

Голубова Надежда Владимировна

**МЕТОД И УСТРОЙСТВО МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ  
ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРФУЗИОННО-  
МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Направление 12.04.04 – Биотехнические системы и технологии  
Направленность «Фотоника и электроника в медико-биологической практике»

**АВТОРЕФЕРАТ**

Магистерской выпускной квалификационной работы

Работа выполнена на кафедре приборостроения, метрологии и сертификации  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

**Научный руководитель:** кандидат технических наук, доцент,  
старший научный сотрудник  
научно-технологического центра  
биомедицинской фотоники,  
доцент кафедры приборостроения,  
метрологии и сертификации  
**Потапова Елена Владимировна**

**Официальный рецензент:** кандидат технических наук, доцент  
инженерно-исследовательского факультета  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
национальный исследовательский  
университет информационных технологий,  
механики и оптики», (г. Санкт-Петербург)  
**Маргарянц Никита Борисович**

Защита состоится 8 июля 2022 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Государственной  
экзаменационной комиссии по адресу: 302020, РФ, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.

С выпускной квалификационной работой можно ознакомиться на кафедре  
приборостроения, метрологии и сертификации ФГБОУ ВО «Орловский  
государственный университет имени И.С. Тургенева»

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Кишечник является органом пищеварения и выделения, находящимся в брюшной полости. Он играет огромную роль в жизнедеятельности человека, выполняя не только пищеварительную функцию, но и участвуя в поддержании иммунитета всего организма. Таким образом, вопросы диагностики и лечения острых заболеваний органов брюшной полости являются актуальными в современном мире, так как согласно статистике, данные состояния в структуре общей заболеваемости населения занимают одно из ведущих мест по распространенности без видимой тенденции к снижению. Отдельно следует отметить то, что в большинстве субъектов Российской Федерации в условиях пандемии инфекции COVID-19 за первые 6 месяцев 2021 года наблюдался рост уровня общей смертности от заболеваний органов пищеварения по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. Трудности своевременной диагностики и подбора стратегии лечения пациента при острых ишемических поражениях кишечника остаются широко обсуждаемыми в медицинском сообществе. Данные состояния обуславливается внезапным снижением кровотока по брыжеечным артериям, венам или микроциркуляторному руслу, что приводит к ишемии и инфаркту (гангрене) поражённого участка кишечника. Несмотря на произошедшие за последние десятилетия достижения в диагностике и лечении, отмечается высокий уровень смертности при ишемии в бассейне верхней брыжеечной артерии – от 40 до 70 %.

В процессе операции по устранению последствий острого нарушения мезентериального кровообращения одной из главных задач является оценка жизнеспособности кишки. Важно выявить границы необратимого повреждения органа, и тем самым исключить резекцию жизнеспособных отделов. В настоящее время активное развитие получили минимально инвазивные методы, к которым относятся лапароскопические технологии. Их преимуществами являются малая травматичность, уменьшение послеоперационной боли, сокращение сроков пребывания в стационаре, а также хороший косметический результат. При хирургическом минимально инвазивном вмешательстве распространенным методом обратной связи для хирурга является использование видеоизображения операционного поля в белом свете. Такая визуализация позволяет хирургу различать анатомические структуры и оценивать их наиболее значимые патологические изменения. Однако в некоторых случаях особенности передачи и отображения данных затрудняют зрительное восприятие и адекватную оценку состояния оперируемых тканей.

Таким образом, для повышения точности диагностики острого нарушения мезентериального кровообращения при лапароскопическом исследовании актуальной задачей является внедрение новых методов диагностики. На данный момент большое распространение получили оптические методы оценки состояния биологических тканей. Они способны контролировать микроциркуляторные нарушения *in vivo* в режиме реального времени при минимально инвазивных вмешательствах. В частности,

перспективными являются методы лазерной спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализаций, которые технически возможно совместить со стандартным лапароскопическим инструментом. Совмещение данных технологий с целью обеспечения многоканальной визуализации в системе жесткой эндоскопии позволит реализовать мультимодальный подход к рассматриваемой проблеме определения жизнеспособности тканей кишечника при остром нарушении мезентериального кровотока.

**Цели и задачи исследования.** Целью исследования является обеспечение объективной диагностики ишемического поражения кишечника при проведении лапароскопического вмешательства путем разработки метода и устройства многопараметрической оптической визуализации перфузионно-метаболических изменений биологической ткани.

**Задачи исследования:**

1) обзор применяемых в настоящее время методов диагностики нарушений кровообращения в сосудах и анализ научно-технической литературы для выявления существующих технических решений в области мультимодальной визуализации при минимально инвазивных хирургических вмешательствах;

2) обоснование принципа получения диагностической информации о состоянии тканей кишечника (здоровая, ишемизированная и т.д.), основанного на совместном применении методов лазерной спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализаций;

3) разработка метода многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений;

4) обоснование принципа построения устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений на основе разработанного метода;

5) разработка конструкции корпуса электронного блока устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений;

6) составление документации для осуществления постпродажного технического обслуживания разрабатываемого устройства;

7) проведение предварительных исследований с применением экспериментального макета разработанного устройства, верификация каналов оптической визуализации на фантомах и биообъекте с экспериментально смоделированной ишемией.

