dvizheniya instrumenta pri abrazivnoy dovodke uplotnitelnykh poverkhnostey detaley truboprovodnoy armatury [Determination of trajectory of motion of instrument at the abrasive polishing of packer surfaces of details of pipeline armature]. *Mashinostroitel* = Machinist. 2015; 5:20-24. Available from: <http://www.mashizdat.ru/mash%2015/mash%205%2015.html>. (In Russ.)
8. Skryabin VA, Shirladze AG. Tekhnologicheskoye obespecheniye kachestva obrabotki slozhno-profilnykh detaley uplotnennymi melkodispersnymi sredami [The Technological providing of quality of treatment of figurine details close-settled fine environment]. Stary Oskol; 2015. (In Russ.)
9. Martynov AN. Osnovy metoda obrabotki detaley svobodnym abrazivom, uplotnennym inertsionnymi salami : monografiya [Bases of method of treatment of details free abrasive close-settled inertia forces]. Saratov: Saratov Technical State University Publ.; 1981. (In Russ.)
10. Skryabin VA. Osnovy protsessy submikrorezaniya pri obrabotke detaley nezakreplennym abrazivom : monografiya [Bases of process of submicroscopic cutting at treatment of details an unsupported abrasive]. Penza: PVAIU Publ.; 1992. (In Russ.)

Submitted 02.12.2015; accepted for publication 10.03.2016; published online 20.06.2016

About the author:

Vladimir A. Skryabin, professor of Mechanical Engineering Chair, Mechanical Engineering and Transport Faculty, Penza State University (40, Krasnaya St., Penza, Russia), Dr.Sci (Engineering), **ORCID: orcid.org/0000-0001-7156-9198**, vs_51@list.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО МОДУЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ИСПЫТАНИИ АКТИВНЫХ РОТАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

В. Ф. Купряшкин, Н. И. Наумкин, В. В. Купряшкин
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. Статья посвящена теоретическому изучению устойчивости движения подвижного модуля экспериментальной установки, предназначенной для исследования активных ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин. При этом учитываются конструктивные особенности подвижного модуля и особенности силового взаимодействия активных ротационных рабочих органов с почвой. Кроме этого, рассматриваются особенности проведения экспериментальных исследований активных ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин. Из анализа ранее проведенных как теоретических, так и экспериментальных исследований данного типа рабочих органов отмечается возможность нарушения устойчивости хода подвижного модуля, что в свою очередь отрицательно сказывается на обеспечении выполнения заданной методикой программы эксперимента. Также из анализа некоторых исследований следует, что те допущения, при которых они проводились, не позволяют в полной мере учитывать характер влияния протекающих динамических процессов взаимодействия активных ротационных рабочих органов с почвой на устойчивость движения тележки экспериментальной установки.

Материалы и методы. Для устранения недостатков в проведенных исследованиях была изучена устойчивость движения подвижного модуля экспериментальной установки с учетом его конструктивных особенностей и условий проведения эксперимента. Базой послужил синтез основных положений и законов механики и экспериментальных данных силового взаимодействия активных ротационных рабочих органов с почвой. В результате теоретического исследования была составлена расчетная схема нагружения тележки экспериментальной установки с учетом ее конструктивных особенностей и силовых факторов, действующих на опорные колеса и исследуемые активные ротационные рабочие органы. Также, с учетом особенностей планирования эксперимента и почвенных условий, были определены аналитические и графические зависимости основных силовых характеристик, определяющих устойчивость движения подвижного модуля.

Результаты исследования. Обработка результатов исследования позволила выявить зоны устойчивого и неустойчивого движения подвижного модуля экспериментальной установки. Наличие зоны неустойчивого движения тележки приводит к нарушению задаваемых планом проведения экспериментальных исследований условий и отрицательно сказывается на их качестве и достоверности получаемых результатов.

Обсуждение и заключение. Все вышеизложенное позволяет утверждать, что для обеспечения устойчивости движения подвижного модуля экспериментальной установки требуются определенные конструкторские решения.

Ключевые слова: исследование почвообрабатывающих машин, устойчивость движения, активный ротационный рабочий орган, экспериментальная установка, подвижный модуль, твердость почвы



Для цитирования: Купряшкин В. Ф., Наумкин Н. И., Купряшкин В. В. Исследование устойчивости движения подвижного модуля экспериментальной установки при испытании активных ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 246–258. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.246-258

STABILITY OF MOTION OF MOBILE MODULE OF EXPERIMENTAL SETUP IN THE STUDY OF ACTIVE ROTARY WORKING OF MACHINES FOR SOIL TREATMENT

V. F. Kupryashkin, N. I. Naumkin, V. V. Kupryashkin

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. The paper is devoted to the theoretical study of stability of movement of the movable unit of the experimental setup intended for the exploration of the active rotational working organs of the car for soil treatment. This takes into account the design features of the mobile unit and features active rotary force interaction of working bodies with the soil. From the analysis of previously conducted both theoretical and experimental studies of this type of working bodies noted the possibility of breaking the stability of the mobile stroke unit, which in turn will have a negative impact on the enforcement of a given method of the experiment program. From the analysis of previous studies shows that the assumptions under which they were made, not allow you to fully take into account the nature of the effect occurring dynamic processes of interaction of active rotary working bodies with the soil on the experimental setup truck driving stability.

Materials and Methods. To address the shortcomings in the research, based on a synthesis of the main provisions and laws of mechanics and the experimental data of active rotary force interaction of working bodies with the soil, carried out theoretical studies of stability of movement of the movable unit of the experimental setup in view of its design features and conditions of the experiment.

Results. A theoretical study was composed of loading trolley design scheme of the experimental setup with regard to its design features and power factors acting on its working elements, namely, the wheel bearing and studied active rotary working bodies. Processing results of the study allowed the weary twist zone of stable and unstable movement of the movable unit Expo tal installation. The presence of unstable movement zone carts at-leads to a breach of the conditions set by the plan of experimental-governmental research and a negative impact on their quality and purity.

Discussion and Conclusions. All of this suggests that to ensure the sustainability of the rolling motion-module of the experimental setup is required the relevant design solutions.

Keywords: machines for tillage, roadholding, active rotary working tool, experimental setup the mobile module, soil hardness

For citation: Kupryashkin VF, Naumkin NI, Kupryashkin VV. Stability of motion of mobile module of experimental setup in the study of active rotary working of machines for soil treatment. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(27):246-258. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.246-258

Введение

Для подтверждения и дополнения теоретических предпосылок в области исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин широко используются специализированные лабораторные установки, позволяющие имитировать реальные условия взаимодействия с почвой и представляющие собой, как правило, почвенный канал с подвижными и тяговыми модулями [1–2]. Однако использование данного типа лабораторных установок для исследования активных рабочих органов (АРО) почвообрабатывающих машин требует учета силовых факторов их взаимодействия с почвой [3], а именно подталкивающей и выталкивающих сил, которые могут отрицательно сказаться на устойчивости подвижного модуля (тележки) и, следовательно, на обеспечении конкретных значений переменных факторов определяемых программой эксперимента [4–6]. Среди большого количества таких переменных факторов, к которым можно отнести конструктивные и технологические параметры АРО почвообрабатывающих машин (диаметр, глубина обработки, кинематический параметр, подача на нож и т. д.), а также параметры, характеризующие состояние обрабатываемой почвы (влажность, плотность, твердость), по мнению многих исследователей [2; 7–9], можно выделить подачу на нож, величина которой определяется зависимостью:

$$S = \frac{2\pi v_{\Pi}}{Z\omega_{\Phi}}, \quad (1)$$

где v_{Π} – скорость поступательно-го движения тележки, м/с; Z – число ножей в секции АРО; ω_{Φ} – угловая скорость АРО, рад/с.

Из выражения (1) следует, что одним из возможных способов исследования конкретного значения подачи на нож АРО, является определяемый программой выбор соответствующей

величины поступательной скорости тележки экспериментальной установки, значение которой должно оставаться постоянным в ходе исследования, поскольку это условие является обязательным для получения достоверных результатов эксперимента.

Обзор литературы

Согласно наблюдениям, в ходе проведенного исследования АРО почвообрабатывающих машин, на некоторых определенных режимах, характеризующихся большими значениями глубины обработки, подачи на нож и твердости почвы [10], отмечалось нарушение устойчивости движения тележки заключающееся в отклонении ее поступательной скорости от первоначально заданного программой эксперимента значения. Однако это утверждение основывалось только на практическом наблюдении. В исследованиях [11–12] были рассмотрены теоретические аспекты обеспечения устойчивости движения тележки, достигаемого за счет соблюдения следующего условия:

$$F_{cm} \geq F_{xe}, \quad (2)$$

где F_{cm} – суммарная сила сопротивления перекатыванию тележки, Н; F_{xe} – значение подталкивающей силы взаимодействия АРО с почвой приведенной к оси вращения опорных колес тележки, Н.

Результаты теоретических исследований показали, что из-за действия подталкивающей силы, возникающей в результате взаимодействия АРО с почвой, может происходить нарушение условия (2), вследствие чего поступательная скорость увеличивается, что в свою очередь приводит к нарушению заданных условий проведения эксперимента. Однако данные теоретические изыскания проводились с рядом допущений, не позволяющих учитывать действие на тележку экспериментальной установки всех силовых факторов, характерных для исследуе-



мых АРО, а также конкретных почвенных условий и особенностей программы проведения эксперимента.

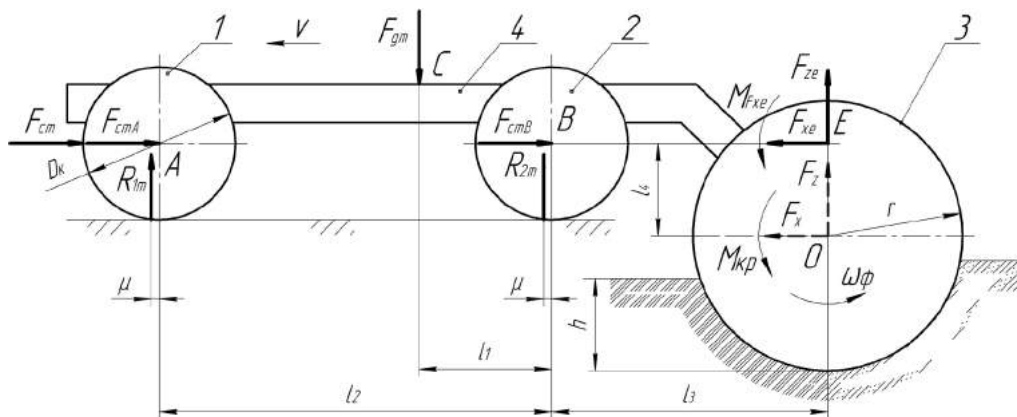
Таким образом, указанные недостатки проведенных исследований не позволяют в полной мере учитывать характер влияния протекающих динамических процессов взаимодействия АРО с почвой на устойчивость движения тележки экспериментальной установки с учетом конкретных программ эксперимента.

Материалы и методы

Предлагаемый материал посвящен теоретическому исследованию устойчивости движения тележки экспери-

ментальной установки, основанному на синтезе основных положений и законов механики и экспериментальных исследований взаимодействия АРО с почвой, позволяющему устранить недостатки ранее проведенных изысканий в данной области.

На 1-м этапе предлагаемого исследования составим расчетную схему нагружения тележки экспериментальной установки с учетом ее конструктивных особенностей и силовых факторов, действующих на ее рабочие элементы, а именно опорные передние 1 и задние 2 колеса, а также исследуемые АРО 3, которые размещены на раме 4 (рис. 1).



Р и с. 1. Схема нагружения тележки экспериментальной установки

F i g. 1. Truck loading scheme of experimental setup

Согласно вышеизложенному, для исключения отрицательного влияния подталкивающего усилия на устойчивое движение тележки необходимо выполнения условия (2), для анализа которого возникает необходимость определения значений сил F_{cm} и F_{xe} .

Для этого приведем систему сил, действующих на тележку, к линии расположения осей вращения опорных колес 1 и 2, то есть подталкивающую F_x и выталкивающую F_z силы, действующие на АРО 3 при их взаимодействии с почвой, приведем к т. E. При этом в данном случае система указанных сил будет заменена на систему

сил F_{xe} и F_{ze} и момент пары сил M_{Fxe} (см. рис. 1); причем $F_{xe} = F_x$, $F_{ze} = F_z$, а значение момента M_{Fxe} будет определяться следующей зависимостью:

$$M_{Fxe} = F_x l_4 10^{-3}, \quad (3)$$

где l_4 – расстояние от центра вращения АРО (т. O) до линии расположения осей вращения опорных колес (т. E), мм (с учетом анализа геометрии конструкции экспериментальной тележки и при условии фрезерования почвы на глубину $h = 12$ см $l_4 = 360$ мм).

Для дальнейшего преобразования выражения (3) воспользуемся установ-

ленным в ходе экспериментальных исследований АРО уравнением [1]:

$$F_x = 4,5 - 7p - 3S + 2496pS, \quad (4)$$

где p – твердость почвы, МПа; S – подача на нож, м.

Подставив в (3) выражение (4), получим:

$$M_{F_{xe}} = (4,5 - 7p - 3S)l_4 \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

Для определения силы сопротивления F_{cm} воспользуемся рис. 1, из которого следует, что:

$$F_{cm} = F_{cmA} + F_{cmB}, \quad (6)$$

где F_{cmA} и F_{cmB} – силы сопротивления перекачиванию передних и задних колес тележки соответственно, Н.

Учитывая рекомендации [13] для колес с ребордами, силы сопротивления их перекачиванию будет определяться зависимостями:

$$F_{cmA} = R_{m1} \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta; \quad (7)$$

$$F_{cmB} = R_{m2} \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta, \quad (8)$$

где R_{m1} и R_{m2} – силы давления на передних и задних колесах тележки соответственно, Н; m – коэффициент трения качения, мм (согласно рекомендациям [12], для чугунного колеса и стального рельса $m = 0,5$ мм); f – коэффициент трения в подшипниках осей колес (для подшипников качения $f = 0,01$ [Там же]); $d = 35$ мм – диаметр оси колес под подшипник; $D_k = 200$ мм – диаметр колес; $\beta = 0,5$ мм^к – коэффициент, учитывающий сопротивление от трения реборд [Там же].

