

через добавление дополнительных диагностических модулей и интеграцию с электронными медицинскими картами. Веб-ориентированная архитектура обеспечивает кроссплатформенность и доступность системы без необходимости установки специализированного программного обеспечения.

Разрабатываемое приложение будет предназначено для применения в клинической практике неврологических отделений и центров реабилитации. Использование стандартизированных диагностических алгоритмов и автоматизированной классификации патогенетических подтипов боли обеспечит повышение качества медицинской помощи и оптимизацию терапевтических подходов в лечении. Система позволит врачам проводить комплексную оценку болевого синдрома, отслеживать динамику состояния пациентов и формировать персонализированные рекомендации по лечению, что делает ее востребованным инструментом для практического здравоохранения.

#### Литература

1. Джensen, М. П. Методы оценки боли: использование визуальной аналоговой шкалы / М. П. Джensen. – СПб. : Питер, 2012. – 256 с.
2. Клиланд, Ч. С. Краткий опросник боли: применение в клинической практике / Ч. С. Клиланд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 200 с.
3. Неблетт, Р. Индекс центральной сенситизации (CSI): клиническое применение. – URL: <https://www.journalofpain.ru/central-sensitization-inventory> (дата обращения: 02.10.2025).

### ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП

**М. В. Волосевич, И. В. Дорощенко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

*Представлен принцип работы простейшего цифрового голографического микроскопа, построенного на базе одноплатного компьютера и ПЗС-матрицы от цифровой камеры.*

**Ключевые слова:** цифровая голографическая микроскопия, цифровой голографический микроскоп, голографическая съемка.

### DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPE

**M. V. Valasevich, I. V. Doroshchenko**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

*The operating principle of a simple digital holographic microscope based on a single-board computer and a CCD sensor from a digital camera is presented.*

**Keywords:** digital holographic microscopy, digital holographic microscope, holographic imaging.

Цифровая голографическая микроскопия (Digital Inline Holographic Microscopy, ДИМ) – это современный метод микроскопии, основанный на регистрации и последующей численной реконструкции голограмм. В отличие от традиционного микроскопа, ДИМ не использует оптические линзы для формирования изображения. Вместо этого применяется когерентный источник света и цифровая камера (ПЗС-матрица), а формирование трехмерного изображения объекта происходит с помощью компьютерной обработки [1–3].

Целью данной работы является создание простого и недорогого цифрового голографического микроскопа, основанного на использовании одноплатного компьютера Raspberry Pi, камеры Pi Cam, мощного светодиода и диафрагмы диаметром 15 мкм. Конструкция микроскопа частично выполнена с использованием 3D-печати, что делает устройство доступным и воспроизводимым в лабораторных условиях.

Функциональная схема простейшего цифрового микроскопа, построенного на основе одноплатного компьютера представлена на рис. 1. Корпус и диафрагму можно выполнить с помощью 3D-принтера.

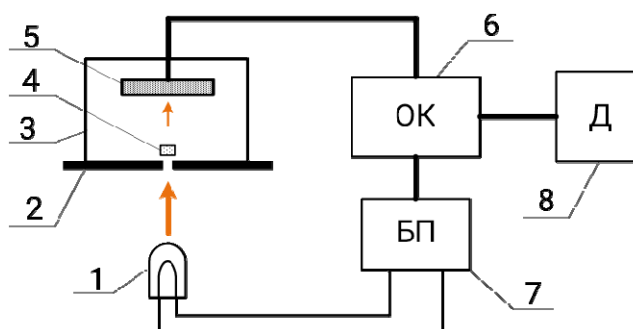


Рис. 1. Функциональная схема простейшего цифрового микроскопа:  
1 – светодиод; 2 – диафрагма; 3 – корпус; 4 – исследуемый прозрачный объект;  
5 – ПЗС-матрица; 6 – одноплатный компьютер (ОК); 7 – блок питания (БП);  
8 – дисплей (Д)

Перед запуском цифрового микроскопа пользователь задает экспериментальные параметры:

- расстояние между диафрагмой и ПЗС-матрицей;
- расстояние между объектом и ПЗС-матрицей;
- диаметр отверстия диафрагмы;
- длину волны источника света.