**Объектом** исследования являются метод и устройство для определения жизнеспособности тканей кишечника при проведении лапароскопических хирургических вмешательств.

**Предметом** исследования является метод многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений, основанный на совместном использовании методов спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализаций, принцип построения и проектно-конструкторские решения для создания устройства, реализующего

многопараметрический метод, а также метрологическое обеспечение и постпродажное обслуживание проектируемого устройства.

**Методы исследования.** При выполнении исследований применялись аналитические и экспериментальные методы, методы синтеза и математической статистики.

**Научная новизна** заключается в том, что при решении поставленных задач исследования предложены:

1) комплекс диагностических признаков для объективной оценки жизнеспособности биологических тканей, отличающийся от существующих тем, что основан на совокупном анализе различий в параметрах контраста, сатурации и объемной доли крови, индексах окси- и дезоксигемоглобина, а также в форме спектров и интенсивности флуоресценции при постобработке изображений, полученных в каналах лазерной спекл-контрастной, гиперспектральной и флуоресцентной визуализаций;

2) метод интраоперационной диагностики жизнеспособности тканей кишечника, отличающийся совместным применением методов лазерной спекл-контрастной, гиперспектральной и флуоресцентной визуализаций, позволяющий получать объективную диагностическую информацию о состоянии тканей кишечника.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что:

1) предложен принцип построения устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений, в том числе разработана оригинальная конструкция электронного блока устройства;

2) сформирована начальная база лазерных спекл-контрастных изображений ишемизированных и здоровых тканей, в том числе кишечника лабораторных животных.

**Личный вклад автора** заключается в проведении обзора текущего состояния вопросов диагностики определения жизнеспособности кишечника, формулировке требований к разрабатываемому методу и устройству, планировании и проведении экспериментальных исследований, анализе полученных данных и оформлении результатов.

**Положения, выносимые на защиту:**

1) для объективной оценки ишемизации тканей кишечника при проведении лапароскопических хирургических вмешательств может быть использован метод оптической диагностики, включающий в себя совокупный анализ параметров, полученных при постобработке изображений лазерной спекл-контрастной, гиперспектральной и флуоресцентной визуализаций;

2) предложенный принцип построения устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений обеспечивает возможность регистрации выбранных параметров для осуществления объективной оценки жизнеспособности биологических тканей;

3) предложенная методика КТС обеспечивает контроль метрологических характеристик устройства, что гарантирует его безопасное

использование при соблюдении правил руководства по эксплуатации.

**Степень достоверности и апробация результатов:**

Достоверность результатов обоснована использованием апробированных и подтвержденных методов и методик обработки результатов измерений.

Результаты исследования включены в учебный процесс ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» в качестве выполнения лабораторной работы по дисциплине «Неинвазивные диагностические методы исследования системы микроциркуляции крови» магистрами, обучающимися по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» направленность «Фотоника и электроника в медико-биологической практике»).

Материалы исследования доложены и обсуждены на 10 международных и всероссийских конференциях, в том числе на: XXX Международном научно-техническом семинаре «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации» (Алушта, 2021); X Конгрессе молодых ученых (Санкт-Петербург, 2021); Всероссийском молодежном Самарском конкурсе-конференции научных работ по оптике и лазерной физике (Самара, 2020, 2021); EExPolytech-2021: Electrical Engineering and Photonics (Санкт-Петербург, 2021); XXXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робото-технические комплексы» (Биомедсистемы - 2020) (Рязань, 2020); II Всероссийской научно-технической конференции «Приборостроение: наука, техника, технологии – 2021» памяти профессора С.Ф. Корндорфа (Орел, 2021); Неделе науки ОГУ им. И.С. Тургенева (Орел, 2021, 2022), II Международной научно-практической конференции имени академика Е.В. Шмидта «Инженерные решения и цифровые технологии в биологии, медицине и приборостроении» (Карачев, 2022).

**Публикации:**

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, в том числе 1 в ведущем рецензируемом научном издании, входящем в базу данных Scopus, и 1 в издании, рекомендованном ВАК.

**Структура и объем выпускной квалификационной работы:**

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 86 наименований, 9 приложений и изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 12 таблиц.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель и определены задачи проведения исследования, выделены объект и предмет проведения работы, приведена научная новизна и практическая значимость проведенного исследования.

**В первой главе** производится медико-биологическое обоснование разработки устройства, а также приводится обзор используемых на сегодняшний день методов диагностики нарушений микроциркуляции органов пищеварения наравне с новыми перспективными методами оптической диагностики, ещё не получившими широкого распространения в клинической практике. По результатам анализа было отмечено, что такие оптические методы диагностики как лазерная спекл-контрастная (ЛСКВ), флуоресцентная (ФВ) и гиперспектральная (ГВ) визуализации являются перспективными и обладают такими преимуществами, как быстрота проведения диагностики, отсутствие необходимости использовать контрастные вещества и возможность интеграции со стандартным лапароскопическим оборудованием. Однако в рассмотренных научных разработках авторы предлагают системы, реализующие только один из оптических методов, в то время как многопараметрическая оптическая визуализация представляется многообещающей за счет комплексной оценки взаимосвязанных параметров, которые характеризуют перфузионно-метаболические процессы в биотканях.