Для определения сил R_{m1} и R_{m2} воспользуемся уравнением моментов

$\sum M = 0$, то есть с учетом схемы нагружения (см. рис. 1) получим:

$$\sum M_A = R_{B2}l_2 - F_{gB}(l_2 - l_1) - F_{ze}(l_2 + l_2) + M_{F_{xe}}10^3 = 0, \quad (9)$$

где F_{gm} – сила тяжести тележки, Н; F_{ze} – значение силы F_z приведенной к оси вращения опорных колес тележки, Н; l_1 и l_2 – расстояние от центра масс (т. С) до оси задних колес (т. В) и база тележки соответственно, мм (для рассматриваемой конструкции тележки $l_1 = 300$ мм; $l_2 = 1100$ мм); l_3 – расстояние от центра фрезбарабана (т. О) до оси задних опорных колес (т. Е), мм (с учетом анализа геометрии конструкции тележки и при условии фрезерования почвы на глубину $h = 12$ см; $l_3 = 800$ мм).

Из выражения (9) получим:

$$R_{B2} = \frac{F_{gB}(l_2 - l_1) - F_{ze}(l_2 + l_3) - M_{F_{xe}}10^3}{l_2}. \quad (10)$$

Сила тяжести F_{gm} с учетом массы тележки $m_m = 380$ кг будет равна:

$$F_{gB} = gm_B = 9,81 \cdot 380 = 3728 \text{ Н}. \quad (11)$$

Аналогично определяем значение силы R_{m1} , то есть составляем предварительно уравнение моментов $\sum M_B = 0$, т. е.

$$\sum M_B = -R_{B1}l_2 + F_{gB}l_1 + F_{ze}l_3 + M_{F_{xe}}10^3 = 0. \quad (12)$$

Откуда получим:

$$R_{B1} = \frac{F_{gB}l_1 + F_{ze}l_3 + M_{F_{xe}}10^3}{l_2}. \quad (13)$$

Подставим зависимости (13) и (10) в выражения (7) и (8) соответственно:

$$F_{cmA} = \frac{F_{gB}l_1 + F_{ze}l_3 + M_{F_{xe}}10^3}{l_2} \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta; \quad (14)$$



$$F_{cmB} = \frac{F_{gB}(l_2 - l_1) - F_{ze}(l_2 + l_3) - M_{Fxe} 10^3}{l_2} \times \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta. \quad (15)$$

Тогда, с учетом (14) и (15) и необходимых преобразований, зависимость (6) примет вид:

$$F_{CT} = (F_{gB} - F_{ze}) \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta. \quad (16)$$

В результате подстановки и преобразований получим:

$$F_{CTA} = \left[\frac{gm_B l_1 + (23,2 + 42,2p - 66S + 49,2pS + 42,5p^2)l_3}{+(4,5 - 7p - 3S)l_4} \right] \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \frac{\beta}{l_2}; \quad (19)$$

$$F_{CTB} = \left[\frac{gm_B(l_2 - l_1) - (23,2 + 42,2p - 66S + 49,2pS + 42,5p^2) \times}{\times (l_2 + l_3) - (4,5 - 7p - 3S)l_4} \right] \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \frac{\beta}{l_2}; \quad (20)$$

$$F_{cm} = (gm_B - 23,2 - 42,2p + 66S - 49,2pS - 42,5p^2) \left(\frac{2\mu + fd}{D_k} \right) \beta. \quad (21)$$

Результаты исследования

Для анализа динамики сил сопротивления F_{cmA} и F_{cmB} перекачиванию передних и задних колес тележки соответственно подставим в зависимости (19) и (20) принятые и известные значения параметров, а также минимальное и максимальное значения подачи на нож S ($S_{\min} = 0,03$ м; $S_{\max} = 0,11$ м) и значения твердости почвы p в диапазоне от 0,25 до 1,65 МПа, предусмотренные методикой планирования эксперимента при исследовании АРО [6; 8; 10]. Результаты расчетов сведем в табл. 1. Из анализа значений табл. 1 и графиков сил F_{cmB} и F_{cmA} (рис. 2) следует, что данные силы имеют переменный характер, на который зна-

Для дальнейшего решения уравнений (14), (15) и (16) воспользуемся зависимостью (4) и установленными в ходе экспериментальных исследований АРО уравнениями [1]:

$$F_z = 23,2 + 42,2p - 66S + 49,2pS + 42,5p^2; \quad (17)$$

$$M_{кр} = 4 + 78p - 746S + 1119pS - 53p^2 + 5189S^2. \quad (18)$$

чительное влияние оказывает твердость почвы; при этом подача на нож практического значения на динамику сил не имеет. Кроме этого, характер изменения F_{cmA} и F_{cmB} в зависимости от твердости почвы противоположны, то есть с увеличением твердости почвы от 0,25 до 1,65 МПа наблюдается рост силы сопротивления перекачиванию передних колес F_{cmA} от 34,3 до 38,4 Н, а сила сопротивления перекачиванию задних колес F_{cmB} снижается с 87,8 до 77,8 Н. Из анализа графиков также следует, что значения силы F_{cmB} превышают значения силы F_{cmA} в 2,5 раза при минимальных значениях твердости почвы и в 2 раза – при максимальных.

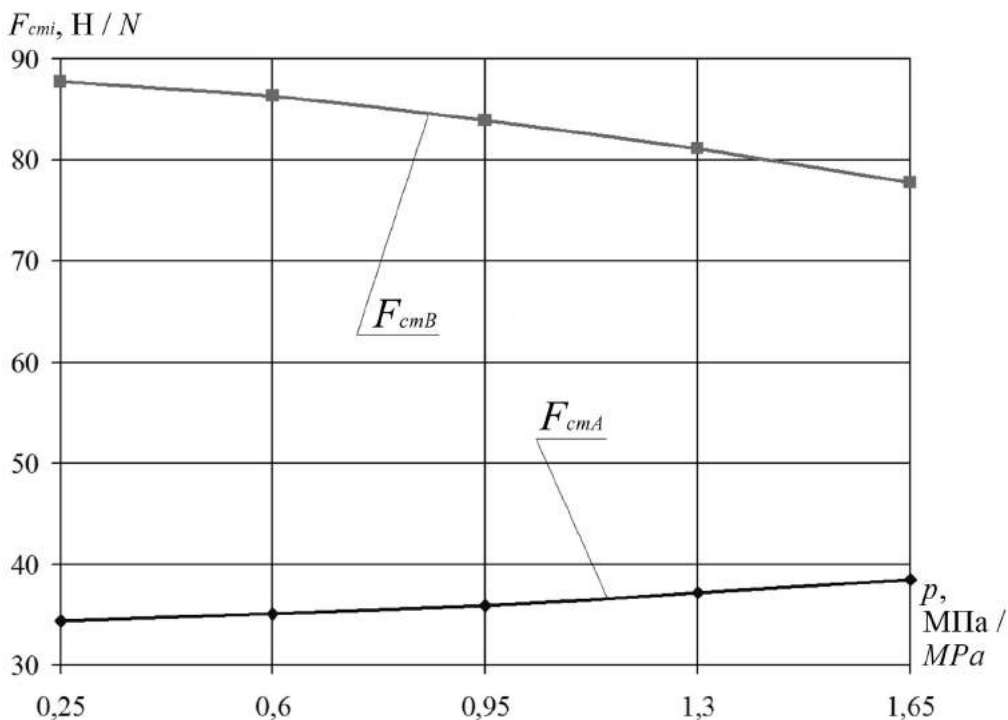
Таблица 1

Table 1

Значения сил сопротивления перекачиванию передних F_{cmA} и задних F_{cmB} колес тележки
 Values of rolling resistance forces front F_{cmA} and rear F_{cmB} bogie wheels

Сила сопротивления перекачиванию, Н / Power of the rolling resistance, Н	Подача на нож S , м / Submission on knife S , m	Твердость почвы p , МПа / Hardness soil p , МПа				
		0,25	0,60	0,95	1,30	1,65
F_{cmA}	0,03	34,4	35,1	35,9	37,1	38,4
	0,11	34,3	35,0	35,9	37,1	38,4
F_{cmB}	0,03	87,7	86,0	83,9	81,2	77,8
	0,11	87,8	86,3	83,9	81,2	77,8

По данным табл. 1 построим графики изменения сил сопротивления перекачиванию передних F_{cmA} и задних F_{cmB} колес экспериментальной тележки (рис. 2).



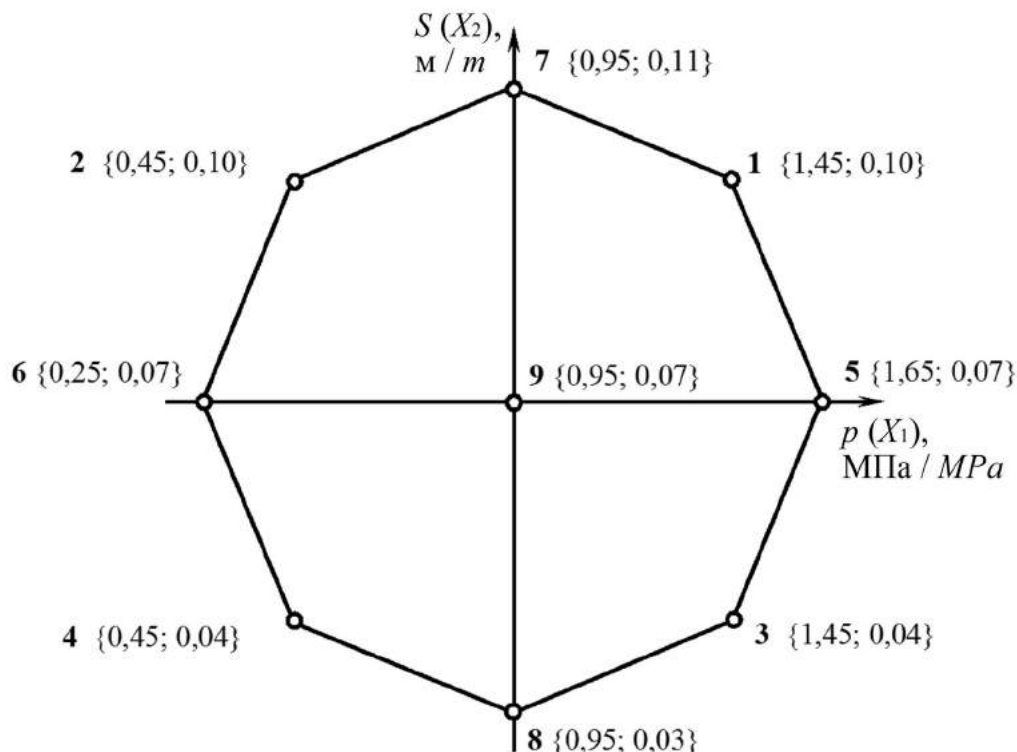
Р и с. 2. Зависимости сил сопротивления перекачиванию передних F_{cmA} (1) и задних F_{cmB} (2) колес тележки от твердости почвы p при $S = 0,03$ м и $S = 0,11$ м

Fig. 2. Dependencies rolling resistance force of front F_{cmA} (1) and rear F_{cmB} (2) truck wheels from soil hardness at p if m $S = 0,03$ m and $S = 0,11$ m



Для оценки условия устойчивого движения тележки (2) определим значения суммарной силы сопротивления перекачиванию F_{cm} и подталкивающего усилия F_{xe} . Для этого воспользуемся зависимостями (21) и (4) и условиями,

указанными выше: $S_{\min} = 0,03$ м; $S_{\max} = 0,11$ м; твердость почвы изменяется в диапазоне от 0,25 до 1,65 МПа. Также для определения силы F_{xe} учтем особенности плана эксперимента при исследовании АРО (рис. 3) [6; 8; 10].



Р и с. 3. План эксперимента в факторном пространстве

F i g. 3. Experimental plan in factor space

Определение силы F_{xe} для характерных точек плана позволит более объективно произвести оценку условия устойчивого движения тележки. Результаты расчетов сведем в табл. 2. По результатам табл. 2 построим графики изменения сил F_{cm} и F_{xe} (рис. 4).

Выделим на рис. 4 характерные точки плана эксперимента (1–9). Это позволит получить 2 зоны: 1) лежащую выше графической зависимости

силы сопротивления перекачиванию тележки – *зону ее неустойчивого движения*; 2) лежащую ниже графической зависимости силы сопротивления перекачиванию тележки – *зону ее устойчивого движения*.

Наличие зоны неустойчивого движения тележки приводит к нарушению условий, задаваемых планом проведения эксперимента, и отрицательно сказывается на качестве и достоверности получаемых результатов.

