



СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ В ЛЕЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ И УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ИННОВАЦИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ВИЗУАЛИЗАЦИОННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© А.М. Аронов¹, В.Л. Пастушенков¹, Д.О. Иванов², Я.В. Рудин³, А.Н. Дрыгин²

¹ АО «ЛОМО», Санкт-Петербург;

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России;

³ Институт оптико-цифровых систем Университета ИТМО, Санкт-Петербург

Для цитирования: Аронов А.М., Пастушенков В.Л., Иванов Д.О., и др. Современные аспекты внедрения в лечебную практику и учебный процесс инновационных медицинских визуализационных цифровых технологий // Педиатр. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 5–11. doi: 10.17816/PED945-11

Поступила в редакцию: 14.06.2018

Принята к печати: 01.08.2018

Приведены результаты разработки и характеристики цифрового аппаратно-программного комплекса, обеспечивающего автоматическое формирование, регистрацию и обработку изображений биомедицинских объектов в целях неинвазивной диагностики на основе методов цифровой микроскопии и эндоскопии. Цифровой аппаратно-программный комплекс осуществляет сбор, предварительный анализ и сжатие видеоинформации для передачи по телекоммуникационным каналам. Подобные комплексы позволяют создать основу для разработки и внедрения новых перспективных медицинских технологий, к которым можно отнести визуально-цифровые базы данных, с целью разработки учебных программ и атласов распознавания патологических клеток и состояний. В этом направлении для начала выбрана агрегация систем клинической и лабораторной диагностики, использующих в качестве медицинских данных изображения, получаемые с выходов цифровых микровизионных и видеоэндоскопических систем, реализованная в виде комплексов оптико-цифровой диагностики. Микровизионная цифровая система мультиспектральных исследований обеспечивает формирование и визуализацию микроизображений биотканей и медицинских препаратов. Видеоэндоскопическая система предназначена для проведения эндоскопических обследований желудочно-кишечного тракта с обеспечением формирования и визуализации эндоскопических изображений, документирования и архивирования данных. Связь с сетевой системой поддерживается по протоколу TCP/IP. Микровизионная и видеоэндоскопическая системы предоставляют возможность дистанционного доступа к изображениям и функциям управления для удаленных пользователей, работающих в локальной сети или через веб-интерфейс.

Ключевые слова: видеоэндоскоп; люминесцентная микроскопия; обработка цифровых изображений; телемедицина; сетевые технологии; педиатрия.

CONTEMPORARY ASPECTS OF INNOVATIVE VISUALIZATION DIGITAL MEDICAL TECHNOLOGIES' INTRODUCTION INTO CLINICAL PRACTICE AND EDUCATION

© A.M. Aronov¹, V.L. Pastushenkov¹, D.O. Ivanov², Ya.V. Rudin³, A.N. Drygin²

¹ LOMO Joint Stock Company, Saint Petersburg, Russia;

² St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

³ Institute of Optical-Digital Systems of ITMO University, Saint Petersburg, Russia

For citation: Aronov AM, Pastushenkov VL, Ivanov DO, et al. Contemporary aspects of innovative visualization digital medical technologies' introduction into clinical practice and education. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2018;9(4):5-11. doi: 10.17816/PED945-11

Received: 14.06.2018

Accepted: 01.08.2018

The paper portrays the elaboration and characters of digital hardware and software complex targeted at automatic forming, registration and processing of biomedical object images for non-invasive diagnostics based upon digital microscopy and endoscopy. Digital hardware and software complex is collecting, preliminary analyzing and compressing

video-information for transmission along telecommunication channels. Complexes of this kind may serve as a basis for elaboration and introduction of new prospective medical technologies like visual and digital databases for education programs and atlases for discrimination of pathological cells and states. For a starter an aggregation of clinical and laboratory diagnostics systems has been chosen utilizing images from the outputs of digital microvisual and endoscopic systems for elaboration of optical digital diagnostics complexes. Microvisual digital multispectral analysis system ensures forming and visualization of biological tissues' and medical slides' microimages. The videoendoscopic system is intended for endoscopic examination of gastrointestinal tract with forming and visualization of endoscopic images, documenting and archiving of data. This system is networked according to TCP/IP protocol. The microvisual and videoendoscopic systems grant distant access to images and control functions for remote users from local networks or through WEB-interface.