Для создания метода и разработки устройства, реализующего многопараметрическую лапароскопическую визуализацию перфузионно-метаболических изменений, была выбрана совокупность методов ЛСКВ, ФВ и ГВ. Приведено описание разрабатываемого метода, описаны методы, используемые для разработки. Так, метод ЛСКВ позволяет зондировать биоткань для регистрации движения эритроцитов по сосудам и капиллярам, что позволяет оценивать перфузию внутренних органов кровью при мониторинге изменений кровотока. Регистрация данных методом ФВ подразумевает под собой детектирование общего излучения автофлуоресценции, которое содержит много информации, имеющей диагностическое значение. Это излучение представляет собой сумму вкладов автофлуоресценции флуорофоров, участвующих в энергетическом метаболизме клеток, в том числе, окисленной формы флавинадениндинуклеотида (FAD) и восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (NADH), находящихся в тесной взаимосвязи с нормальными, измененными или патологическими состояниями биологических тканей. Диагностика методом ГВ проводится посредством регистрации спектральной информации об объекте, а именно об интенсивности отражённого света на разных длинах волн в каждой точке поверхности образца. При использовании специальных методов постобработки сигнала возможно проводить оценку динамики наполнения тканей кровью и её насыщения кислородом.

На основании выбранных методов сформулировано техническое задание на разработку, где указаны основные требования, предъявляемые к разрабатываемому устройству многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических процессов. Предложена структурная схема устройства (рисунок 1), помимо основных элементов также включающая в себя канал измерения мощности излучения синего

лазерного диода для контроля соблюдения требований лазерной безопасности.

Разработана схема электрическая принципиальная устройства, описан принцип его работы и составлено математическое описание. Произведен выбор и расчет элементов разрабатываемой части электронного блока устройства, проведен анализ точности и надежности.

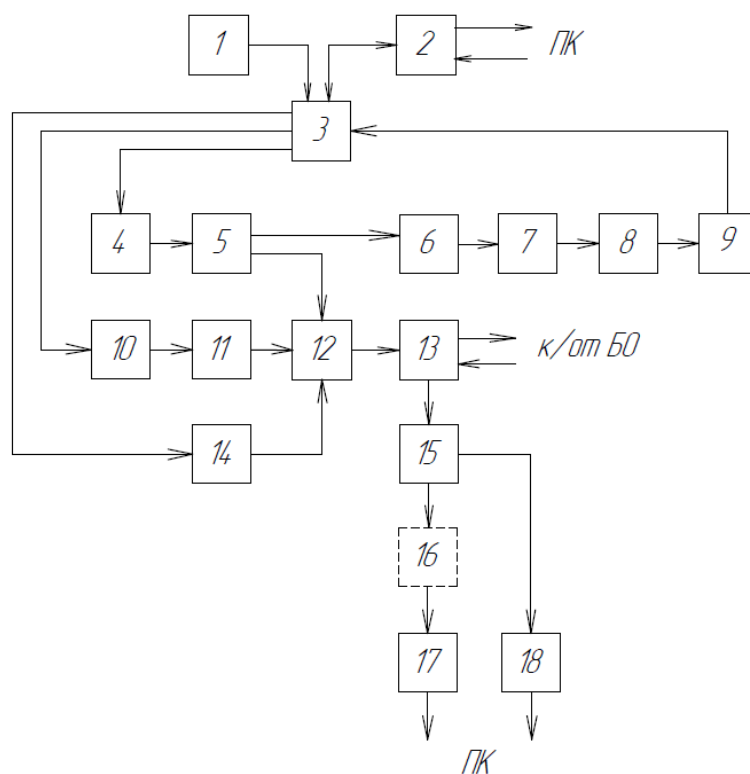


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого устройства:

1 – блок управления и индикации; 2 – интерфейс связи с ПК; 3 – микроконтроллер; 4 – драйвер лазерного источника (450 нм); 5 – лазерный источник (450 нм); 6 – фотодиод; 7 – преобразователь тока в напряжение; 8 – усилитель напряжения; 9 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 10 – драйвер лазерного источника (780 нм); 11 – лазерный источник (780 нм); 12 – оптическое волокно; 13 – лапароскоп; 14 – широкополосный источник излучения; 15 – оптическая система; 16 – светофильтр; 17 – гиперспектральная камера; 18 – КМОП-камера.

Также проведена разработка конструкции корпуса электронного блока устройства, заключающаяся в моделировании конструкции и описании алгоритма сборки.

**Во второй главе** составлена методика контроля технического состояния (КТС) разрабатываемого устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических процессов, а также технологический регламент технического обслуживания разрабатываемого устройства. Также проведено описание метрологических характеристик, определяемых при КТС разрабатываемого устройства, произведен выбор технических средств и определены условия КТС, составлено описание процедуры проведения КТС разрабатываемого устройства и предложена форма протокола КТС.



**В третьей главе** представлены результаты трёх этапов исследований, проведенных с помощью экспериментального макета устройства многопараметрической лапароскопической визуализации, реализующейся посредством оптических методов ЛСКВ, ФВ и ГВ (рисунок 2). Для освещения объекта в канале ЛСКВ использовался лазерный источник излучения 785 нм. Спекл-картина регистрировалась монохромной КМОП-камерой через ахроматическую линзу. Для освещения объекта в каналах ФВ и ГВ были выбраны светодиодный источник 450 нм и широкополосный осветитель соответственно. Для получения изображений ФВ и ГВ использовалась гиперспектральная камера. Также в канале регистрации флуоресценции перед камерой был установлен фильтр на 500 нм, а перед источником излучения – фильтр возбуждения с шириной полосы пропускания 45 нм и центральной длиной волны 445 нм.