Таблица 2

Table 2

Значения силы сопротивления перекачиванию тележки F_{cm} и подталкивающего усилия АРО F_{xe}

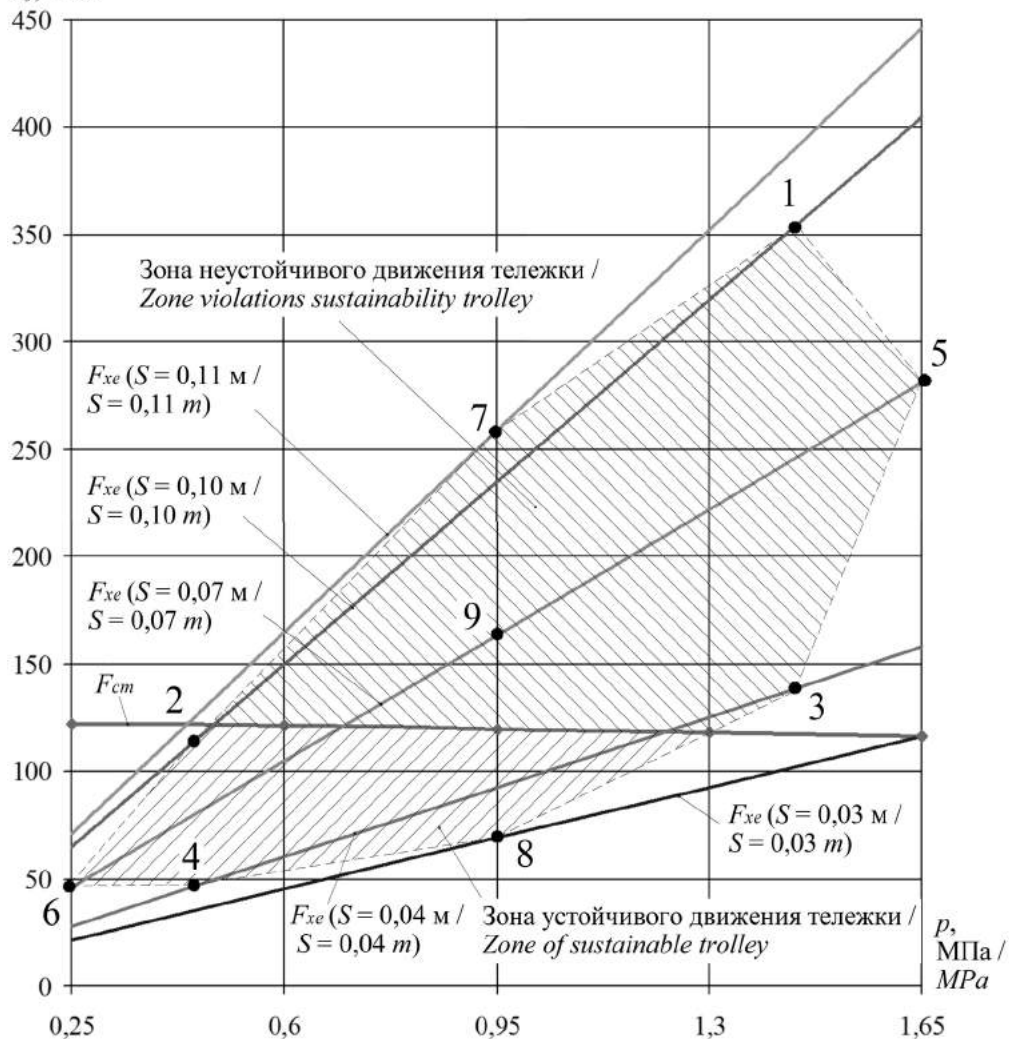
Resistance force F_{cm} values of rolling carts and push force of АРО F_{xe}

Наименование параметра / Parameter name	Подача на нож S , м / Submission on the knife S , m	Твердость почвы p , МПа / Hardness soil p , МПа				
		0,25	0,60	0,95	1,30	1,65
Сила сопротивления перекачиванию тележки F_{cm} , Н / The strength of the resistance to rolling carts F_{cm} , N	0,03	121,9	121,0	119,7	118,1	116,2
	0,11	122,1	121,1	119,8	118,1	116,1
Подталкивающее усилие АРО F_{xe} , Н / Push force АРО F_{xe} , N	0,03	21,4	45,1	68,9	92,7	116,4
	0,04	27,6	60,1	92,6	125,1	157,6
	0,07	46,2	105,0	163,6	222,3	281,0
	0,10	64,9	149,8	234,7	319,4	404,5
	0,11	71,1	164,7	258,4	352,0	445,6

Обсуждение и заключение

Проведенное с учетом особенностей кинематики и силового нагружения исследование позволило выявить определенную зону, где происходит нарушение устойчивости движения тележки существующей эксперимен-

тальной установки при испытании АРО почвообрабатывающих машин. Таким образом, необходим поиск конструкторских решений по устранению указанного конструктивного недостатка тележки экспериментальной установки.


 $F_j, \text{H} / N$


Р и с. 4. Зависимости силы сопротивления перекачиванию тележки F_{cmB} и подталкивающей силы АПО F_{xe} от твердости почвы p при $S = 0,03 \text{ м}$ и $S = 0,11 \text{ м}$

F i g. 4. Dependences of resistance to rolling trolleys F_{cmB} and push force АПО F_{xe} of soil hardness p : $S = 0,03 \text{ м}$ and $S = 0,11 \text{ м}$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Купряшкин В. Ф.** Устойчивость движения и эффективное использование самоходных почвообрабатывающих фрез. Теория и эксперимент. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. 140 с.
2. **Чаткин М. Н.** Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих машин. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. 316 с. URL: http://primo.nlr.ru/primo_library/libweb/action/dlDisplay.do?vid=07NLR_VU1&docId=07NLR_LMS001270379&fromSitemap=1&afterPDS=true.
3. Динамические условия обеспечения равномерного движения самоходных малогабаритных почвообрабатывающих фрез с ходовыми колесами / В. Ф. Купряшкин [и др.] // Нива Поволжья. 2011. № 4. С. 52–56. URL: <http://niva-volga.ru/index.php?id=020101>.
4. **Ящерицын П. И., Махаринский Е. И.** Планирование эксперимента в машиностроении. Минск : Вышэйш. шк., 1985. 286 с.
5. Выбор кинематических характеристик станда для исследования почвообрабатывающих фрез / В. Ф. Купряшкин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 10. С. 26–27. URL: <http://www.tismash.ru/archives/8035>.
6. Методика проведения стендовых испытаний самоходных почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами / В. Ф. Купряшкин [и др.] // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем : мат-лы Всерос. науч.-техн. конф. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. С. 385–389.
7. **Андреев В. И.** Исследования динамических процессов ротационных почвообрабатывающих машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1972. 28 с.
8. **Купряшкин В. Ф.** Обоснование факторного пространства исследования активных рабочих органов самоходных почвообрабатывающих фрез (на примере фрезы ФС-0,85) // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем : мат-лы Всерос. науч.-техн. конф. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та. 2009. С. 391–394.
9. **Синеоков Г. Н., Панов И. М.** Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М. : Машиностроение, 1977. 328 с.
10. **Купряшкин В. Ф.** Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров (на примере фрезы ФС-0,85) : дис. ... канд. техн. наук. Саранск. 2011. 220 с. URL: <http://tekhnosfera.com/povyshenie-effektivnosti-funktsionirovaniya-samohodnoy-malogabaritnoy-pochvoobrabatyvayushey-frezy-optimizatsiy-konstru>.
11. Силовой анализ устойчивого движения экспериментальной тележки для испытаний рабочих органов самоходных почвообрабатывающих фрез / В. Ф. Купряшкин [и др.] // Теория машин и рабочих процессов : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. Бишкек : Ин-т. Маш., 2013. С. 122–126.
12. Анализ устойчивости хода экспериментальной тележки испытательного станда для исследования почвообрабатывающих машин с фрезерными рабочими органами / В. Ф. Купряшкин [и др.] // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та. 2010. С. 372–378.
13. **Александров М. П.** Грузоподъемные машины. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана ; Высш. шк., 2000. 552 с.

Поступила 12.03.2016; принята к публикации 28.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Купряшкин Владимир Федорович, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат технических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-7512-509X**, kupwf@mail.ru

Наумкин Николай Иванович, заведующий кафедрой основ конструирования механизмов и машин Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор педагогических наук, кандидат технических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-1109-5370**, NaumN@yandex.ru



Купряшкин Владимир Владимирович, студент Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: orcid.org/0000-0001-5327-4089**, kuprovov@mail.ru

REFERENCES

1. Kupryashkin VF. Ustoychivost dvizheniya i effektivnoye ispolzovaniye samokhodnykh pochvoobratyvatyushchikh frez. Teoriya i eksperiment [Stability of movement and effective use of self-propelled cutter tillage. Theory and experiment]. Saransk: Mordovia University Publ.; 2014. (In Russ.)
2. Chatkin MN. Kinematika i dinamika rotatsionnykh pochvoobratyvatyushchikh mashin [Kinematics and dynamics of rotational tillers]. Saransk: Mordovia University Publ; 2008. Available from: http://primo.nlr.ru/primo_library/libweb/action/dlDisplay.do?vid=07NLR_VU1&docId=07NLR_LMS001270379&fromSitemap=1&afterPDS=true. (In Russ.)
3. Kupryashkin VF, Chatkin MN, Naumkin NI. Dinamicheskiye usloviya obespecheniya ravnomernogo dvizheniya samokhodnykh malogabaritnykh pochvoobratyvatyushchikh frez s khodovymi kolesami. [Dynamic conditions ensuring uniform motion of self-propelled small tillers cutters with running wheels]. *Niva Povolzhya* = Volga Cornfield. 2011; 4:52-56. Available from: <http://niva-volga.ru/index.php?id=020101>. (In Russ.)
4. Yashcheritsyn PI, Makharinskiy YeI. Planirovaniye eksperimenta v mashinostroenii [Planning in mechanical engineering]. Minsk: Higher school; 1985. (In Russ.)
5. Kupryashkin VF, Chatkin MN, Naumkin NI. Výbor kinematiceskikh kharakteristik stenda dlya issledovaniya pochvoobratyvatyushchikh frez [The choice of the cinematic characteristics of the stand for research of soil-cultivating cutter]. *Traktory i selkhoz mashiny* = Tractors and Farm Machinery. 2012; 10:26-27. Available from: <http://www.tismash.ru/archives/8035>. (In Russ.)
6. Kupryashkin VF, Chatkin MN, Naumkin NI. Metodika provedeniya stendovykh ispytaniy samokhodnykh pochvoobratyvatyushchikh mashin s aktivnymi rabochimi organami [Methods of bench tests of self-propelled tillers with active working bodies]. In: Povysheniye effektivnosti funktsionirovaniya mekhanicheskikh i energeticheskikh sistem: materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnikeskoy konferentsii [Improving the efficiency of mechanical and energy systems: Proceedings]. Saransk: Mordovia University Publ, 2009:385-389. (In Russ.)
7. Andreyev VI. Issledovaniya dinamicheskikh protsessov rotatsionnykh pochvoobratyvatyushchikh mashin : avtoreferat [Study of dynamic processes of rotary tillers]. Abstract of Ph.D. thesis. Moscow, 1972. (In Russ.)
8. Kupryashkin VF. Obosnovaniye faktornogo prostranstva issledovaniya aktivnykh rabochikh organov samokhodnykh pochvoobratyvatyushchikh frez (na primere frezy FS-0,85) [Justification factor space research active working bodies of self-propelled cutter tillage (for example, the cutter FS-0,85)] In: Povysheniye effektivnosti funktsionirovaniya mekhanicheskikh i energeticheskikh sistem : materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnikeskoy konferentsii [Improving the efficiency of mechanical and energy systems : Proceedings]. Saransk: Mordovia University Publ, 2009:391-394. (In Russ.)
9. Sineokov GN, Panov IM. Teoriya i raschet pochvoobratyvatyushchikh mashin [Theory and design of tillers]. Moscow: Mashinostroeniye Publ., 1977. (In Russ.)
10. Kupryashkin VF. Povysheniye effektivnosti funktsionirovaniya samokhodnoy malogabaritnoy pochvoobratyvatyushchey frezy optimizatsiye konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov (na primere frezy FS-0,85) [Improving the efficiency of the self-propelled cutter compact tillage optimization design and technological parameters (for example, the cutter FS-0,85)]. Abstract of Ph.D. thesis. Saransk; 2011. Available from: <http://tekhnosfera.com/povyshenie-effektivnosti-funktsionirovaniya-samokhodnoy-malogabaritnoy-pochvoobratyvatyushchey-frezy-optimizatsiye-konstru>. (In Russ.)
11. Kupryashkin VF, Naumkin NI, Bezrukov AV. Silovoy analiz ustoychivogo dvizheniya eksperimentalnoy tezhki dlya ispytaniy rabochikh organov samokhodnykh pochvoobratyvatyushchikh frez [Power analysis of sustainable pilot trolley for testing the working bodies of self-propelled cutter tillage]. In: Teoriya mashin i rabochikh protsessov : sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Theory of ma-



chines and work processes : Interuniversity collection of scientific papers]. Bishkek: Engineering Institute, 2013:122-126. (In Russ.)

12. Kupryashkin VF, Chatkin MN, Naumkin NI. Analiz ustoychivosti khoda eksperimentalnoy telezhki ispytatelnogo stenda dlya issledovaniya pochvoobrabatyvayushchikh mashin s frezernymi rabochimi organami [Stability analysis of the progress of experimental test bed trolley for the study of tillers with milling working bodies]. In: Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems : Interuniversity collection of scientific papers]. Saransk: Mordovia University Publ., 2010:372-378. (In Russ.)

13. Alexandrov MP. Gruzopodyemnyye mashiny [Hoisting Machinery]. Moscow: MG TU Publ., 2000. (In Russ.)

Submitted 12.03.2016; accepted for publication 28.04.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Vladimir F. Kupryashkin, associated professor of Construction Machines and Mechanisms Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID: orcid.org/0000-0002-7512-509X**, kupwf@mail.ru

Nikolay I. Naumkin, head of Construction Machines and Mechanisms Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci (Pedagogy), Ph.D. (Engineering), associated professor, **ORCID: orcid.org/0000-0002-1109-5370**, NaumN@yandex.ru

Vladimir V. Kupryashkin, student, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0001-5327-4089**, kupvovan@mail.ru



ПОЛУЧЕНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННОГО МЕТОДОМ АЛКОГОЛИЗА СОПОЛИМЕРА ЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ

А. А. Шабарин, А. А. Шабарин, В. Н. Водяков
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. Непрерывный рост производства и потребления полимерной упаковки порождает серьезную проблему ее утилизации, которая носит, прежде всего, экологический характер, поскольку содержимое свалок, разлагаясь в течение десятков лет, выделяет токсичные соединения, отравляющие окружающую среду. Работа посвящена получению и изучению физико-механических и реологических характеристик биоразлагаемых композиционных материалов на основе полиэтилена и крахмала.