Keywords: video-endoscope; fluorescence microscopy; digital image processing; telemedicine; network engineering; pediatric.

В последние годы компьютерные и телекоммуникационные технологии обеспечили качественный скачок в развитии дистанционных медицинских технологий. Это привело к улучшению, особенно в сложных клинико-диагностических случаях, достоверности диагностики, более широкому охвату слоев населения доступными и качественными диагностическими медицинскими услугами и обеспечило снижение стоимости медицинских манипуляций в педиатрии.

Рядом ведущих компаний мира разработаны и выпускаются автоматизированные анализаторы микроизображений, такие как Coolscope (фирма Nikon), BioZero и BioRevo (фирма Keyence), телемедицинские комплексы для ультразвуковой и рентгенографической диагностики, электрокардиографии, компьютерной томографии и др. [7–9]. Широкое распространение в мире получили переносные телемедицинские терминалы, позволяющие проводить долговременный мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы пациентов, измерять уровень сахара в крови, контролировать другие жизненно важные показатели гомеостаза организма человека. По сведениям Всемирной организации здравоохранения, в настоящее время в мире реализуются несколько сотен проектов в области телемедицины, среди которых, кроме клинических и информационных, выделяют также образовательные, связанные с телеобучением специалистов в области медицины. Одной из задач, стоящих перед современной телемедициной, является развитие методов медицинской информатики, стандартизация регистрации и формализации медицинских данных, создание специализированных медицинских учреждений, способных оказывать телемедицинские услуги. Для решения этих задач необходимо разработать и внедрить в медицинскую практику алгоритмы подготовки информации, определить стандартные формы обмена информацией как на уровне исходных данных, так и на уровне формирования отчета, ведения медицин-

ской документации в детских медицинских учреждениях и перинатальных центрах.

В России дистанционные медицинские технологии в последние годы развиваются весьма интенсивно. В течение последнего десятилетия в нашей стране организован координационный совет Минздрава по телемедицине, утверждена концепция развития телемедицинских технологий, разработан и принят первый национальный стандарт в области медицинской информатики¹, который устанавливает общие положения для разработки требований к организации создания, сопровождения и использования информационных систем типа «электронная история болезни», разработаны и серийно выпускаются биологические цифровые микроскопы нового поколения — микровизоры, обладающие расширенными телекоммуникационными возможностями [5].

Однако отечественное аппаратное обеспечение телемедицины отстает от мирового уровня, что связано с отсутствием специального оборудования для клинической и лабораторной диагностики, а также отсутствием медицинско-правовых форм для организации специализированных медицинских учреждений, способных оказывать телемедицинские услуги.

Вышесказанное, а также развитие цифровых и компьютерных технологий во всех областях науки и техники послужило толчком к разработке отечественных автоматизированных телемедицинских систем. Первым шагом в этом направлении стала агрегация систем клинической и лабораторной диагностики, использующих в качестве медицинских данных изображения, получаемые с выходов цифровых микровизионных и видеоэндоскопических систем, реализованная в виде комплексов оптико-цифровой диагностики для телемедицины (цифровые диагностические комплексы). Подобные комплексы позволяют не только расширить функ-

¹ ГОСТ Р 52636-2006 «Электронная история болезни. Общие положения».

циональные возможности существующих методик, но и заложить основу для разработки и внедрения новых перспективных медицинских технологий, к которым можно отнести создание визуально-цифровых баз данных для программ и атласов распознавания патологических клеток и состояний.

Основное назначение разрабатываемого комплекса заключается в создании инфраструктурного базиса для развития телемедицинских услуг на основе открытой информационной технологии сетевого взаимодействия различных диагностических устройств. Они должны, с нашей точки зрения, иметь форму консультативно-диагностических центров, созданных на базе медицинских вузов, перинатальных центров и ведущих лечебных учреждений города и страны. Вышеуказанные центры смогут осуществлять свою деятельность как в режиме онлайн-консультаций, так и/или на основе визуально-цифровых баз данных.

Хорошо известно, что успешное лечение многих заболеваний определяется точным и своевременно поставленным диагнозом. Достоверность диагностики зависит от большого набора разнообразных факторов, в число которых входит в первую очередь квалификация врача-диагноста. Однако одного опыта и врачебной интуиции специалиста не

всегда достаточно, нужны точные методики и приборы для их реализации, необходимы долговременный профессиональный мониторинг состояния здоровья человека и максимально возможная полная база данных разнообразных анализов.