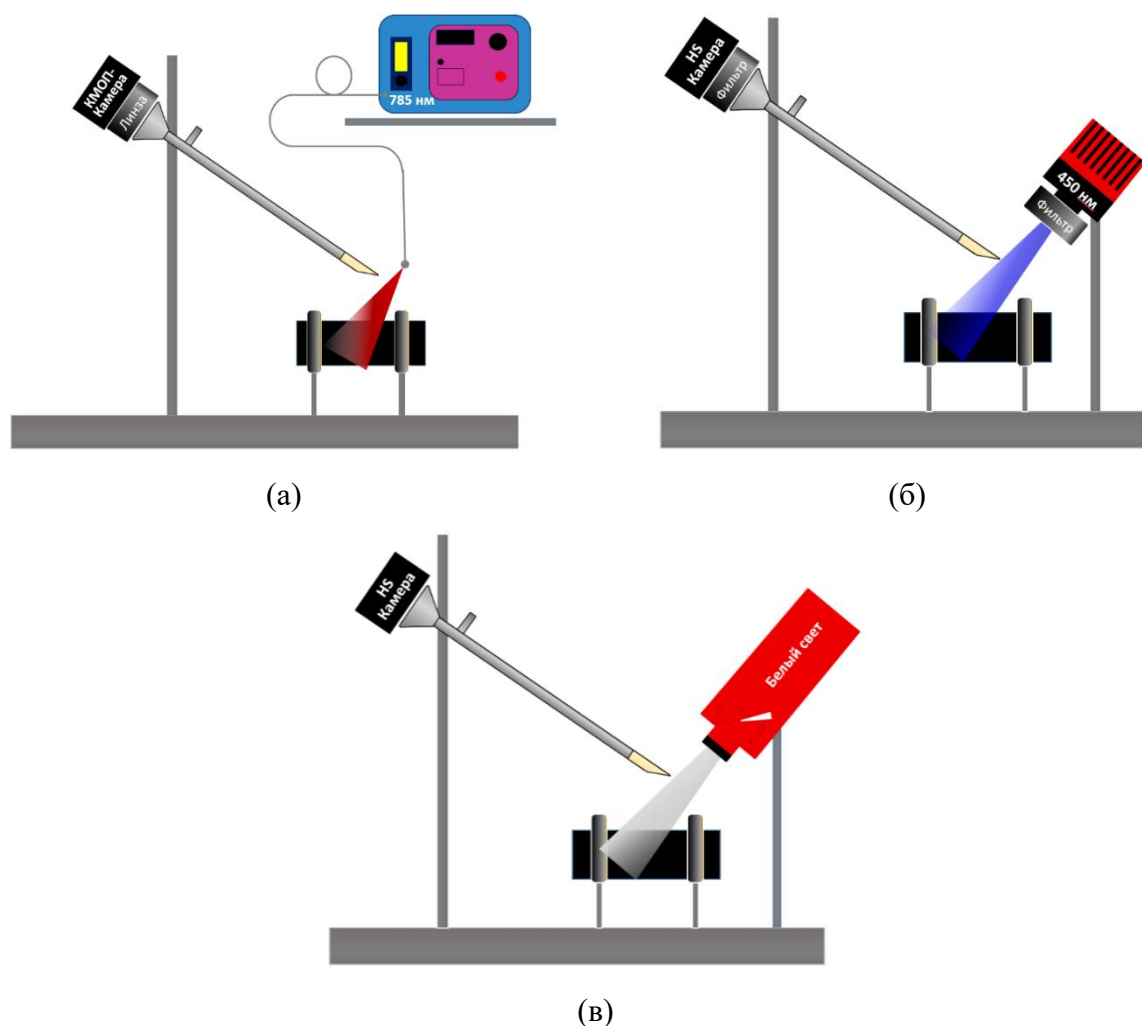


Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной установки: схемы каналов ЛСКВ (а), ФВ (б) и ГВ (в) разработанной лапароскопической мультимодальной системы; HS камера – гиперспектральная камера

На первом этапе происходила апробация каналов лазерной спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализации на специально разработанных фантомах. Для канала ФВ был изготовлен

оригинальный составной фантом на полиакриламидной основе, содержащий четыре области с различными концентрациями флуоресцирующего кофермента флавинадениндуклеотида. Для испытания канала ГВ исследовался капилляр, заполненный раствором интралипида, воспроизводящего рассеивающие свойства, и фуксина в качестве поглотителя. Капилляр исследовался как отдельно, так и с покрытием FAD-содержащим фантомом. В свою очередь для канала ЛСКВ была собрана система из двух стеклянных капилляров, по одному из которых с помощью электронасоса с разной скоростью прокачивался водный раствор интралипида, в то время как другой капилляр был заполнен данным раствором и скорость перемещения жидкости в нём была равна нулю.

Результаты измерений (рисунок 3) демонстрируют ожидаемый отклик системы.