Материалы и методы. В работе были использованы полиэтилен марки ПЭНД 273-83 (ГОСТ 16338-85), сэвилен марки СЭВА 12206-007 (ТУ 6-05-1636-97), наполнителем являлся картофельный крахмал (ГОСТ 53876-2010). Функционализацию СЭВА проводили в 30%-ном этанольном растворе *КОН* при температуре 80 °С в течение 3 ч. Компаундирование компонентов проводилось на лабораторном двухроторном смесителе «Haake PolyLab Rheomix 600 OS» с роторами «Banbury». Формование пластин для упругопрочностных и реологических исследований проводили на гидравлическом прессе «Gibitre», упругопрочностные и реологические испытания проведены соответственно на разрывной машине «UAI-7000 М» и реометре «Haake MARS III». Влажность наполнителя (крахмала) определяли термogravиметрическим методом на анализаторе влажности «Эвлас-2М».

Результаты исследования. Показано, что наполнитель не должен содержать > 7 % влаги. Методом щелочного алкоголиза проведена функционализация сополимера этилена с винилацетатом (СЭВА). Наличие гидроксильных групп в полимере подтверждено методом ИК-спектроскопии. Применение в качестве компатибилизатора функционализированного методом алкоголиза (СЭВАФ) позволило значительно улучшить физико-механические и реологические характеристики композиционных материалов. Оптимальное содержание СЭВАФ в компаунде, согласно результатам экспериментов, составляет 10 %.

Обсуждение и заключение. Применение СЭВАФ в качестве компатибилизатора позволяет значительно улучшить физико-механические и реологические характеристики биоразлагаемых композиционных материалов и открывает перспективы применения более дешевых крахмалосодержащих наполнителей – отходов агропромышленного комплекса и пищевой промышленности.

Ключевые слова: биоразложение, биоразлагаемые материалы, полиэтилен, сэвилен, крахмал, функционализированный сэвилен

Для цитирования: Шабарин А. А., Шабарин А. А., Водяков В. Н. Получение биоразлагаемых материалов на основе полиэтилена и функционализированного методом алкоголиза сополимера этилена с винилацетатом // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 259–268. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.259-268

MANUFACTURING BIODEGRADABLE COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYETHYLENE AND FUNCTIONALIZED BY ALCOHOLYSIS OF ETHYLENE-VINYL ACETATE COPOLYMER

A. A. Shabarin, A. A. Shabarin, V. N. Vodyakov

National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. The continuous growth of production and consumption of plastic packaging creates a serious problem of disposal of package. This problem has ecological character, because the contents of the landfills decompose for decades, emit toxic compounds and pollute the environment. The work is devoted to obtaining and investigation mechanical and rheological properties of biodegradable composite materials based on polyethylene and starch.

Materials and Methods. In this work the author used polyethylene grade HDPE 273-83 (GOST 16338-85), Sevilen brand 12206-007 (TU 6-05-1636-97) and potato starch (GOST 53876-2010) as a filler. Functionalization of sevilen was carried in the 30 % ethanol solution KOH at a temperature 80 °C during 3 hours. Compounding components was carried out at the laboratory of the two rotary mixer HAAKE PolyLab Rheomix 600 OS with rotors Banbury. Formation of plates for elastic strength and rheological studies were carried out on a hydraulic press Gibitre. Elastic and strength tests were carried out on the tensile machine the UAI-7000 M. Rheology tests were carried out on the rheometer Haake MARS III. The humidity filler (starch) authors determined by the thermogravimetric method on the analyzer of moisture "Evlas-2M".

Results. It is shown, that the filler should not contain more than 7% moisture. Functionalization of ethylene with vinyl acetate copolymer (sevilen) has performed by the method of alkaline alcoholysis. By the method of IC – spectroscopy the authors confirmed the presence of hydroxyl groups in the polymer. Using as a compatibilizer functionalized by the method of alcoholises has greatly (significantly) improved physical, mechanical and rheological properties of composite materials. Optimal content of sevilen (F) in the compound according to the results of experiments amount 10 %.

Discussion and Conclusions. Using of functionalized by the method of alcoholysis ethylene-vinyl acetate copolymer as a compatibilizer can significantly improve the physical, mechanical and rheological properties of biodegradable composite materials and offers the possibilities of using more cheaper starchy fillers - wastes of agriculture and food industry.

Keywords: biodegradability, biodegradable materials, polyethylene, sevilen, starch, functionalized sevilen

For citation: Shabarin AA, Shabarin AA, Vodyakov VN. Manufacturing biodegradable composite materials based on polyethylene and functionalized by alcoholysis of ethylene-vinyl acetate copolymer. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):259-268. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.259-268

Введение

Пленки из полиэтилена низкого (ПЭНД) и высокого (ПЭВД) давления, а также их смесей уже длительное время применяются в различных отраслях промышленности. Их используют для упаковки пищевых продуктов, промышленных товаров, корма для животных, бытовой химии, мебели и строительных материалов и др. Непрерывный рост производства

и потребления таких пленок порождает серьезную проблему их утилизации, которая носит, прежде всего, экологический характер, поскольку содержимое свалок разлагается в течение десятков лет и, выделяя токсичные соединения, отравляет окружающую среду [1]. Придание синтетическим полимерам свойства биоразлагаемости [2] (за счет введения в термопласты различных модифицирующих добавок [3–5]) явля-



ется наиболее перспективным и экономически выгодным направлением, поскольку технологические процессы производства пленок осуществляются в промышленных масштабах. Основным достоинством данных материалов является их способность к биодеструкции с образованием безвредных для живой и неживой природы веществ. При этом по физико-механическим и реологическим характеристикам они не уступают материалам из нефтехимического сырья. Основной задачей исследований в данном направлении является подбор таких модификаторов, которые способствуют сохранению эксплуатационных характеристик пленок только в течение периода потребления, после чего обеспечивают их разрушение за относительно короткий промежуток времени нахождения в естественных условиях под воздействием таких природных факторов как свет, температура, влага, а также при участии микроорганизмов.

Важной задачей при получении данных композиционных материалов является достижение термодинамической совместимости полимера и наполнителя.

Целью настоящей работы является получение и исследование физико-механических свойств биоразлагаемых композиционных материалов на основе ПЭНД и крахмала с применением в качестве компатибилизатора функционализированного методом щелочного алкоголиза сополимера этилена с винилацетатом (СЭВАФ).

Обзор литературы

Эффективная и безопасная утилизация полимерных упаковочных материалов является одной из основных задач современного общества. Один из наиболее эффективных способов ее решения заключается в создании композиционных материалов на основе полиолефинов и различных природных наполнителей [6–7]. Наиболее часто для наполнения полимерных композитов

используют крахмал [7–9]. Однако при этом возникает проблема термодинамической совместимости различных по природе веществ. Для снижения межфазного натяжения между компонентами используют компатибилизаторы, обладающие термодинамической совместимостью с полимером и наполнителем. В ряде случаев данным требованиям удовлетворяет СЭВА [10]. Для образования водородных связей в композите между крахмалом и компатибилизатором желательное наличие в молекуле последнего гидроксо-групп. Для решения этой задачи целесообразно подвергнуть сэквилен реакции щелочного алкоголиза [11].

Материалы и методы

В работе были использованы полиэтилен марки ПЭНД 273-83 (ГОСТ 16338-85), сэквилен марки СЭВА 12206-007 (ТУ 6-05-1636-97), наполнителем являлся картофельный крахмал (ГОСТ 53876-2010). Компаундирование компонентов проводилось на лабораторном двухроторном смесителе «HAAKE PolyLab Rheomix 600 OS» с роторами «Banbury» по методике, изложенной в работе [12].

Для проведения исследований методом горячего прессования на гидравлическом прессе «Gibitre» были сформированы пластины размером 200×200×1 мм, из которых штанцем вырубались стандартные образцы (полоски размером 150×20 мм и диски диаметром 20 мм) для упругопрочностных (ГОСТ 11262-80) и реологических исследований соответственно.

Упругопрочностные испытания подготовленных образцов проводились на разрывной машине «UAI-7000 M» при температуре 23 ± 2 °C и скорости растяжения 10 мм/мин. Предел прочности и модуль упругости были вычислены по ГОСТ 11262-80 и ГОСТ 9550-81. Реологические испытания проводились на реометре «Haake MARS III» в динамическом режиме.

Влажность наполнителя (крахмала) была определена термогравиметрическим методом на анализаторе влажности «Эвлас-2М».

Для функционализации СЭВА методом алкоголиза использовали 30%-ный раствор *КОН* в очищенном перегонкой над магнием этаноле. Реакцию проводили при температуре 80 °С в течении 3 ч. Наличие образовавшихся гидроксильных групп на поверхности гранул СЭВА определяли с помощью ИК-спектроскопии на Фурье-ИК спектрометре «ИнфРАЛЮМ ФТ 02».

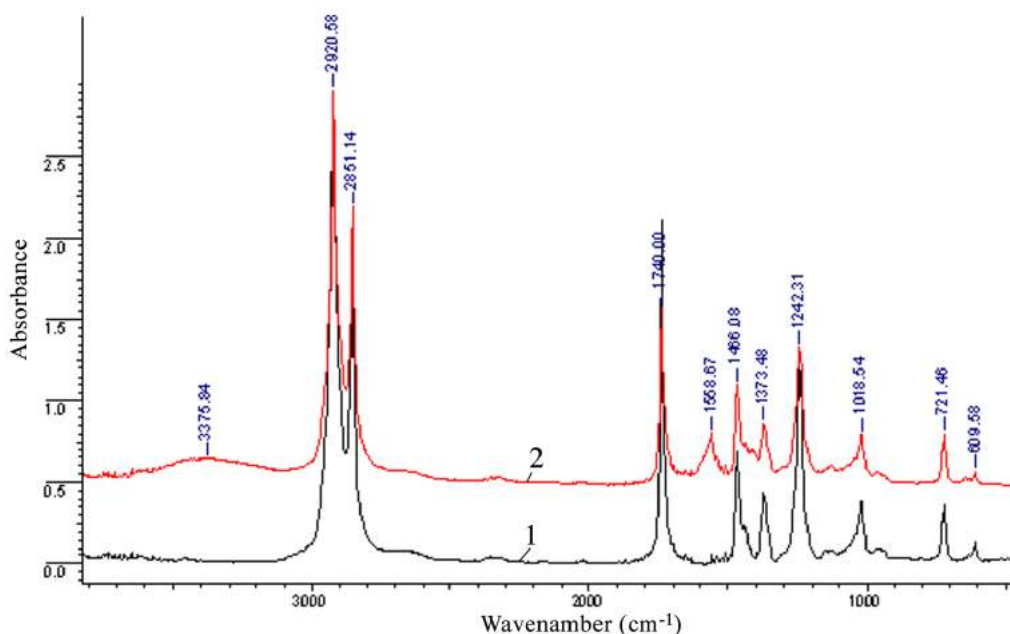
Результаты исследования

При производстве биоразлагаемых композиционных материалов на основе полиолефинов важной задачей является достижение термодинамической совместимости полимера и наполнителя. Для ее решения в полимерные смеси вводят compatibilizers, в качестве которых наиболее часто используют по-

лимеры, содержащие функциональные группы, родственные одному или обоим компонентам композиции. Это позволяет совмещать полимер и наполнитель, а также способствует образованию между ними химических и физических связей. Размещаясь на границе раздела фаз, compatibilizers, как правило, снижают межфазовое натяжение, в результате чего уменьшаются размеры доменов в этих фазах и, следовательно, наблюдается улучшение физико-механических характеристик таких материалов [11].

В качестве compatibilizer нами предложено применение сэвилена марки СЭВА 12206-007, функционализированного методом алкоголиза. Функционализацию полимера проводили в 30%-ном этанольном растворе *КОН* при температуре 80 °С в течении 3 ч.

На рис. 1 приведены спектры исходного (кривая 1) и функционализированного (кривая 2) сэвиленов.



Р и с. 1. ИК-спектры СЭВА 12206-007: 1 – исходного; 2 – функционализированного

F i g. 1. IC-spectrs of sevilen 12206-007: 1 – the original; 2 – functionalized



Из рисунка видно, что кривые отличаются по интенсивности характеристических полос в области 1 019, 1 242, 1 373, 1 740 см^{-1} и появлением нового широкого плато в области 3 300 – 3 500 см^{-1} (кривая 2), которую относят к валентным колебаниям ОН-групп. Это дает основание считать, что часть ацетатных групп на поверхности гранул СЭВА замещается на гидроксильные группы. Появление на кривой 2 дополнительной полосы в области 1 558 см^{-1} позволяет предположить, что функционализированный сэвилен не пол-

ностью отмыт от ацетата калия, который образуется как побочный продукт реакции алкоголиза.

Крахмал является достаточно гигроскопичным веществом, поэтому на начальном этапе было исследовано влияние его влажности на механические характеристики композиционных материалов. Массовые доли ПЭНД 273-83, СЭВА 12206-007 и крахмала составляли 70, 10 и 20 % соответственно, при этом влажность последнего варьировалась в пределах от 12,7 до 2,74 %. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Влияние влажности крахмала на механические характеристики образцов на основе ПЭНД 273-83, СЭВА 12206-007 и крахмала

Effect of humidity starch on mechanical properties of samples based on 273-83 HDPE, sevilen 12206-007, starch

Влажность крахмала / Humidity of starch, %	Модуль упругости, МПа / Elastic module, MPa	Относительное удлинение / Relative elongation, %	Предел прочности, МПа / Strength limit, MPa
12,70	186 ± 5	20	11,20 ± 0,40
6,58	292 ± 15	122	15,11 ± 0,23
2,74	274 ± 53	202	15,11 ± 0,16

Из табл. 1 следует, что влажность наполнителя не должна превышать 7 %, поскольку по мере ее снижения значительно возрастают модуль упругости, предел прочности и удлинение компаунда при растяжении.