Медицинские записи анализов и результатов обследования пациентов в виде бумажных историй болезни велись медиками на протяжении многих лет, но физические и практические ограничения традиционных технологий хранения и организации большого объема разнородных данных в настоящее время совершенно очевидны.

Один из возможных вариантов структуры сетевого применения цифровых диагностических комплексов представлен на рис. 1. На схеме (в нижней части рисунка) в качестве примера показаны два комплекса, размещенные в лечебно-диагностическом медицинском учреждении и связанные локальной сетью с сервером верхнего уровня типа «электронный госпиталь». Каждый комплекс включает в себя три функционально связанных системы.

Микровизионная цифровая система мультиспектральных исследований обеспечивает формирование и визуализацию микроизображений биотканей и медицинских препаратов.

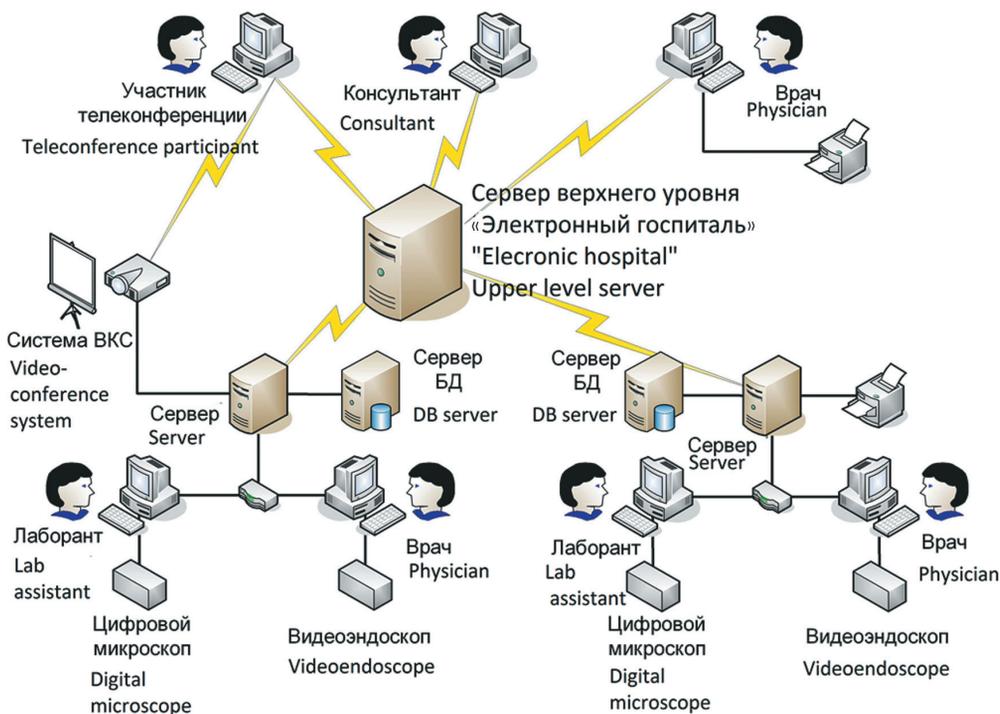


Рис. 1. Структура сетевого применения диагностического комплекса. Для этих целей ЛОМО создало первый отечественный многофункциональный диагностический комплекс для телемедицины, использующий достижения отечественной микровизионной и видеоэндоскопической техники в сочетании с современными компьютерными и телекоммуникационными технологиями

Fig. 1. Network mode diagnostic complex application. LOMO company has elaborated the first multifunctional telemedical diagnostic complex that utilizes the achievements of Russian micro-visional and video-endoscopic techniques in combination with up-to-date computer and telecommunication technologies

Видеоэндоскопическая система предназначена для проведения эндоскопических обследований желудочно-кишечного тракта с обеспечением формирования и визуализации эндоскопических изображений, документирования и архивирования данных.