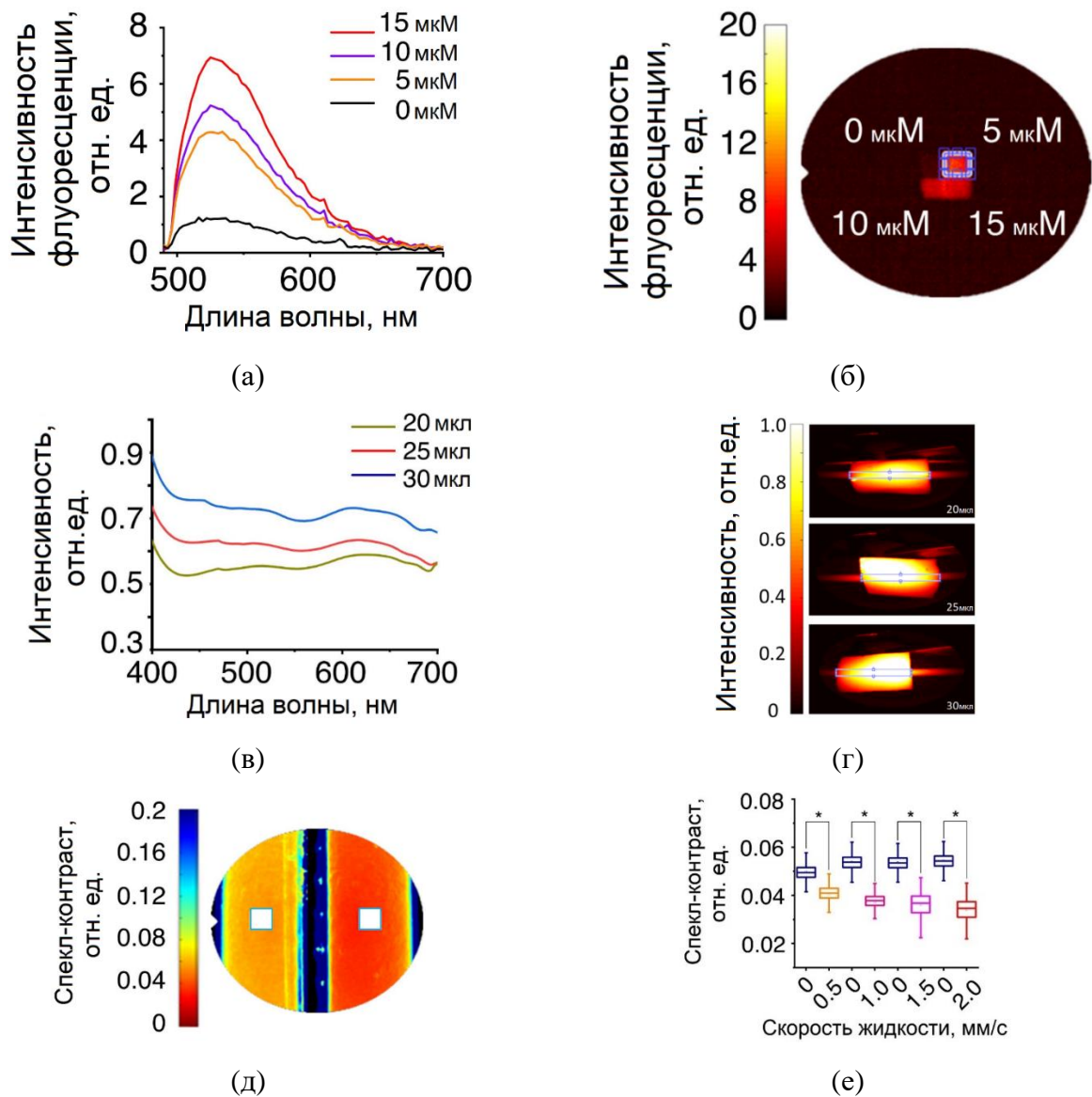


Рисунок 3 – Результаты исследования фантомов методами ФВ (а,б), ГВ (в,г) и ЛСКВ (д,е)

Данные свидетельствуют о чувствительности системы к разной

концентрации флуоресцирующего вещества, разной скорости протекания жидкости и разной концентрации поглотителя фуксина. Возможно регистрировать с помощью системы требуемые параметры в биологическом объекте.

Целью следующего этапа явилось применение оптических методов мультимодальной лапароскопической визуализации для исследования доступного биообъекта (поверхности кожи безымянного пальца правой руки). Безымянный палец подвергнулся окклюзии посредством пережатия эластичной лентой. Это обеспечивало прекращение поступления крови в палец, и соответственно, уменьшение перфузии, снижение уровня оксигенации и кровенаполнения биотканей, таким образом была смоделирована ишемия биологической ткани. В канале ЛСКВ регистрировались 3 записи длиной 10 с для каждого этапа проведения исследования; частота записи изображений камерой составляла 50 кадров в секунду, время экспозиции камеры – 9 мс. В каналах ФВ и ГВ отдельно производилась регистрация гиперспектрального изображения для каждого этапа; время экспозиции камеры в канале ФВ составляло 500 мс, в канале ГВ – 250 мс.