В табл. 2 представлены результаты упругопрочностных испытаний композитов различного состава. Было выявлено, что по мере увеличения массовой доли СЭВА и уменьшения массовой доли полиэтилена в композиционном материале наблюдается некоторое снижение модуля упругости

и прочности, но при этом возрастает относительное удлинение компаунда при растяжении. Последнее является важным для реализации процессов макромолекулярной ориентации при получении упрочненных пленок методом вытяжки.

При прочих равных условиях применение СЭВАФ позволяет заметно улучшить физико-механические характеристики композиционных материалов. Это связано, как было отмечено выше, со способностью гидроксильных групп функционализированного сэви-

лена образовывать водородные связи с атомами кислорода, входящими в состав молекул крахмала, что способствует лучшему совмещению полиэтилена и крахмала за счет снижения межфаз-

ного натяжения на границе поверхности раздела фаз *полимер – наполнитель*. Оптимальное содержание СЭВАФ в компаунде, согласно результатам экспериментов, составляет 10 %.

Таблица 2

Table 2

Механические характеристики образцов композитов на основе ПЭНД, СЭВА и крахмала (влажность – 2,74 %)

Mechanical characteristics on the basis of samples of HDPE, sevilen and starch (moisture content 2,74 %)

Состав / Composition	Модуль упругости, МПа / Elastic module, MPa	Относительное удлинение / Relative elongation, %	Предел прочности, МПа / Strength limit, MPa
ПЭНД 80 %, крахмал 20 % / HDPE 80 %, starch 20 %	300 ± 9	108	18,22 ± 0,32
ПЭНД 75 %, СЭВА 5 %, крахмал 20 % / HDPE 75 %, sevilen 5 %, starch 20 %	281 ± 6	500	14,90 ± 0,20
ПЭНД 70 %, СЭВА 10 %, крахмал 20 % / HDPE 70 %, sevilen 10 %, starch 20 %	274 ± 53	202	15,11 ± 0,16
ПЭНД 65 %, СЭВА 15 %, крахмал 20 % / HDPE 65 %, sevilen 15 %, starch 20 %	249 ± 11	500	13,05 ± 0,18
ПЭНД 75 %, СЭВАФ 5 %, крахмал 20 % / HDPE 75 %, functionalized sevilen 5 %, starch 20 %	292 ± 9	130	14,80 ± 0,20
ПЭНД 70 %, СЭВАФ 10 %, крахмал 20 % / HDPE 70 %, functionalized sevilen 10 %, starch 20 %	315 ± 21	270	15,88 ± 0,21
ПЭНД 65 %, СЭВАФ 15 %, крахмал 20 % / HDPE 65 %, functionalized sevilen 15 %, starch 20 %	301 ± 12	251	15,22 ± 0,16

Для сравнительной оценки технологичности полученных компаундов были проведены реологические исследования при температурах 150, 160, 170, 180 °С, отвечающих процессам получения пленок методом плоскощелевой экструзии.

Методика реологических испытаний расплавов композитов в динамическом режиме на реометре «Нааке

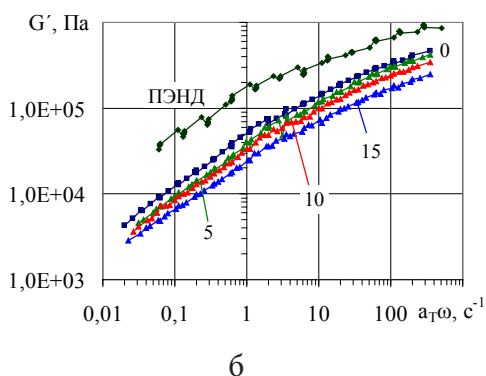
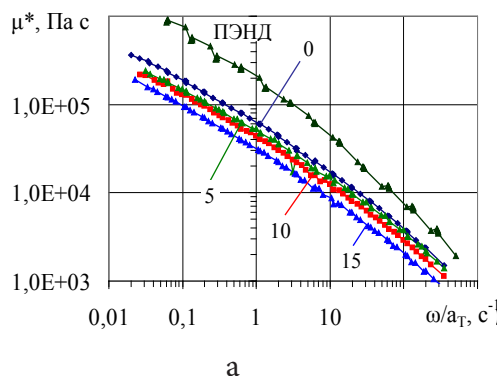
MARS III» подробно описана в работе [13]. Согласно соотношениям Кокса-Мерца, такие испытания эквивалентны испытаниям со вращающимся ротором, если его угловая скорость соответствует скорости сдвига расплава, достигаемой при вращении осциллирующего ротора. При обработке результатов, полученных для различных температур, был использован принцип темпера-



турно-временной суперпозиции Больцмана, позволивший получить кривые зависимости динамического модуля сдвига G' и комплексной вязкости μ^* от угловой скорости осциллирующего ротора ω в более широком диапазоне ее изменения.

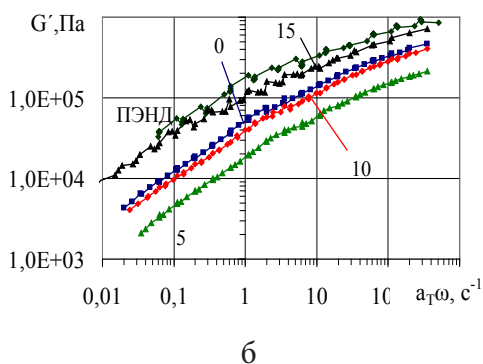
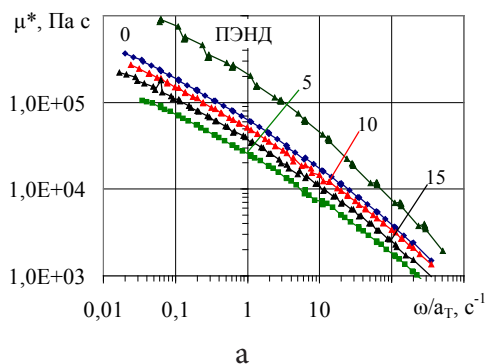
На рис. 2 представлены зависимости комплексной вязкости и динамического

модуля сдвига, характеризующего упругость расплава, при температуре приведения 150°C от скорости сдвига (угловой скорости осцилляций ротора при амплитуде $0,001$ рад.) для четырех концентраций компатибилизатора (СЭВА 12206-007). На рис. 3 представлены аналогичные зависимости для четырех концентраций СЭВАФ.



Р и с. 2. Зависимости комплексной вязкости (а) и динамического модуля сдвига (б) расплавов композитов от угловой скорости ротора, приведенные к $T_0 = 150^\circ\text{C}$, для различных концентраций СЭВА (цифры у кривых, %); a_T – температурный фактор сдвига

F i g. 2. Dependence of the complex viscosity (a) and dynamic shear modulus (b) of the molten composite angular velocity given to $T_0 = 150^\circ\text{C}$, for different concentrations of sevilen (F) (figures on the curves, %); a_T – Temperature shift factor



Р и с. 3. Зависимости комплексной вязкости (а) и динамического модуля сдвига (б) расплавов композитов от угловой скорости ротора, приведенные к $T_0 = 150^\circ\text{C}$, для различных концентраций СЭВАФ (цифры у кривых, %); a_T – температурный фактор сдвига

F i g. 3. Dependence of the complex viscosity (a) and dynamic shear modulus (b) of the molten composite angular velocity given to $T_0 = 150^\circ\text{C}$, for different concentrations of sevilen (F) (figures on the curves, %); a_T – temperature shift factor

Как видно из графиков, комплексная вязкость и модуль сдвига рассматриваемых расплавов с различным типами компатибилизаторов находятся практически на одном уровне. При этом введение крахмала и компатибилизатора способствует существенному снижению вязкости и упругости расплавов, что является свидетельством значительного улучшения технологичности композиций по сравнению с ПЭНД 273-83.

Обсуждение и заключения

Применение СЭВАФ в качестве компатибилизатора позволяет улучшить физико-механические и реологические характеристики биоразлагаемых композиционных материалов. Проведенные исследования открывают перспективы применения более дешевых крахмалосодержащих наполнителей (отходов АПК и пищевой промышленности) для получения биоразлагаемых материалов для упаковки продукции АПК и пищевой промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Biodegradable polymers and plastics / Eds. E. Chiellini, R. Solaro. New York : Springer, 2003. 395 p.
2. Тасекеев М. С., Еремеева Л. М. Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК : анализ. обзор. Алматы : НЦ НТИ, 2009. 200 с. URL: http://bio.sfu-kras.ru/files/2540_Proizvodstvo_biopolimerov.pdf.
3. Пантюхов П. В., Монахова Т. В., Попов А. А. Композиционные материалы на основе полиэтилена и лигноцеллюлозных наполнителей: структура и свойства // Башкирский химический журнал. 2012. № 2. С. 111–117. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnye-materialy-na-osnove-polietilena-i-lignotsellyuloznyh-napolniteley-struktura-i-svoystva-1>.
4. Попов А. А., Пантюхов П. В., Монахова Т. В. Свойства композиционных материалов, полученных на основе полиэтилена и лигноцеллюлозы // Новое в полимерах и полимерных композитах. 2012. № 2. С. 141–149.
5. Во Тхи Хоай Тху. Модифицированные биоразлагаемые композиционные материалы на основе полиэтилена : автореф. дис. ... канд. тех. наук // Москва, 2009. 23 с. URL: http://www.muctr.ru/acadc/soisc/files/Vo_Txi_Xoai_Txu.pdf.
6. Термо- и фотоокисление биодеструктурируемых композиций на основе полиэтилена и природных наполнителей / Ю. К. Луканина [и др.] // Пластические массы. 2007. № 5. С. 40–42.
7. Деструкция материалов на основе ПЭВД и природных наполнителей / П. Н. Пантюхов [и др.] // Пластические массы. 2012. № 2. С. 40–42. URL: http://www.plastjournal.ru/upload/iblock/a0f/2012_02_40_42.pdf.
8. Шериева М. Л., Шустов Г. Б., Шетов Р. А. Биоразлагаемые композиции на основе крахмала // Пластические массы. 2004. № 10. С. 29–31.
9. Электретные свойства композиций полипропилена с крахмалом / М. Ф. Галиханов [и др.] // Материаловедение. 2010. № 1. С. 60–63. URL: <http://ntb.misis.ru:591/OpacUnicode/index.php?url=/notices/index/IdNotice:493678/Source:default>.
10. Влияние содержания винилацетатных звеньев в этилен-винилацетатном сополимере на свойства древесно-полимерных композитов / А. Е. Шкуро [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 14. С. 92–95. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-soderzhanie-vinilatsetatnyh-zveniev-v-etilen-vinilatsetatnom-sopolimere-na-svoystva-drevesno-polimernyh-kompozitov>.
11. Функционализация сополимеров этилена с винилацетатом методом алккоголиза и их свойства / В. Д. Мышак [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. 2013. № 5. С. 38–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchem_2013_5_9.



12. Кузьмин А. М., Водяков В. Н. Получение термопластичных композиционных материалов на основе растительных отходов АПК компаундированием компонентов на двухроторном лабораторном смесителе Rheomix 600 OS / под ред. А. В. Котина [и др.] ; отв. за вып. М. А. Березин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2013. С. 283–287.

13. Кузьмин А. М., Водяков В. Н. Влияние дисперсности наполнителя на физико-механические и реологические свойства термопластичных композиционных материалов / под ред. А. В. Котина [и др.] ; отв. за вып. М. А. Березин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2013. С. 353–362.

Поступила 19.02.2016; принята к публикации 23.03.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторах:

Шабарин Александр Александрович, аспирант кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5639-4203>**, shabarinalex@gmail.com

Шабарин Александр Александрович, доцент кафедры общей и неорганической химии Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат химических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6804-8471>**, shab_aa@mail.ru

Водяков Владимир Николаевич, профессор кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции Института физики и химии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор технических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-4687-1798**, vnvod@mail.ru

REFERENCES

1. Chiellini E, Solaro R, editors. Biodegradable polymers and plastics. New York: Springer; 2003.
2. Tasekeyev MS. Proizvodstvo biopolimerov kak odin iz putey resheniya problem ekologii i APK : analiticheskiy obzor [Biopolymers production as one of the solutions to environmental problems and agribusiness: an analytical review]. Almaty: SC STI Publ.; 2009. Available from: http://bio.sfu-kras.ru/files/2540_Proizvodstvo_biopolimerov.pdf. (In Russ.)
3. Pantyukhov PV, Monakhov TV, Popov AA. Kompozitsionnyye materialy na osnove polietilena i lignotsellyuloznykh napolniteley: struktura i svoystva [Composite materials based on polyethylene and lignotsel-lyuloznyh fillers structure and properties]. *Bashkirskiy khimicheskiy zhurnal* = Bashkir Chemical Journal. 2012; 2:111-117. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnyye-materialy-na-osnove-polietilena-i-lignotsellyuloznyh-napolniteley-struktura-i-svoystva-1>. (In Russ.)
4. Popov AA, Pantyukhov PV, Monakhova TV. Svoystva kompozitsionnykh materialov, poluchennykh na osnove polietilena i lignotsellyulozy [The properties of composite materials obtained on the basis of polyethylene and lignocellulose]. *Novoye v polimerakh i polimernykh kompozitakh* = New Products in Polymers and Polymer Composites. 2012; 2:141-149. (In Russ.)
5. Vo Thi Hoai Thu Modifitsirovannyye biorazлагаemye kompozitsionnyye materialy na osnove polietilena [Modified biodegradable composites based on polyethylene]. Abstract of Ph.D. thesis. Moscow; 2009. Available from: http://www.muctr.ru/acadc/soisc/files/Vo_Txi_Xoai_Txu.pdf. (In Russ.)
6. Lukanina YK, Hwatov AV, Kolesnikov NN, Korolev AV, Popov AA, Monakhova TV. Termoi fotookisleniye biodestruktsiруemykh kompozitsiy na osnove polietilena i prirodnnykh napolniteley [Thermal and photooxidation of biodegradable compositions based on polyethylene and natural fillers]. *Plasticheskiye massy* = Plastics. 2007; 5:40-42. (In Russ.)
7. Pantyukhov PN, Hwatov AV, Monakhov TV, Popov AA, Kolesnikova NN. Destruktsiya materialov na osnove PEVD i prirodnnykh napolniteley [Destruction of materials based on LDPE and natural fillers]. *Technical science*

Plasticheskiye massy = Plastics. 2012; 2:40-42. Available from: http://www.plastjournal.ru/upload/iblock/a0f/2012_02_40_42.pdf. (In Russ.)