Вначале необходимо поместить исследуемый прозрачный объект 4 в корпус за диафрагмой 2, затем создать подсветку исследуемого объекта, включив светодиод 1 (рис. 1). Далее выполняется съемка. После удаления объекта, делается серия фоновых изображений для последующей коррекции.

При записи достаточно важными параметрами являются разрешающая способность и плотность. Разрешающая способность обусловлена используемым электронным устройством. Что касается плотности, то поле между двумя датчиками напрямую влияет на частоты. Чем большие частоты регистрируются, тем более хорошего качества получается восстановленное изображение [1–3].

Полученные голограммы можно обрабатывать на персональном компьютере по средствам платформы для анализа изображений Fiji. Для восстановления трехмерного изображения можно использовать специализированный плагин Numerical-Propagation. Плагин выполняет численное распространение светового поля, что позволяет получить реконструкции на разных глубинах и исследовать внутреннюю структуру объекта без механического изменения фокуса. Для повышения контрастности изображений применяется функция *Enhance Contrast*.

Рассмотренный цифровой голографический микроскоп позиционируется как одно из самых простых и малобюджетных устройств, позволяющий осуществлять 3D-визуализацию исследуемых объектов без сложных оптических систем. Подобное

оборудование можно использовать для образовательных целей, экспресс-диагностике многокомпонентных биологических сред для определения вирусов, бактерий и других микроорганизмов в жидких и прозрачных средах.

#### Литература

1. Турухано, Б. Г. Высокорастворяющий цифровой голографический микроскоп для прозрачных объектов / Б. Г. Турухано, Н. Турухано, И. А. Турухано / Наноиндустрия. – 2021. – № 3/4. – С. 232–238.
2. Цифровая голографическая микроскопия: современные методы регистрации голограмм микрообъектов. КиберЛенинка. Архивировано 22 окт. 2016 г. (дата обращения: 11.10.2025).
3. Holographic detection of nonradiative transitions in oxygen molecules: digital and classical approach / A. V. Belashov, N. V. Petrov, I. V. Semenova, O. S. Vasyutinskii // Journal of Physics Conference Series. – 2015.

### СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ПЛАТФОРМ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ

**М. А. Лазовой, А. В. Ларионов, П. А. Торговцов, И. В. Дорощенко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

*Произведен выбор платформы для создания системы мониторинга оборудования буровых установок на основе промышленного интернета вещей.*

**Ключевые слова:** система мониторинга, промышленный интернет вещей, платформы с открытым кодом.

### DRILLING RIG EQUIPMENT MONITORING SYSTEM BASED ON OPEN-SOURCE PLATFORMS

**M. A. Lazovoi, A. V. Larionov, P. A. Torgovtsov, I. V. Doroshchenko**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

*A platform was selected for creating a drilling rig equipment monitoring system based on the Industrial Internet of Things.*

**Keywords:** monitoring system, Industrial Internet of Things, open-source platforms.

Современные нефтедобывающие предприятия требуют высоконадежных цифровых систем для обработки и визуализации производственных данных в реальном времени. При разработке систем мониторинга и управления нефтедобывающими установками необходимо учитывать существующие решения в области данной области. Наиболее развивающимся направлением является промышленный интернет вещей (*Industrial Internet of Things (IIoT)*), который использует современные технологии дистанционного анализа и управления сложными системами, а также позволяет адаптировать их к отраслевым условиям и минимизировать эксплуатационные риски [1–3].

Современный рынок промышленного интернета вещей (*IIoT*) предлагает три принципиально разных подхода к построению платформенных решений: проприетарные коммерческие системы; открытые платформы с исходным кодом и гибридные облачные решения. Каждый из подходов обладает уникальными характеристи-