Результаты измерений (рисунок 4) показывают, что установка имеет хорошую чувствительность к снижению уровня кровенаполнения и оксигенации исследуемой области биообъекта.

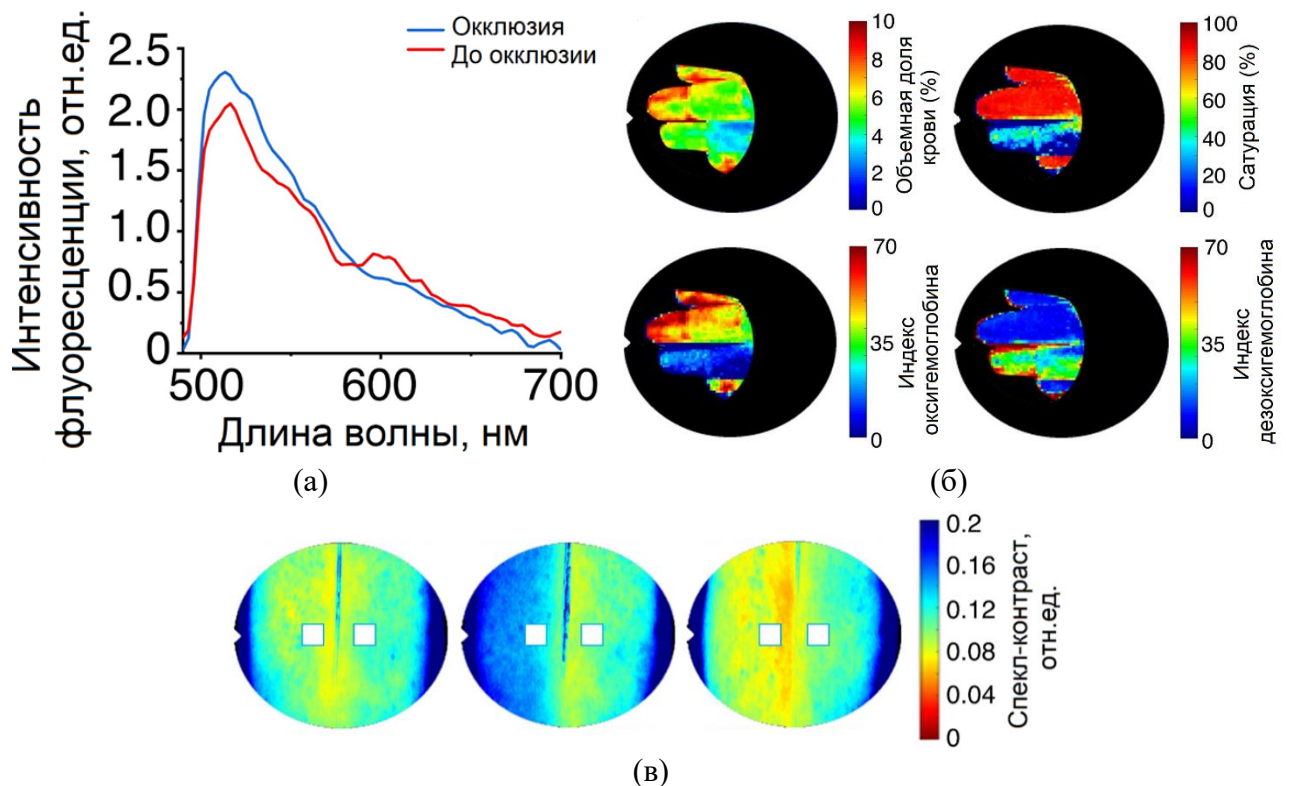


Рисунок 4 – Результаты исследования доступного биологического объекта методами ФВ (а), ГВ (б) и ЛСКВ (в)

На третьем этапе исследования проводилось применение метода ЛСКВ для исследования ишемизации отдела кишечника крысы. Исследования

проводились в соответствии с Принципами надлежащей лабораторной практики (GLP) и были одобрены этическим комитетом ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (протокол заседания №12 от 6.09.2018).

Регистрация данных производилась на этапе спустя 8 часов после перевязки питающих сосудов кишечника животного. Для получения спекл-контрастных изображений регистрировались две записи: первая – длиной 10 секунд, частотой записи изображений 50 кадров в секунду, со временем экспозиции камеры 9 мс; вторая – длиной 15 секунд, частотой записи изображений 30 кадров в секунду, со временем экспозиции камеры 33 мс. Для последующего сопоставления спекл-контрастных изображений с исследуемыми анатомическими структурами также производилась съемка области интереса в белом свете.

По полученным результатам исследований (рисунок 5) отмечается визуальное различие в спекл-картине для ишемизированного и здорового фрагментов кишечника лабораторного животного. Ишемизированная область четко выделяется на фоне здоровой за счет окрашивания изображения в псевдоцвета, где меньшим значениям спекл-контраста (а значит, более интенсивному кровотоку) соответствуют оранжево-красные цвета, а большим значениям спекл-контраста (отсутствию кровотока) – зелено-синие цвета.