8. Sheriyeva ML, Shustov GB, Shetov RA. Biodegradable compositions based on starch. *Plasticheskiye massy* = Plastics. 2004; 10:29-31. (In Russ.)

9. Galikhanov MF, Zagrutdinova AK, Astrakhantseva MN, Deberdeyev RJ, Muslimov AA, Galikhanov MF. Elektretnyye svoystva kompozitsiy polipropilena s krakhmalom [The electret properties of polypropylene compositions with starch]. *Materialovedeniye* = Materials Science. 2010; 1:60-63. Available from: <http://ntb.misis.ru:591/OpacUnicode/index.php?url=/notices/index/IdNotice:493678/Source:default>. (In Russ.)

10. Shkuro AYe, Gluhwihw VV, Mukhin NM, Osanina YeI, Grigorov IG, Stoyanov OV. Vliyaniye soderzhaniya vinilatsetatnykh zveniyev v etilen-vinilatsetatnom sopolimere na svoystva drevesno-polimernykh kompozitov [Influence of the content of vinyl acetate in the ethylene-vinyl acetate copolymer on the properties of wood-plastic composites]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* = Kazan Technological University Bulletin. 2012; 14:92-95. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-soderzhanie-vinilatsetatnykh-zveniev-v-etilen-vinilatsetatnom-sopolimere-na-svoystva-drevesno-polimernykh-kompozitov>. (In Russ.)

11. Myshak VD, Grishchenko VV, Semynog VV, Boyko VP, Lebedev YeV. Funktsionalizatsiya sopolimerov etilena s vinilatsetatom metodom alkogolizatsii i ikh svoystva [The functionalization of ethylene-vinyl acetate copolymers and their method of alcoholism properties]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii* = Problems of chemistry and chemical technology. 2013; 5:38-44. Available from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchem_2013_5_9. (In Russ.)

12. Kuzmin AM, Vodyakov VN. Polucheniye termoplastichnykh kompozitsionnykh materialov na osnove rastitelnykh otkhodov APK kompaundirovaniyem komponentov na dvukhrotornom laboratornom smesitele Rheomix 600 OS [Preparation of thermoplastic composite materials based on vegetable waste APK compounding components on double-rotor laboratory mixer Rheomix 600 OS]. In: Kotin AV, et al, editor. *Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy : mezhvuzovskiy nauchnyy sbornik* [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems]. Saransk: Mordovia University Publ.; 2013:283-287. (In Russ.)

13. Kuzmin AM, Vodyakov VN. Vliyaniye dispersnosti napolnitelya na fiziko-mekhanicheskiye i reologicheskiye svoystva termoplastichnykh kompozitsionnykh materialov [Influence of dispersion of the filler on the physico-mechanical and rheological properties of thermoplastic composites]. In: Kotin AV, et al, editor. *Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy : mezhvuzovskiy nauchnyy sbornik* [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems]. Saransk: Mordovia University Publ.; 2013:353-362. (In Russ.)

Submitted 19.02.2016; accepted for publication 23.03.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Aleksandr A. Shabarin, postgraduate student of Mechanization of Agricultural Products Chair, Institute of Mechanics and Energetics, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: orcid.org/0000-0001-5639-4203**, shabarinalex@gmail.com

Aleksandr A. Shabarin, associate professor of General and Inorganic Chemistry, Institute of Physics and Chemistry, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Chemistry), **ORCID: orcid.org/0000-0001-6804-8471**, shab_aa@mail.ru

Vladimir N. Vodyakov, professor of Mechanization of Agricultural Products Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering) **ORCID: orcid.org/0000-0002-4687-1798**, vnvod@mail.ru



ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ / COMPUTER SCIENCE AND MANAGEMENT

УДК 005:004:658.512

DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.269-277

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ МАТРИЧНОЙ МОДЕЛИ

А. В. Романенко*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов, Россия)*

Введение. В статье рассматривается задача формирования и информационного обеспечения деятельности систем управления производственной системой хозяйствующих субъектов. Существующие реалии развития российской экономической системы повышают требования к эффективности их основной деятельности. Обеспечение устойчивости интегративной модели жизненного цикла хозяйствующего субъекта требует осуществлять поиск решения на базе новых технологий в организации и информатизации функционирования систем управления.

Результаты исследования. На основе проведенного анализа значимости для устойчивого положения хозяйствующего субъекта составляющих его жизненного цикла делаются выводы о применимости матричной модели к формированию системы управления производственной системой. Существующие противоречия в применении такой модели управления предлагается решать за счет разделения информационного базиса на *состояние продукта* и *состояние процесса*, что способствует лучшей организованности распределения ответственности между центрами прибыли и центрами затрат. На основе сделанных предложений по информатизации управления даются рекомендации по оценке эффективности центров прибыли и центров затрат. В качестве показателя эффективности центров прибыли предлагается использовать отношение выручки-нетто от реализации продукции к текущей стоимости плановых издержек ее производства. Для оценки эффективности центров затрат действует показатель, подобный рентабельности основных средств с учетом стоимости ресурсов, привлеченных каждым центром затрат отдельно.

Обсуждение и заключения. В данном разделе анализируется взаимосвязь целей управления производственной системой с ролью центров прибыли и центров затрат; предлагаются основы формирования модели информационного обеспечения управления производственной системой, способствующие повышению качества управленческих решений при реализации конкурентных преимуществ хозяйствующего субъекта.

Ключевые слова: матричная модель управления, информатизация, центр прибыли, центр затрат, состояние процесса, состояние продукта

Для цитирования: Романенко А. В. Некоторые аспекты информатизации управления производственной системой на базе матричной модели // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 269–277. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.269-277

ABOUT THE INFORMATIZATION MANAGING OF THE PRODUCTION SYSTEM BASED ON THE MATRIX MODEL

A. V. Romanenko

Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

Introduction. The problem of formation and information management systems management of manufacturing system businesses is analyzed in the article. Existing schemes of the Russian economy increased demands for its efficiency. Stability integrative model business entity lifecycle requires a search for solutions based on new technologies in the organization and operation of information management systems.

Results. On the basis of the analysis of their importance for sustainability of the entity components of its life cycle conclusions are made about the applicability of the matrix model to the production system management. Contradiction in the application of this management model are solved by separating the information on the basis of the state of product and process state. This division contributes to a better organization of the distribution of responsibility between the profit centers and cost centers. As an indicator of the efficiency of profit centers, it is proposed to use the ratio revenue net from the sale of products to the current value of the planned costs of its production. To assess the effectiveness of cost centers used index that is similar to profitability of fixed assets taking into account the cost of resources utilized by each cost center separately.

Discussion and Conclusions. We analyze the relationship between goals management of the production system with the role of profit centers and cost centers. The proposed basis of the formation model information ensures the management of the production system, contributing to improve the quality of managerial decisions in implementing the competitive advantages of business entity.

Keywords: matrix model management, informatization, profit and cost centers, process status, product status

For citation: Romanenko AV. About the informatization managing of the production system based on the matrix model. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):269-277. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.269-277

Введение

В последней четверти XX в. мировая экономическая система вступила в постиндустриальную эпоху. Одним из ее проявлений считается обострение конкуренции в реальном секторе экономической системы вследствие объективного снижения темпов роста [1]. Новые условия функционирования хозяйствующих субъектов реального сектора экономики поставили задачу реформирования принципов управления с целью обеспечения субъекта экономической системы конкурентными преимуществами в сложившихся условиях. Одной из ведущих проблем, появляющихся при

решении данной задачи, является выработка принципов построения системы управления и информационное обеспечение ее функционирования в процессе деятельности хозяйствующего субъекта. Целью решения поставленной задачи следует считать обеспечение устойчивой цикличности бифазового состояния *рост – зрелость* с позиций интегративной модели жизненного цикла хозяйствующего субъекта Р. Куинна и К. Камерона. Достижение такого состояния возможно за счет гармонизации взаимосвязей производственной системы хозяйствующего субъекта с его внешним окружением.



Вышеназванная модель Р. Куинна и К. Камерона представляет собой S-образную кривую, построенную в координатах *доходы* и *время*. Характер кривой отражает 4 возможных этапа, из которых состоит жизненный цикл хозяйствующего субъекта в зависимости от эффективности решений, генерируемых его системой управления: *формирование*, *рост*, *зрелость* и *упадок*. Главным признаком данной трактовки состояния хозяйствующего субъекта в рыночной системе следует считать ее неаксиоматичность, т. е. она только схематично отображает возможную последовательность периодов существования с позиций генерируемых хозяйствующим субъектом доходов. Этапы *рост* и *зрелость*, формирующие центральную часть кривой на графике жизненного цикла, иллюстрируют общую картину текущего состояния хозяйствующего субъекта в условиях его взаимодействия с внешним окружением на основе рыночных принципов. При этом точка соприкосновения этапов *зрелость* и *упадок* является квинтэссенцией качества генерируемых системой управления хозяйствующим субъектом решений, поскольку альтернативным банкротству вариантом дальнейшего развития событий при его нахождении в данном состоянии является переход жизненного цикла на новый этап роста. Достоинством подобного отображения состояния хозяйствующего субъекта для управления следует считать его наглядность. Однако надо упомянуть также о его существенном недостатке: в условиях многоассортиментного производства информация о полученном результате представляется в обобщенном виде, вследствие чего теряются причинно-следственные связи. В результате в таких отраслях как машиностроение и приборостроение, основывающихся на серийном типе производства с многоассортиментной номенклатурой продукции, затрудняется понимание

движущих сил происходящих процессов. Данный факт требует существенного пересмотра прикладных подходов к организации и обеспечению гармонизирующего управления функционированием хозяйствующих субъектов реального сектора постиндустриальной экономической системы на базе развития методологии информатизации современных концепций управления.

Обзор литературы

Изучение источников в открытой научной печати показывает недостаточную проработанность прикладных вопросов информатизации управления производственными системами на базе новых моделей управления [1–4]. Результаты существующих исследований в основном носят теоретический характер, объясняя общую значимость перевода систем управления на фундамент матричной модели и пытаясь привлечь уже существующий аппарат описания причинно-следственных связей для построения систем управления в реальном секторе социально-экономической системы [5–7]. Недостатки такого подхода показаны в работе [8]. В соответствии с этими взглядами современные средства информатизации позволяют обрабатывать большие объемы информации о протекании бизнес-процессов хозяйствующего субъекта, на основе чего становится возможным комплексное решение задачи управления производственной системой на качественно новом уровне. Интерес к применению принципов сбалансированной системы показателей постоянно растет [9]. На базе новых подходов в информационном обеспечении управления становится возможным практическое применение матричной модели управления [10]. Сделанные в работах [9–10] выводы позволяют считать вопросы информатизации ключевым элементом совершенствования управления хозяйствующим субъектом в реальном секторе экономической системы. Их развитие способствует со-

вершенствованию представлений об управлении на базе матричной модели, признанной в начале XXI в. перспективным направлением развития систем управления в рыночных условиях [2].

Результаты исследования

Анализ сущности представления жизненного цикла хозяйствующего субъекта интегративной моделью позволяет согласовать проводимые в его рамках мероприятия с получаемым во внешней среде результатом, основным источником которого должна быть выручка от реализации продукции. Поэтому в качестве главного объекта управления в плане эффективности хозяйствующего субъекта необходимо рассматривать его производственную систему, результатом деятельности которой является потребляемая внешней средой продукция – комплекс отношений, содержащий основную деятельность хозяйствующего субъекта. Одной из возможностей создания конкурентных преимуществ хозяйствующего субъекта является функционирование его производственной системы в полном соответствии с потребностями внешней среды. При этом антимонопольное законодательство лишает хозяйствующие субъекты прямых рычагов влияния на потребительские предпочтения потенциального покупателя. В этих условиях цену продукции следует считать объективно складывающимся выразителем спроса на нее во внешней среде, из-за чего хозяйствующие субъекты лишены возможности манипулировать выручкой для покрытия результатов неэффективных управленческих решений. Поэтому дополнительной возможностью по созданию экономического эффекта в условиях постиндустриальной экономической системы необходимо считать резервы в виде рационального использования имеющихся в распоряжении хозяйствующего субъекта ресурсов и создания возможностей по их мобилизации для минимизации сроков удовлетворения

конкретных запросов из внешней среды. В этом состоит суть гармонизирующего управления.

Значительная роль при организации гармонизирующего управления принадлежит выбранной для ее реализации организационной структуре. В качестве таковой могут рассматриваться линейная, дивизиональная и матричная модели [Там же]. Линейная модель управления сформировалась на основе группирования технологически однородных процессов и фиксации, таким образом, «естественно появляющихся» вертикальных связей в структуре хозяйствующего субъекта. Дивизиональная модель оформилась на основе территориального обособления подразделений хозяйствующего субъекта, руководство которыми из единого центра управления было затруднительным. Это потребовало разделения полномочий по управлению и делегирования их части руководству обособлявшихся филиалов. Однако формирование структуры хозяйствующих субъектов на основе двух вышеуказанных типов организационных структур не разрешало основную проблему управления – отсутствие прямой заинтересованности у промежуточных звеньев производственной системы в общем результате деятельности хозяйствующего субъекта. Как ответная реакция на накопившиеся в экономической системе второй половины XX в. противоречия, были сформулированы принципы органического типа управления [Там же]. Они требуют, в том числе, основывать управление хозяйствующими субъектами на накапливаемом опыте и знаниях. Попытки их прикладной реализации привели к созданию матричной модели управления, в рамках которой предприятия пытаются разрешить противоречия внутри организации между «классическими» вертикальными связями по управлению и горизонтальными взаимосвязями между подразделениями



по созданию продукции путем оформления последних в горизонтальные связи по управлению. Однако разрешая одно противоречие, мы приходим к другому, на первый взгляд абсурдному, — точки пересечения вертикальных и горизонтальных взаимосвязей попадают в подчинение и вертикальных, и горизонтальных каналов управления одновременно. Организуемое таким образом двойное подчинение мест выполнения конкретных технологических операций противоречит принципу единоначалия. Данный факт стал значительным препятствием по созданию и внедрению в практику управления хозяйствующими субъектами организационных структур на базе матричной модели [10]. Ключ к разрешению проблем по ее применению может дать детальное рассмотрение функционирования производственной системы хозяйствующего субъекта. Основные элементы данного процесса описываются предложенной М. Портером концепцией цепочек создания ценностей [3]. Им была выделена группа основных процессов, непосредственно связанных с формированием результата: производство, снабжение, сбыт, маркетинг, продажи и послепродажный сервис. Кроме этого, к ним следует отнести разработку продукции и совершенствование применяемых технологий производства.

