

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

На правах рукописи

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на получение степени магистра

Бадалова Эльмурада Долмомосовича

**Изучение конструкции и принципа действия
многофункционального диагностического комплекса**

по специальности 5А310802 «Контрольно-измерительные
приборы и методы»

Руководитель ф.-м.ф.н.

Убайдуллаев С.А.

Ташкент 2013

Содержание

Введение.	
ГЛАВА 1 Многофункциональные медико-диагностические комплексы.	
1.1. Неинвазивная спектрофотометрическая диагностика в медицине.	
1.2. Комплексные функциональные обследования пациентов по выявлению особенностей микрогемодинамики	
1.3. Оптический неинвазивный тканевой оксиметр "Спектротест" »	
1.4. Многофункциональный лазерный диагностический комплекс "ЛАКК-М".	
1.5. Лечебно-диагностический комплекс «Мультиспектр»	
Выводы к главе 1.	
ГЛАВА 2. Многоцветной фототерапевтический аппарат широкого спектра лечебного действия	
2.1. Основные проблемы, возникающие при модуляции светодиодного излучения	
2.2. Особенности конструкции модулятора светодиодного аппарата	
2.3. Особенности конструирования светодиодного аппарата ...	
2.4. Аппаратурная реализация лечебно-диагностического комплекса.	
Выводы к главе 2.	
Заключение.	
Список литературы.	

Введение

В настоящее время за рубежом наблюдается развитие медицинской диагностической техники по этому способу интеграции. Примером таких систем являются российская диагностическая система «Валента» или приборы типа «три в одном» или «четыре в одном».

Известно, что компьютерная техника и программные средства развиваются очень быстрыми темпами, обеспечивая постоянное снижение стоимости при улучшении технических характеристик и возможностей математического обеспечения, что позволяет использовать компьютерные технологии во все более разнообразных сферах, в частности, медицине. Используя компьютерную технику для разработки виртуальных медицинских приборов, можно добиться высокого эффекта, что позволит [1-3]:

- применить компьютерные технологии, которые позволяют повысить уровень информативности медицинских заключений;
- производить комплексное медицинское обследование в рамках одного медицинского учреждения;
- вести разнообразные базы данных, а следовательно, осуществлять быстрый поиск необходимых документов по любому признаку;
- применить элементы экспертных систем, а это позволит снять остроту проблемы ограниченности высококвалифицированного медицинского персонала при массовых медицинских обследованиях на стадиях ранней диагностики;
- использовать в программных продуктах дружественный интерфейс на узбекском, русском и английском языках, что позволит проводить различного вида исследования для широкого круга населения;
- не проводить специального обучения персонала, т.к. организация программного продукта предусматривает широкое использование справочных данных и различного рода подсказок,
- использовать сети вычислительных машин для связи центральных

медицинских учреждений Республики с отдаленными населенными пунктами с и другими регионами и странами для получения высококвалифицированных консультаций и помощи ведущих специалистов в этой области;

- дать толчок развитию науки в нашей Республике за счет обеспечения работы наших ученых и инженеров, качество знаний которых не уступает, а в некоторых случаях и превосходит зарубежных специалистов.

После достижения независимости Республикой Узбекистан особое внимание уделяется вопросам здравоохранения. Остро стоит проблема оснащения медицинских учреждений современной диагностической и лечебной аппаратурой. В связи со слабой развитостью в Республике Узбекистан предприятий, выпускающих современную медицинскую технику, возникает проблема закупки новейшего медицинского оборудования за рубежом.

Следует отметить высокую стоимость таких приборов в связи с их уникальностью, малосерийностью и наукоемкостью. Необходимость закупки диагностических систем связана с тем, что ранняя диагностика заболеваний при массовых профилактических исследованиях позволяет предупредить заболевание. В связи с этим перед разработчиками возникает проблема, которую необходимо решить способами, не приводящими к большим финансовым затратам. Одним из эффективных способов решения данной проблемы является производство многофункциональных медицинских диагностических систем.

При этом в большинстве случаев уменьшаются материальные затраты в производстве и соответственно уменьшается себестоимость изделия. Например, и электрокардиографы, и электроэнцефалографы, и реографы, и миографы производят измерения естественных или наведенных биосигналов, соответственно основу этих приборов составляет многоканальные высокочувствительные усилители. Если учесть что, диапазон частот этих био-сигналов приблизительно одинаков и составляет

~0,01 – 1000 Гц и уровни сигналов регистрации также соизмеримы и составляют 1-1000 мкВ, то получается, что эти приборы можно объединить в одном блоке - блоке измерителя био-сигналов, составляющем основу многофункционального медицинского диагностического комплекса (ММДК).