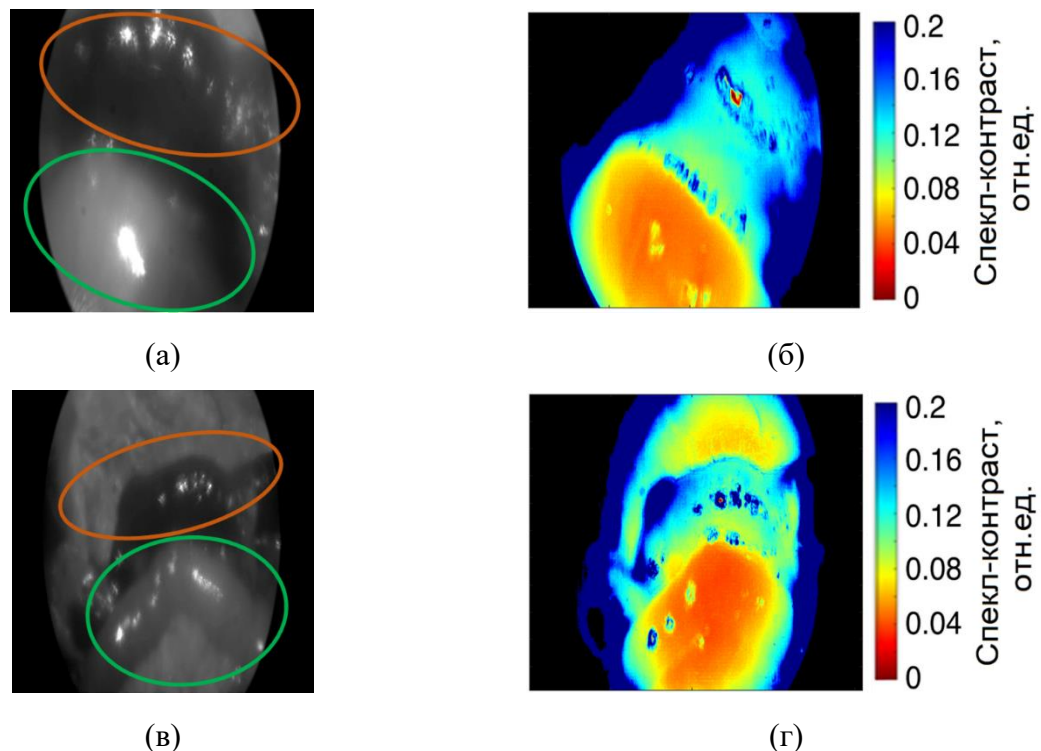


Рисунок 5 – Изображения в белом свете (а,в) и спекл-контрастные изображения (б,г) ишемизированного фрагмента кишечника (оранжевый овал) и здорового фрагмента кишечника (зеленый овал) спустя 8 часов после перевязки питающих сосудов. Снимок (б) получен при значении времени экспозиции 9 мс, снимок (г) – при 33 мс.

Первые преклинические измерения на лабораторном животном подтвердили возможность регистрации ишемии в тканях живого организма, а также позволили получить ценную информацию, которая может быть использована для дальнейшего подбора параметров получения лазерных спекл-контрастных изображений биологической ткани.

Также был синтезирован алгоритм разработанного многопараметрического метода, представленный на рисунке 6.