Сетевая система служит для документирования и архивирования данных, сжатия информации для передачи по телекоммуникационным каналам, анализа микроизображений при комплексном использовании данных, содержащихся в изображениях различного вида, на основе применения компьютерных технологий. Эта система совместима с современными видеотелеконференционными системами, что открывает возможность проведения консультаций и консилиумов, высокопроизводительного обмена медицинскими данными в локальных, региональных и глобальных телекоммуникационных сетях.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМ КОМПЛЕКСА

Микровизионную систему цифрового диагностического комплекса можно характеризовать как систему «все в одном», включающую цифровой микроскоп, анализатор изображения и компьютер с сетевым интерфейсом в одном корпусе. Эта система способна функционировать как в ручном, так и в автоматическом режиме, обеспечивает возможность автоматической работы с образцами (сканирование по полю, автоматическая фокусировка, смена методов освещения) по заданной программе, сохранение локальной копии результатов микроскопического исследования, возможность заполнения электронной истории болезни на месте или ее интеграцию в существующие медицинские информационные системы типа «электронный госпиталь». Микровизионная система предоставляет возможность дистанционного доступа к изображениям и функциям управления для удаленных пользователей, работающих в локальной сети или через веб-интерфейс.

Основным компонентом микровизионной системы является оптико-цифровой анализатор микроизображений (ОЦАМ). Он представляет собой полностью автоматизированный люминесцентный микровизор со встроенным интегрированным блоком управления на базе персонального компьютера и подключенных к нему контроллеров управления исполнительными механизмами с обратной связью. ОЦАМ обеспечивает проведение микроскопических исследований в режиме наблюдения люминесценции в видимом и ближнем ИК-диапазонах спектра, а также методами светлого поля в проходящем, отраженном свете

и в условиях одновременного освещения объектов наблюдения проходящим и отраженным светом видимого спектра.

Для работы в автоматическом режиме ОЦАМ содержит следующие управляемые моторизованные устройства перемещения: двухкоординатный предметный стол, фокусирующий механизм, блок светофильтров проходящего света, диафрагму осветителя проходящего света, револьвер с объективами, блок светоделительных модулей отраженного света, узел включения ИК-канала осветителя отраженного света, узел включения светодиодного осветителя отраженного света, заслонку и устройство перемещения коллектора ртутной лампы.

В режиме дистанционного управления основными функциями ОЦАМ поддерживает сетевой протокол TCP/IP.

Благодаря программному обеспечению ОЦАМ осуществляется регистрация микроизображений, включая построение панорамных X-Y-изображений с автоматической сшивкой границ полей и Z-сканирование с записью изображений в режиме «глубокого фокуса», а также их предварительная обработка, компрессия и передача для архивирования в сетевую систему комплекса. Для получения микроизображений с наилучшим качеством программное обеспечение ОЦАМ реализует автоматическую оценку контраста и резкости цифровых изображений, а также поддерживает режим автоматической фокусировки, алгоритмы и основные параметры которых исследованы в работах [2–4].

Видеоэндоскопическая система цифрового диагностического комплекса служит в качестве рабочего места врача-эндоскописта и включает установленные на приборной эндоскопической стойке видеоэндоскоп с комплектом инструмента, осветительный блок, блок управления, а также видеомонитор и персональный компьютер с программным обеспечением.

Видеоэндоскопическая система создана с применением ряда новых технических решений, направленных в первую очередь на повышение качества изображения, а также на улучшение потребительских свойств и эксплуатационных характеристик. В качестве приемника изображения в видеоэндоскопе используется цветная ПЗС-матрица формата 1/6" с размером пикселя $3,275 \times 3,150$ мкм, для которой разработан новый объектив² с угловым полем зрения 140° . Этот объектив обеспечивает высокое качество цветного изображения объекта по всему полю без перефокусировки в диапазоне

² ГОСТ Р 52636-2006 «Электронная история болезни. Общие положения».

Таблица 1 (Table 1)

Расчетные значения коэффициента передачи контраста изображения
Contrast transfer design coefficient value

Рабочее расстояние, мм / Operative distance, mm	Расчетное значение коэффициента передачи контраста для центра поля на пространственной частоте / Contrast transfer design coefficient value for field center at spatial frequency		
	40 мм ⁻¹	50 мм ⁻¹	110 мм ⁻¹
3	0,50	0,38	–
4,5	–	0,61	–
12	–	0,59	0,27
100	–	0,65	0,33