Рассмотрение степени участия заявленных процессов в создании производственной системы конечного продукта позволяет разделить их с позиций осуществления управления на центры прибыли и центры затрат [6]. При этом к компетенции центров прибыли следует отнести процессы, напрямую взаимодействующие с потребителем и воплощающие в облике продукции его ожидания. Как было показано выше, подобным требованиям соответствует последовательность процессов *маркетинг — развитие продукции и технологий — продажи — сервис*.

При этом количество горизонтальных каналов управления в производственной системе должно соответствовать количеству групп технологически однородной продукции в номенклатуре хозяйствующего субъекта. Вертикальные связи по управлению должны формировать каналы, реализующие в производственной системе управление группами технологически однородных операций. К ним следует отнести *снабжение, производство, сбыт и развитие продукции и технологий*. Рассмотрение сущности последнего процесса позволяет сделать вывод о том, что его эффективная реализация в большей степени соответствует центру затрат с временным созданием и подчинением центрам прибыли рабочих групп для реализации их заявок на выполнение соответствующих работ.

Залогом успешного функционирования хозяйствующего субъекта является качественное информационное сопровождение управления производственной системой о ее текущем и ретроспективном состоянии [5]. Данная задача становится особенно актуальной в условиях перевода производственной системы на новые технологии обеспечения деятельности, к которым относится применение матричной модели как основы построения системы управления. Данный вопрос пользуется вниманием исследователей со второй половины XX в. Примером может служить предложенная Р. Капланом и Д. Нортоном сбалансированная система показателей, которую в большей степени следует воспринимать как носящую декларативный характер концепцию, а не готовую к прикладному применению технологию [8]. Среди декларируемых в этой работе положений особое внимание следует уделить двум: 1) система оценочных показателей должна органично вписываться в рамки применяемой концепции управления хозяйствующим субъектом; 2) необходимо уделять большее внимание

не статичной оценке состояния подконтрольных процессов, а относительно интервала времени их совершения.

Одним из обязательных направлений развития информатизации управления производственной системой является оценка состояния внутренних бизнес-процессов хозяйствующего субъекта [Там же]. В соответствии с выбранной целью управления необходимо рассмотреть особенности применения существующей терминологии. Все операции, производимые в рамках производственной системы, прежде всего, описываются термином *издержки*, которые представляют собой «живой и овеществленный труд», имеющий натуральное и стоимостное выражение [6]. Натуральное выражение издержек имеет более существенное значение для управления, поскольку не зависит от временного интервала и допускает использование любых единиц измерения (включая нормо-час), применяемых к рассматриваемому активу или операции, что гораздо точнее позволяет отразить сущность некоторого процесса в разрезе появления несоответствий. *Расходы* представляют собой стоимостное выражение уменьшения экономических выгод, которые, в отличие от издержек, зависят от временного интервала. Часть расходов, включаемых в себестоимость, представляет собой затраты. Наиболее подробная классификация затрат приведена например в работе [7]. По аналогии с определением понятия *расходы* содержание понятия *доходы* можно определить как увеличение экономических выгод, представленное в стоимостном выражении. Основная часть доходов хозяйствующего субъекта имеет вид выручки от реализации продукции за вычетом суммы НДС (выручка-нетто). Анализ ее структуры позволяет сделать вывод о том, что не все виды затрат целесообразно принимать во внимание при формировании механизмов управления производственной систе-

мой. Существующая классификация затрат показывает, что для управления производственной системой прежде всего необходимо учитывать их следующее деление: основные – накладные, прямые – косвенные, производственные – непроизводственные, производительные – непроизводительные, единовременные.

В плане реализации стратегических целей управления необходимым условием следует считать увеличение эффективных центров прибыли хозяйствующего субъекта. Реализация этого условия касается как отнесенных к их компетенции процессов, так и общих возможностей хозяйствующего субъекта обеспечивать свое присутствие в экономической системе. Информационный базис производственной системы должен всесторонне охватывать ее функционирование. Первичная оценка может производиться в соответствии с обобщенными показателями деятельности хозяйствующего субъекта: суммарной выручкой-нетто и общей себестоимостью деятельности по прямым и косвенным затратам за заданный период времени. В этом случае возможна общая оценка тенденции развития хозяйствующего субъекта по темпам роста эффективности основной деятельности. Более глубокая оценка состояния бизнес-процессов касается реализации конкурентных преимуществ и требует анализа присутствующих в них причинно-следственных связей.

Предлагаемая идея реализации конкурентных преимуществ производственной системы основывается на разделении информационного базиса на *состояние продукта* и *состояние процесса*. Информация о *состоянии продукта* является основой принятия решений центрами прибыли и должна охватывать весь спектр данных за период времени о заказах на конкретные виды продукции, получаемой от их реализации выручке-нетто, несписанных единовременных затратах по



видам продукции, сроке реализации конкретных заказов и части непроизводственных расходов, касающихся их деятельности. Также центрам прибыли необходимы данные о группе основных производительных расходов в текущих расценках, которые формируются по информации об издержках, указанных в производственных регламентах выпускаемой продукции. Для центров прибыли приемлема оценка деятельности, подобная интегративной модели жизненного цикла хозяйствующего субъекта. В качестве дохода в данном случае может выступать разница между выручкой-нетто и плановой себестоимостью выпущенной продукции, рассчитанной по указанной выше группе расходов. Кроме этого, необходимо отслеживать за период времени информацию о количестве реализованной продукции из номенклатуры и изменении цен на нее. Следует отметить, что для оценки деятельности отдельных центров прибыли невозможно использовать показатели рентабельности, поскольку прибыль является результатом деятельности хозяйствующего субъекта в целом. Поэтому в качестве показателя эффективности центра прибыли предлагается применять для каждого вида реализованной продукции отношение выручки-нетто от ее реализации к текущей стоимости плановых издержек ее производства. Кроме этого, центр прибыли должен контролировать по каждому виду продукции срок окупаемости единовременных затрат путем списания из них суммы полученной выручки-нетто, а также изменение ее как в общем объеме, так и по отдельным видам продукции в номенклатуре.

Главной задачей центров затрат в матричной модели управления является формирование и поддержание потенциала хозяйствующего субъекта по выпуску продукции с заявленными центрами прибыли свойствами. Соответственно из информационного ба-

зиса *состояния процессов* необходимо исключить все сведения, касающиеся показателей производства продукции в соответствии с производственными регламентами. Собираемая центрами затрат информация прежде всего должна касаться отклонений от плановых показателей процессов. Следовательно, к компетенции центров затрат необходимо отнести сбор информации о косвенных, производственных, накладных и непроизводительных затратах. Эти данные позволяют характеризовать стоимость поддержания бизнес-процессов в соответствии с требованиями регламентов выпуска продукции и дать измеримую оценку проявляющимся отклонениям. Кроме этого, важнейшими элементами оценки функционирования производственной системы следует считать сроки выполнения отдельных операций в бизнес-процессах. Данный измеритель позволяет оценить эффективный объем ресурсов, задействованных для реализации таких бизнес-процессов как *снабжение, производство и сбыт*, что способствует планированию их оптимального объема для минимизации сроков исполнения заказов потребителей в заданном интервале времени. Поскольку деятельность центров затрат может быть соотнесена с общим результатом работы хозяйствующего субъекта, для оценки эффективности рекомендуется задействовать показатель, подобный рентабельности основных средств с учетом стоимости ресурсов, задействованных каждым центром затрат отдельно.

Обсуждение и заключения

Таким образом, существующие реальности развития российской экономической системы ставят перед хозяйствующими субъектами повышенные требования в плане эффективности основной деятельности. Обеспечение устойчивой цикличности бифазового состояния *рост – зрелость* с позиций интегративной модели жизненного цикла хозяйствующего субъекта требует

реализации новых технологий в организации и информатизации функционирования системы управления его производственной системой. В статье рассмотрены особенности решения этой задачи на базе применения матричной модели управления. Существующие противоречия в ее применении предлагается решать за счет разделения информационного базиса на *состояние продукта* и *состояние*

процесса, что способствует лучшей организованности распределения ответственности между центрами затрат и центрами прибыли. Кроме этого, были предложены основы формирования модели информационного обеспечения управления производственной системой, способствующие повышению качества управленческих решений при реализации конкурентных преимуществ хозяйствующего субъекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Иноземцев В. Л.** Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы : учеб. пособие. М. : Логос, 2000. 304 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=Иноземцев&f=4&t=2&v2=Современное+постиндустриальное+общество+природа+противоречия+перспективы&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&i=2&s=2&ce=0>.
2. **Виханский О. С., Наумов А. И.** Менеджмент : учеб. пособие. М. : Экономистъ, 2006. 670 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/table.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=виханский&f=4&t=2&v2=менеджмент&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&s=2&ce=0>.
3. **Портер М.** Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. 720 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=портер&f=4&t=2&v2=Конкурентное+преимущество&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&i=2&s=2&ce=0>.
4. **Романенко А. В., Литовка Ю. В., Калинин В. Ф.** Об основах адаптивного управления производственной системой хозяйствующего субъекта // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. 2015. № 4. С. 600–606. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24988472>.
5. **Злобина Н. В., Бакуменко Е. М.** Концептуальные основы экономического обоснования стратегического развития системы менеджмента качества организации : монография. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2012. 124 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=&f=4&t=2&v2=Концептуальные+основы+экономического+обоснования+стратегического+развития+системы+менеджмента+качества+организации&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&s=2&ce=0>.
6. **Ивашкевич В. Б.** Бухгалтерский управленческий учет. М. : Экономистъ, 2003. 618 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=ивашкевич&f=4&t=2&v2=Бухгалтерский+управленческий+учет&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&i=4&s=2&ce=0>.
7. **Лапыгин Ю. Н., Прохорова Н. Г.** Управление затратами на предприятии: планирование и прогнозирование, анализ и минимизация затрат. М. : Эксмо, 2007. 128 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=&f=4&t=2&v2=Управление+затратами+на+предприятии&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&i=9&s=2&ce=0>.
8. **Каплан Р., Нортон Д.** Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М. : Олимп-Бизнес, 2013. 314 с. URL: <http://sigla.rsl.ru/view.jsp?f=1016&t=3&v0=&f=1003&t=1&v1=&f=4&t=2&v2=Сбалансированная+система+показателей&f=21&t=3&v3=&f=1016&t=3&v4=&f=1016&t=3&v5=&tr=Cyr-Common&cc=a1&i=2&s=2&ce=0>.
9. Построение системы показателей для оценки эффективности наукоемкой производственной системы / В. Г. Матвейкин [и др.] // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. 2009. Т. 15, № 2. С. 278–284 URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=12228472>.



10. Романенко А. В., Попов А. И., Пархоменко В. Л. О системных основах управления в реальном секторе экономики // Вестник Волж. ун-та им. В. Н. Татищева. 2014. № 2. С. 28–35. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22014624>.

Поступила 29.02.2016; принята к публикации 18.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016

Об авторе:

Романенко Александр Васильевич, доцент кафедры менеджмента Института экономики и качества жизни ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» (Россия, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106), кандидат технических наук, **ORCID: orcid.org/0000-0002-2984-5950**, ra_box@bk.ru

REFERENCES

1. Inosemtsev VL. Sovremennoye postindustrialnoye obschestvo: priroda, protivorechiya, perspektivy [The modern post-industrial society: nature, contradictions, perspectives]. Moscow: Logos; 2000. Available from: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000946>. (In Russ.)
2. Vikhanskiy OS, Naumov AI. Menedzhment: uchebnoye posobiye [Management: A manual]. Moscow: Ekonomist, 2006. Available from: http://www.fptl.ru/files/menedzhment/vihanskij_menedzhment.pdf. (In Russ.)
3. Porter M. Konkurentnoye preimushchestvo: kak dostich vysokogo rezultata i obespechit ego ustoychivost [Competitive advantage: how to achieve high results and ensure its sustainability]. Moscow: Alpina; 2008. Available from: http://www.e-reading.club/bookreader.php/133034/Porter_-_Konkurentnoe_preimushchestvo._Kak_dostich_vysokogo_rezultata_i_obespechit_ego_ustoychivost_.pdf. (In Russ.)
4. Romanenko AV, Litovka YuV, Kalinin VF. Ob osnovakh adaptivnogo upravleniya proizvodstvennoy sistemoy khosyaistvuyushchego subekta [Basics of adaptive management of production system of a business entity]. *Vestnik TSTU* = TSTU Bulletin. 2015; 4:600-606. Available from: http://vestnik.tstu.ru/rus/t_21/pdf/21_4_010.pdf. (In Russ.)
5. Zlobina NV, Bakumenko YeM. Kontseptualnyye osnovy ekonomicheskogo obosnovaniya strategicheskogo razvitiya sistemy menedzhmenta kachestva organizatsii: monografiya [Conceptual bases of economic assessment of the strategic development of the quality management system of the organization: A monograph]. Tambov: TGTU Publ.; 2012. Available from: <http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2012/bakumenko.pdf>. (In Russ.)
6. Ivashkevich VB. Bukhgalterskiy upravlencheskiy utchet [Management accounting]. Moscow: Ekonomist, 2004. Available from: <http://www.alleng.ru/d/econ-fin/econ-fin426.htm>. (In Russ.)
7. Lapygin YuN, Prokhorova NG. Upravleniye zatratami na predpriyatii: planirovaniye i prognosirovaniye, analiz i minimizatsiya zatrat [Enterprise cost management: planning and forecasting, analysis and cost minimization]. Moscow: Eksmo; 2007. Available from: <http://www.twirpx.com/file/531282>. (In Russ.)
8. Kaplan R, Norton D. Sbalansirovannaya sistema pokazateley. Ot strategii k deystviyu [Balanced scorecard. From strategy to action]. Moscow: Olimp–Biznes; 2013. Available from: <http://www.pwc.ru/ru/training/assets/balanced-scorecard.pdf>. (In Russ.)
9. Matveykin VG, Tatarenko SI, Dmitrievskiy BS, Panchenko IS. Postroeniye sistemy pokasateley dlya otsenki effektivnosti naukoemkoy proizvodstvennoy sistemy [Scorecard designing for assesment of science-intensive production system effectiveness]. *Vestnik TSTU* = TSTU Bulletin. 2009; 2(15):278-284. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-sistemy-pokazateley-dlya-otsenki-effektivnosti-naukoemkoy-proizvodstvennoy-sistemy>. (In Russ.)
10. Romanenko AV, Popov AI, Parkhomenko VL. O sistemnykh osnovakh upravleniya v realnom sektore ekonomiki [On the basis of management system in the real sector of economy]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatischeva* = Tatischev Volga University Bulletin. 2014; 2:28-35. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-sistemnyh-osnovah-upravleniya-v-realnom-sektore-ekonomiki>. (In Russ.)