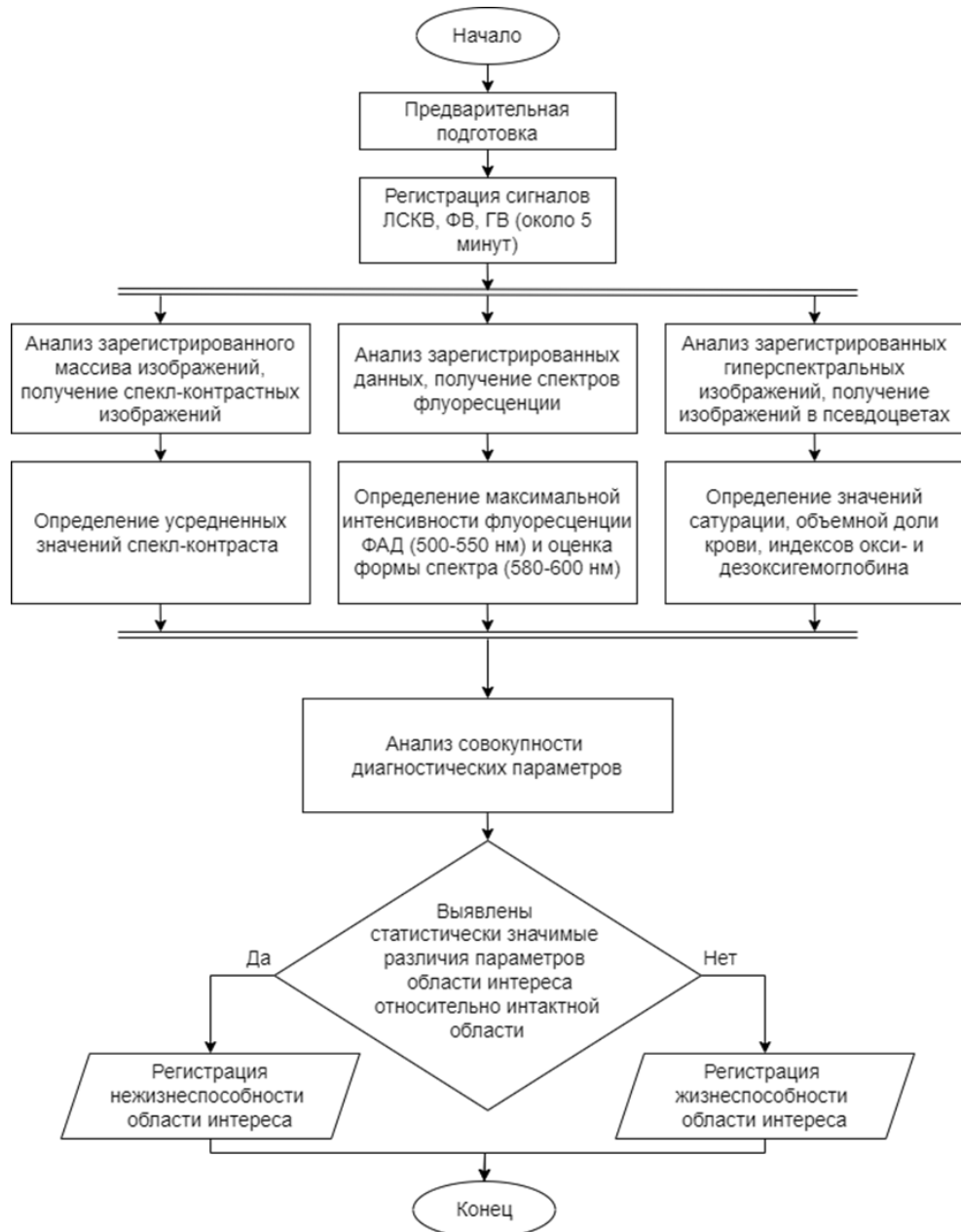


Рисунок 6 – Алгоритм метода

В описании отражены действия, которые реализуются на каждом из этапов алгоритма.

**В заключении** сформулированы основные выводы по результатам работы.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1) анализ актуальности и общего состояния проблемы диагностики нарушений кровообращения в сосудах при минимально инвазивных хирургических вмешательствах позволил выявить недостатки применяемых в настоящее время методов, показал перспективность внедрения технологии оптической многопараметрической визуализации;

2) предложенный принцип получения диагностической информации, основанный на совместном применении методов лазерной спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализаций, получил теоретическое и экспериментальное обоснование и признан перспективным с позиций оценки перфузионно-метаболических изменений биологической ткани при минимально инвазивных хирургических вмешательствах;

3) разработан метод многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений, обеспечивающий объективную диагностику ишемического поражения кишечника;

4) предложен принцип построения устройства многопараметрической лапароскопической визуализации перфузионно-метаболических изменений на основе разработанного метода;

5) разработана оригинальная конструкция корпуса электронного блока разрабатываемого устройства;

6) составлена документация для осуществления постпродажного технического обслуживания разрабатываемого устройства;

7) проведенные предварительные исследования показали различия в параметрах контраста, сатурации и объемной доли крови, индексах окси- и дезоксигемоглобина, а также в форме спектров и интенсивности флуоресценции при постобработке изображений, полученных в каналах лазерной спекл-контрастной, гиперспектральной и флуоресцентной визуализаций.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях**

1 **Голубова, Н.В.** Мультимодальная лапароскопическая система для оценки перфузии и метаболизма биологических тканей / Н.В. Голубова, В.В. Дрёмин, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2022. – №1(351). – С. 139-147.

### **Публикации в научных журналах и изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science Core Collection**

2 **Golubova, N.** Multimodal Laparoscopic System for Biological Tissue Perfusion and Metabolism Assessment / N. Golubova, V. Dremin, E. Potapova, V. Shupletsov, A. Dunaev // *PROCEEDINGS of the 2021 International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EEExPolytech)*, 2021, pp. 241-243.



### Прочие публикации

- 3 **Голубова, Н.В.** Мультимодальная визуализация в задачах лапароскопических исследований / Н.В. Голубова, Д.Д. Ставцев, В.В. Шуплецов, Е.В. Потапова, В.В. Дремин // XVIII Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференция научных работ по оптике и лазерной физике: сборник трудов конференции, (Самара, ноябрь 2020 г.). – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 2020. – С. 249-251.
- 4 **Голубова, Н.В.** Исследование возможностей многоканальной визуализации в системе жёсткой эндоскопии / Н.В. Голубова, В.В. Шуплецов, Д.Д. Ставцев, Е.В. Потапова, В.В. Дремин // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2020 [текст]: сб. тр. XXXIII Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., декабрь 2020 г. / под общ. ред. В.И. Жулева. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2020. – С.131-134.
- 5 **Голубова, Н.В.** Разработка многоканальной оптической визуализации для лапароскопических оперативных вмешательств / Н.В. Голубова, В.В. Шуплецов, Д.Д. Ставцев, Е.В. Потапова, В.В. Дремин // Материалы 10-го Всероссийского конгресса молодых ученых. - (Санкт-Петербург, апрель 2021 г.). - СПб: Университет ИТМО, 2021. Электронная публикация: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/6296>
- 6 **Голубова, Н.В.** Исследование изменения перфузии биотканей с помощью гиперспектральной лапароскопической системы / Н.В. Голубова, Е.В. Потапова, В.В. Дремин // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Тезисы докладов XXX Междунар. науч.-техн. конф., 14–20 сентября 2021 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2021. – С. 49.