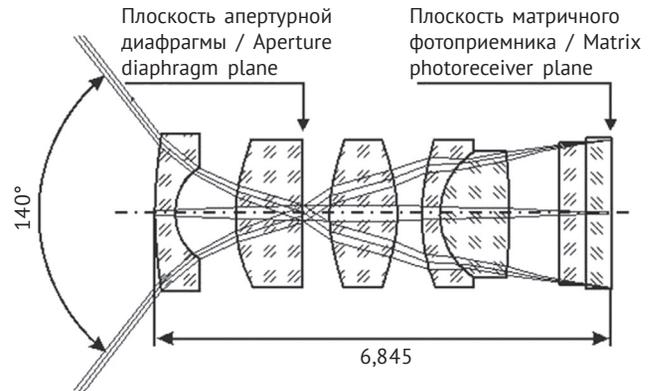


Рис. 2. Оптическая схема объектива видеоэндоскопа
Fig. 2. Video-endoscope objective optical scheme

рабочих расстояний от 3 до 100 мм, распределения освещенности по полю изображения (неравномерность освещенности не превышает 25 %).

На рис. 2 показана оптическая схема объектива, а в табл. 1 приведены расчетные значения коэффициента передачи контраста изображения для различных рабочих расстояний и пространственных частот.

Кроме этого, конструкция механизма управления изгибаемой частью видеоэндоскопа и тормозных устройств выполнена герметичной, улучшены

эргономические характеристики проксимальной части и рукояток управления, форма всех элементов конструкции обеспечивает комфортные условия работы для врачей с различными антропометрическими данными. В осветительном канале видеоэндоскопической системы предусмотрено светодиодное освещение. Требуемая освещенность достигнута путем применения в качестве источника света сверхъяркого белого светодиода, широкоугольных осветительных линз и волоконно-оптических жгутов с повышенным пропусканием (рис. 3).

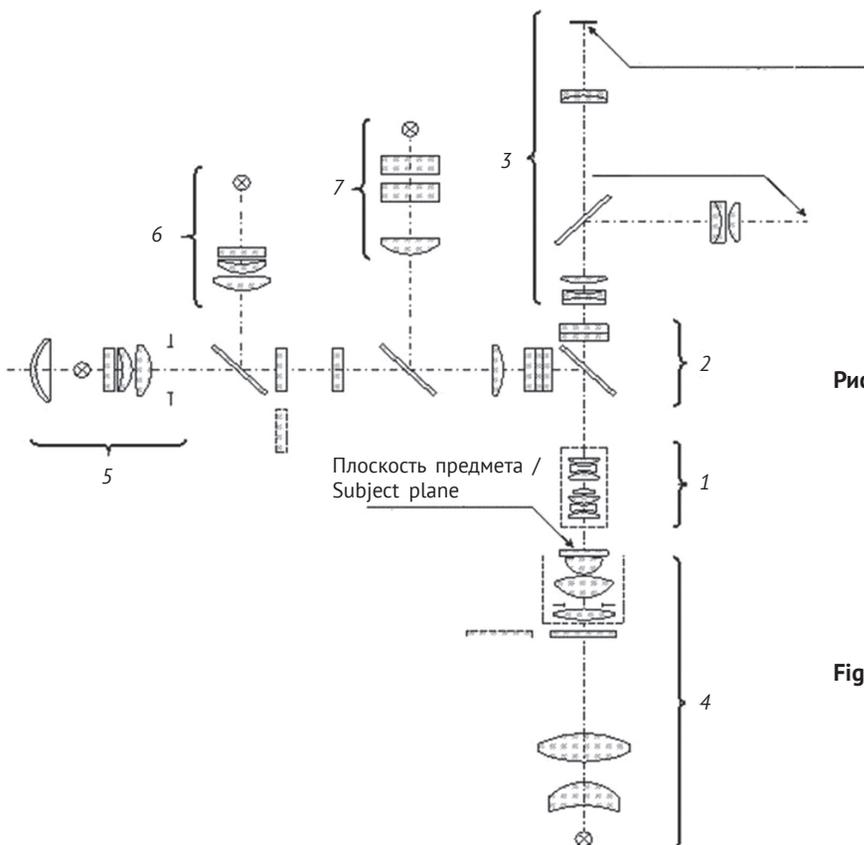


Рис. 3. Оптическая схема оптико-цифрового анализатора микроизображений: 1 – блок сменных микрообъективов; 2 – блок спектроделителей; 3 – блок фотоприемников; 4 – светодиодный осветитель проходящего света; 5 – осветительный модуль ртутной лампы; 6 – светодиодный осветитель отраженного света; 7 – лазерный осветительный модуль
Fig. 3. Optical digital micro-image analyzer optical scheme: 1 – changeable micro-objectives block; 2 – spectro-diviser block; 3 – photo-receiver block; 4 – transmitted light LED; 5 – Hg-lamp lighthouse; 6 – reflected light LED; 7 – laser lighthouse