Submitted 29.02.2016; accepted for publication 18.04.2016; published online 20.06.2016

About the authors:

Aleksandr V. Romanenko, associated professor of Management Chair, Institute of Economics and Quality of Life, Tambov State Technical University (106, Sovetskaya St., Tambov, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID: orcid.org/0000-0002-2984-5950**, ra_box@bk.ru

**Редакция журнала «Вестник Мордовского университета»
объявляет о наборе научных статей**

1. Редакция журнала «Вестник Мордовского университета» принимает оригинальные научные статьи на русском и английском языках, соответствующие профилю Журнала и отражающие результаты теоретических и/или экспериментальных исследований авторов (а также хронику, рецензии и обзоры) кандидатов и докторов наук, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов (в соавторстве) по следующим направлениям:

- 01.04.00 Физика
- 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 14.01.00 Клиническая медицина
- 14.03.00 Медико-биологические науки

Не допускается направление в редакцию уже опубликованных статей или статей, отправленных на публикацию в другие журналы. Мониторинг несанкционированного цитирования осуществляется с помощью систем «Антиплагиат» и «CrossCheck». Журнал приветствует статьи, имеющие потенциально высокий импакт-фактор и/или содержащие материал о значительных достижениях в указанных направлениях.

2. Особое внимание следует уделить качеству перевода. Желательно, чтобы он был выполнен носителем английского языка.

3. Необходимо указать **УДК** (<http://www.udk-codes.net>).

4. **Заголовок статьи** должен кратко (не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. *Приводится на русском и английском языках.*

5. **Аннотация** (200–250 слов) выполняет функцию расширенного названия статьи и повествует о ее содержании. В ней должны быть четко обозначены следующие составные части:

- 1) Введение (Introduction);
- 2) Материалы и методы (Materials and Methods);
- 3) Результаты исследования (Results);
- 4) Обсуждение и заключения (Discussion and Conclusions).

Приводится на русском и английском языках.

6. **Ключевые слова** (5–10) являются поисковым образом научной статьи. В связи с этим, они должны отражать основные положения, достижения, результаты, терминологию научного исследования. *Приводятся на русском и английском языках.*

7. **Благодарности.** В этом разделе следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам. *Приводятся на русском и английском языках.*

8. **Основной текст** статьи излагается на русском или английском языках.

1) Введение (1–2 стр.) – постановка научной проблемы, ее актуальность, связь с важнейшими задачами, которые необходимо решить, значение для развития определенной отрасли науки или практической деятельности.

2) Обзор литературы (1–2 стр.). Необходимо описать основные (последние по времени) исследования и публикации, на которые опирается автор; современные взгляды на проблему; трудности при разработке данной темы; выделение нерешенных вопросов в пределах общей проблемы, которым посвящена статья.

3) Материалы и методы (1–2 стр.). В данном разделе описываются процесс организации эксперимента, примененные методики, использованная аппаратура; даются подробные сведения об объекте исследования; указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт и т. д.).

4) Результаты исследования. Это основной раздел, цель которого – при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты исследования должны быть изложены кратко, но при этом содержать достаточно информации для оценки сделанных выводов. Также должно быть обосновано, почему для анализа были выбраны именно эти данные. **Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках.**



5) Обсуждение и заключения. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области.

9. **Список использованных источников** (оформляется в соответствии с требованиями ГОСТа Р 7.0.5–2008). Ссылаться нужно в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования. Желательно использовать 30–40 источников. Из них за последние 3 года – не менее 20, иностранных – не менее 15. Следует указать DOI или адрес доступа в сети Интернет. *Оформляется на русском и английском языках.*

10. **Аффилиация авторов.** Ф.И.О., организация(и), адрес организации(й) (требуется указать все места работы автора, в которых выполнялись исследования (постоянное место, место выполнения проекта и др.)), должность и ученое звание, ORCID ID, Researcher ID, электронная почта, телефон, почтовый адрес для отправки авторского экземпляра. *Приводится на русском и английском языках.*

11. **Вклад соавторов.** В конце рукописи необходимо включить примечания, в которых разъясняется фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу. *Приводится на русском и английском языках.*

При подаче статьи в редакцию автор соглашается с положениями размещенного на сайте лицензионного договора.

В журнале «Вестник Мордовского университета» принято «двустороннее слепое» рецензирование (рецензент и автор не знают имен друг друга; срок действия рецензии – 1 год).

Рецензент на основании анализа статьи принимает решение или рекомендовать ее к публикации (без доработки или с доработкой), или о ее отклонении. В случае несогласия автора статьи с замечаниями рецензента его мотивированное заявление рассматривается редакционной коллегией.

Политика редакционной коллегии журнала базируется на современных юридических требованиях в отношении клеветы, авторского права, законности и плагиата, поддерживает Кодекс этики научных публикаций, сформулированный Комитетом по этике научных публикаций, и строится на с учетом этических норм работы редакторов и издателей, закрепленных в Кодексе поведения и руководящих принципах наилучшей практики для редактора журнала и Кодексе поведения для издателя журнала, разработанных Комитетом по публикационной этике (COPE).

Допускается свободное воспроизведение материалов журнала в личных целях и свободное использование в информационных, научных, учебных и культурных целях в соответствии со ст. 1273 и 1274 гл. 70 ч. IV Гражданского кодекса РФ. Иные виды использования возможны только после заключения соответствующих письменных соглашений с правообладателем.

Электронные версии статей размещаются на сайте Научной электронной библиотеки. Журнал распространяется по подписке, заявкам высших учебных заведений, учреждений образования и отдельных лиц, а также путем рассылки номеров наложенным платежом.

Вдовин Сергей Михайлович – главный редактор. Тел.: +7 (8342) 24-48-88.

Полутин Сергей Викторович – заместитель главного редактора. Тел.: +7 (8342) 32-81-57.

Гордина Светлана Викторовна – ответственный секретарь. Тел.: +7 (8342) 48-14-24.

Редактор – Л. А. Пудовкина

Перевод С. В. Голованова

Компьютерная верстка А. С. Полутина

Информационная поддержка Р. В. Карасева

Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны.

Подписано в печать 25.05.2016 г. Дата выхода в свет 30.06.2016 г.

Формат 70 × 108 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 11,55.

Тираж 250 экз. Заказ № 799. Свободная цена.

Отпечатано в типографии Издательства Мордовского университета
430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Советская, 24

**“Mordovia University Bulletin” invites the authors for collaboration**

1. “Mordovia University Bulletin” accepts scholarly articles and debatable academic materials in Russian, English from holders of the following degrees: Ph.D., Dr.Sci., lecturer, postgraduate student and senior student (co-authored). Articles should conform to the subject of the journal and report on the results of theoretical and/or experimental studies of the authors (as well as highlights, and reviews).

The journal covers the following specialties:

01.04.00 Physics

05.13.00 Computer Science and Computer Facilities and Management

05.20.00 Agroengineering System Processes and Machines

14.01.00 Clinical Medicine

14.03.00 Medicobiological Sciences

Submission of a manuscript implies that the work described has not been published previously. Monitoring of unauthorized citations is provided by services “AntiPlagiat” and “CrossCheck”. The journal gives preference to the articles with potentially high impact factor or containing significant advances in considered areas of science.

2. If you translate your text into English, please do so in correct English (either American or British usage is accepted, but not a mixture of both).

3. It is necessary to indicate the **UDC** code (<http://www.udk-codes.net>).

4. The title of the article should be short and informative (less than 10 words) and should convey your essential points clearly.

The title is to be provided in Russian and English.

5. **The abstract** plays a role of an enhanced title. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions (200–250 words). It consists of 4 distinct parts:

1) Introduction

2) Materials and Methods

3) Results

4) Discussion and Conclusions

The abstract is to be provided in Russian and English.

6. The structure of the paper should contain the **list of keywords** (5–10 words) in Russian and English. They should reflect basic statements, results achieved and the terminology of the investigation.

7. **Acknowledgements:** List in this section those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.). *The acknowledgements are to be provided in Russian and English.*

8. **The main body** of the article should be presented in Russian or in English.

1) Introduction (1–2 pp.) is the challenge of the problem treated, its relevance, its connection with the chief tasks to be solved, its importance for the development of a definite area of science or for practical activity.

2) Literature review (1–2 pp.): It is necessary to describe the recent principal studies and publications relied upon by the author; modern views on the issue; difficulties in the development of the subject; the allotment of the outstanding issues within the general problem of the article.

3) Materials and methods (1–2 pp.): This section describes the process of the experiment, using techniques and equipment; provides detailed information about the target of research; indicates the sequence of research and justifies the choice of methods used (observation, survey, test, experiment, laboratory experience, analysis, modeling, learning and generalization, etc).

4) Results: In this section should be presented systematic analytical and statistical material. The research results should be described adequately, so that the reader can trace the process and assess the validity of the conclusions made by the author. This is the main section, which aims to prove a working hypothesis (or hypotheses) by analysis, synthesis and data clarification. All titles, signatures, and structural elements of graphs, tables, charts etc. should be in Russian and in English.

5) Discussion and conclusion: The conclusion must contain a brief summary of research results. The main points of the work must be repeated. It is better to present any repetition of the material with new formulations. It is necessary to compare the results with the target, indicated at the beginning of the article. In conclusion, the results are to be summarized from a theoretical and practical point of view; the main directions for further research are indicated in this area.

9. **Bibliography:** The bibliography should be drawn up strictly according to the GOST P 7.0.5-2008 and in uniform format (*in Russian and English*).

It would be desirable to refer to papers published in indexed journals with impact factor.

It is advisable to refer to 30–40 sources (at least 20–30 recent sources).



Citations of articles published in "Mordovia University Bulletin" should include author, title, volume number, year, and page number, DOI and/or URL. The bibliography is to be provided in Russian and English.

10. **Institutional affiliation of authors:** Last name, first name, the name of the institution, the address of the institution, the place where the project occurred, the position and academic title of the author, ORCID ID, Researcher ID, e-mail, phone, postal address for delivery of obligatory copy (*in Russian and in English*).

11. **Authors' contributions.** At the end of the manuscript, authors should explain in the notes the actual contribution of each collaborator in the work performed. The order of the authors and co-authors of the article must be consistent in itself (*in Russian and in English*).

The author agrees to the terms of the enclosed license agreement by submission of the article.

The journal has adopted a "double blind" reviewing (reviewer and author are not familiar with each other; term of validity "Mordovia University Bulletin" 1 year).

A reviewer analyses an article and decides recommending it for publication (after revision of without it), additional reviewing or refusing of it. In case of noncompliance of an author with the comment of a reviewer, they can address a motivated statement to editorial council.

Editorial staff's policy is based on modern legal requirements concerning libel, copyright, legitimacy, plagiarism, ethical principles, kept in community of leading scientific issues publishers. Journal's editorial policy is based upon traditional ethical principles of Russian academic periodicals; it supports Academic Periodicals Ethical Codex, stated by Committee on Publication Ethics (Russia, Moscow) and it is formed in account of standards of ethics of editors' and publishers' work confirmed by Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and Code of Conduct for Journal Publishers, developed by Committee on Publication Ethics (COPE).

Free recall of journal's material is allowed for personal purposes. Free use is permitted for informational, academic, educational and cultural purposes in compliance of paragraphs 1273 and 1274 of chapter 70, part IV of Civil Codex of Russia. Other types of use are possible only after making agreements in writing with copyright holder.

Electronic copies of the journal with full text of the articles in PDF are in free access at the website of Academic Electronic Library. The journal is distributed by subscription, requests of universities, educational institutions and individuals and pay-on-delivery mailing.

Sergey M. Vdovin – Editor in chief. Tel.: +7 (8342) 24-48-88.

Sergey V. Polutin – Deputy editor in chief. Tel.: +7 (8342) 32-81-57.

Svetlana V. Gordina – Executive editor. Tel.: +7 (8342) 48-14-24.

Editor *L. A. Pudovkina*

Translation *S. V. Golovanov*

Desktop publishing *A. S. Polutin*

Informational support *R. V. Karasev*

Distributed in Russian Federation and foreign countries.

Signed to print 25.05.16. Date of publishing 30.06.16.

Sheet size $70 \times 108 \frac{1}{16}$, Conventional printed sheets 11,55.

Number of copies 250. Order no. 799. Free price.

Publishing House of Mordovia State University

24, Sovetskaya St., 430005 Saransk, Republic of Mordovia