Блок управления видеоэндоскопической системой модернизирован с учетом требований улучшенного качества изображения и совместимости с сетевой системой комплекса. Для этого с помощью команд меню в блоке управления реализованы функции управления цветностью, четкостью и яркостью изображения. С целью оптимизации режима наблюдения в процессе эндоскопического обследования существует возможность изменять размер углового поля зрения объектива с помощью электронной маски и отображения стоп-кадра одновременно с видеоизображением (режим «картинка в картинке»). Связь с сетевой системой поддерживается по протоколу TCP/IP.

Таким образом, создан первый отечественный цифровой видеоэндоскоп для телемедицины, обеспечивающий возможность удаленного наблюдения за проведением эндоскопических процедур во время их выполнения.

Кроме важных с точки зрения медицинского применения функций диагностики, выполняемых микровизионной и видеоэндоскопической системами, для решения телемедицинских задач цифровые диагностические комплексы включают сетевую систему. Эта система представляет собой программно-аппаратный комплекс, развернутый на базе сервера HP ProLiant ML150 G6 и поддерживающий программные средства для управления базой данных диагностических исследований, поступающих на сервер с диагностических систем комплекса по протоколу DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine — отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений и документов обследованных пациентов). Достоверность

диагностики по наблюдаемым изображениям обеспечивается включением в программный комплекс сетевой системы ряда оригинальных компьютерных программ для обработки медицинских изображений [1, 6]. Сетевая система цифрового диагностического комплекса является открытой информационной системой, способной поддерживать программные продукты других производителей. С ее помощью удаленные пользователи, находящиеся как в локальной сети комплекса, так и вне ее, при условии авторизации могут получить доступ к функциям управления микровизионной системой, наблюдению за потоковым видео, поступающим с выхода видеоэндоскопической системы, а также к персональным электронным медицинским записям пациентов, хранящихся в базе данных диагностических исследований. Возможность подключения к сети Интернет, телекоммуникационные функции собственно сетевой системы определяют жесткие требования по защите персональных данных и информационной безопасности комплекса в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над совместным проектом АО «ЛОМО» и СПбНИУ «ИТМО» разработан первый отечественный высокотехнологичный комплекс оптико-цифровой диагностики для телемедицины. Комплекс предназначен для проведения клинических и лабораторных исследований и решения актуальной задачи повышения качества медицинского обслуживания широких слоев населения России, в том числе проживающего на территориях, удаленных от современных диагностических центров. Открытая сетевая архитектура предусматривает расширение области применения комплекса в медицинской практике за счет включения в его состав новых диагностических средств (рис. 4).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверкин А.Н., Потапов А.С. Применение метода восстановления глубины из фокусировки для микроскопических изображений // Оптический журнал. – 2011. – Т. 78. – № 11. – С. 52–59. [Averkin AN, Potapov AS. Using the method of depth reconstruction from focusing for microscope images. *Opticheskiy zhurnal*. 2011;78(11):52-59. (In Russ.)]
2. Беззубик В.В., Белашенков Н.Р., Устинов С.Н. Оптимизация алгоритмов автофокусировки цифрового микроскопа // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. –

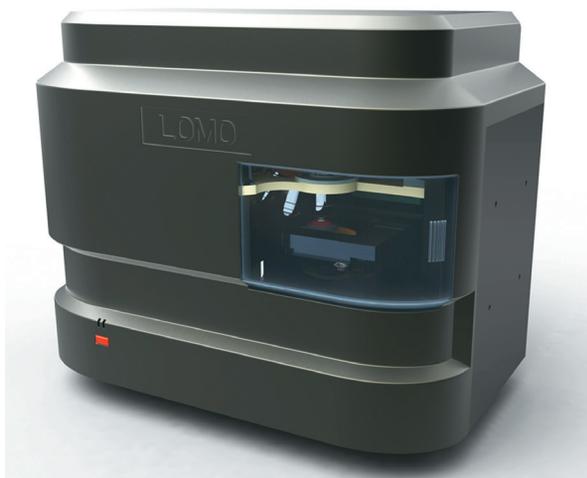


Рис. 4. Внешний вид оптико-цифрового анализатора микроизображений

Fig. 4. Micro-image optical digital analyzer

- № 10. – С. 16–22. [Bezzubik VV, Belashenkov NR, Ustinov SN. Optimization of algorithms for auto-focusing a digital microscope. *Opticheskiy zhurnal*. 2009;76(10):16-22. (In Russ.)]
3. Белашенков Н.Р., Беззубик В.В., Никифоров В.О. Анализ влияния дефокусировки и шума на качество цифрового изображения // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2011. – № 6. – С. 59–64. [Belashenkov NR, Bezzubik VV, Nikiforov VO. Analysis of blur and noise influence on digital image quality. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*. 2011;(6): 59-64. (In Russ.)]
 4. Белашенков Н.Р., Беззубик В.В., Никифоров В.О. Метод количественной оценки контраста цифрового изображения // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2010. – № 6. – С. 86–88. [Belashenkov NR, Bezzubik VV, Nikiforov VO. Quantitative estimation method of digital image contrast. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*. 2010;(6):86-88. (In Russ.)]
 5. Белашенков Н.Р., Калинина Т.Ф., Лопатин А.И., и др. Микровизоры – новое поколение цифровых микроскопов // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. – № 10. – С. 52–57. [Belashenkov NR, Kalinina TF, Lopatin AI, et al. Microviewers – the next generation of digital microscopes. *Opticheskiy zhurnal*. 2009;76(10):52-57. (In Russ.)]
 6. Дырнаев А.В. Метод подсчета эритроцитов на изображениях мазков крови // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2011. – № 2. – С. 17–22. [Dyrnaev AV. Red cells count method on blood smears images. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*. 2011;(2):17-22. (In Russ.)]
 7. Falconer J, Giles W, Villanueva H. Realtime ultrasound diagnosis over a wide-area network (WAN) using off-the-shelf components. *J Telemed Telecare*. 1997;3 Suppl 1:28-30. doi: 10.1258/1357633971930265.
 8. Thrall JH, Boland G. Telemedicine in practice. *Semin Nucl Med*. 1998;28(2):145-157. doi: 10.1016/s0001-2998(98)80004-4.
 9. Tsagaris MJ, Papavassiliou MV, Chatzipantazi PD, et al. The contribution of telemedicine to cardiology. *J Telemed Telecare*. 1997;3 Suppl 1:63-64. doi: 10.1258/1357633971930418.

◆ Информация об авторах

Александр Михайлович Аронов – д-р техн. наук, профессор, генеральный директор. АО «ЛОМО», Санкт-Петербург. E-mail: lomo@lomo.sp.ru.

Владимир Леонидович Пастушенко – д-р мед. наук, профессор, советник генерального директора. АО «ЛОМО», Санкт-Петербург. E-mail: lomo@lomo.sp.ru.

Дмитрий Олегович Иванов – д-р мед. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» Минздрава России, главный неонатолог МЗ РФ. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: doivanov@yandex.ru.

Ярослав Вадимович Рудин – канд. тех. наук., доцент, директор. Институт оптико-цифровых систем Университета ИТМО, Санкт-Петербург. E-mail: yaroslav-r@mail.ru.

Алексей Никонорович Дрыгин – д-р мед. наук, профессор, заведующий, научно-исследовательский центр. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: 9112286592@mail.ru.

◆ Information about the authors

Alexander M. Aronov – Dr Sci, Professor, Director. JS LOMO, Saint Petersburg, Russia. E-mail: lomo@lomo.sp.ru.

Vladimir L. Pastushenko – Dr Sci, Professor, Director General's Advisor. JS LOMO, Saint Petersburg, Russia. E-mail: lomo@lomo.sp.ru.

Dmitry O. Ivanov – MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Rector, Chief Neonatologist, Ministry of Healthcare of the Russian Federation. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: doivanov@yandex.ru.

Yaroslav V. Rudin – PHD, Associate Professor, Director. Institute of Optical-Digital Systems of ITMO University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: yaroslav-r@mail.ru.

Alexey N. Drygin – MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head, Research Center. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: 9112286592@mail.ru.