До получения независимости в Республике Узбекистан не существовало, как такового, разработки и производства медицинского оборудования. В настоящее время можно указать на местном рынке ряд успешных производителей медицинского оборудования, которые нашли свою нишу на рынке Узбекистана, например: МП «Узмедприбор», ЧНПП «Супромед», СП «Альтек-Азия», ЧФ «Медия» и др. Данные предприятия успешно производят и реализуют на местном рынке медицинскую мебель, медицинские изделия, оборудование для косметологии, физиотерапии, хирургии и др. Среди них стоит отметить ЧНПП «Супромед», которое начало производство сложного медицинского оборудования, такого, как электрокардиографы, лазерные аппараты и т.п.

Актуальность темы.

Многообещающим направлением развития приборов неинвазивной медицинской спектрофотометрии является создание многофункциональных (универсальных) лазерных неинвазивных диагностических комплексов (МЛНДК), сочетано реализующих на едином оборудовании разные оптические диагностические методы

Целью настоящей диссертационной работы является изучение конструкции и принципа действия многофункционального диагностического комплекса.

Решаемые задачи.

Для достижения поставленной в данной работе цели решаются следующие задачи:

1. Изучение конструкции многофункционального диагностического комплекса.

2. Изучение принципа действия многофункционального диагностического комплекса.

Научная новизна.

1. Разработаны принципы построения многоцветного фототерапевтического аппарата широкого спектра лечебного действия, обеспечивающего возможность проведения светодиодного облучения по методикам фототерапии и фоторефлексотерапии.
2. Многоцветность и широкий терапевтический спектр аппарата обеспечены техническими решениями авторов: применением трехцветных RGB-светодиодов, генерирующих красный, зеленый, синий цвета, и модулятора светодиодного излучения, генерирующего пространственно-модулированное светодиодное излучение, обладающее новыми биотропными характеристиками.

Практическая значимость.

Предложен вариант **лечебно-диагностического комплекса**, включающего фототерапевтический **аппарат**, для реализации принципа обратной связи с пациентом.

В первой главе приводится описание многофункциональных медико-диагностических комплексов, основанных на принципах неинвазивной спектрофотометрической диагностики в медицине. Подробно рассматривается оптический неинвазивный тканевой оксиметр "Спектротест" и многофункциональный лазерный диагностический комплекс "ЛАКК-М", а также лечебно-диагностический комплекс «Мультиспектр»

Во второй главе рассматривается многоцветной фототерапевтический аппарат широкого спектра лечебного действия, особое внимание уделяется возникающему при модуляции светодиодного излучения. Дается описание особенностей конструкции модулятора светодиодного аппарата, и аппаратурной реализации лечебно-диагностического комплекса.

Объем и структура работы. Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения, изложена на _____

страницах машинописного текста, содержит ____ рисунков. Список литературы содержит _____ публикаций.

Публикации. По материалам магистерской диссертации опубликована 1 печатная работа;

ГЛАВА 1. Многофункциональные медико-диагностические комплексы

1.1. Неинвазивная спектрофотометрическая диагностика в медицине

Результаты фундаментальных научных исследований по изучению эффективности и информативности разных методов оптической и лазерной неинвазивной медицинской диагностики в реальной клинической практике, показали [4], что наиболее многообещающим направлением развития приборов неинвазивной медицинской спектрофотометрии является создание многофункциональных (универсальных) лазерных неинвазивных диагностических комплексов (МЛНДК), сочетано реализующих на едином оборудовании разные оптические диагностические методы – флюоресцентную диагностику, абсорбционную спектроскопию, лазерную доплеровскую флоуметрию и т.д. Это позволяет врачам не просто получать арифметическую сумму диагностической информации, которую можно было бы собрать каждым отдельным методом, а проводить достаточно многоплановые, функциональные обследования пациента, направленные на выявление тонких индивидуальных особенностей в кровоснабжении и метаболизме мягких тканей человека с использованием одновременных и совокупных диагностических данных по разным диагностическим методикам и каналам.

Первый в мире пилотный образец (макет) такого класса диагностического оборудования, получивший впоследствии название комплекса "ЛАЗДИКОМ", был разработан в 2000-2003г. в кооперации МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского, ФГУП НИИ "ПОЛЮС" и МГИЭМ в рамках международного проекта МНТЦ №1001, в котором специалисты лаборатории осуществляли основное научное сопровождение всех проводимых работ и выполняли часть исследований экспериментально-клинического плана. Международным коллаборатором проекта выступила французская фирма "CILAS", которая подтвердила международный научный

приоритет нашей кооперации в этом направлении и провела маркетинговые исследования, показавшие реальные перспективы реализации данного диагностического оборудования на европейском рынке медицинской техники.

Разработанный в рамках указанного проекта многофункциональный диагностический комплекс "ЛАЗДИКОМ" (рис.1.1) был предназначен для реализации сочетано 6 различных оптических неинвазивных диагностических методов с использованием в качестве источников излучения встроенных 12 лазеров в диапазоне длин волн излучения 350-1550 нм.

Комплекс позволяет врачу в условиях клиники одновременно реализовывать:

- флюоресцентную диагностику по эндогенной и экзогенной флюоресценции,
- лазерную доплеровскую флоуметрию,
- пульсоксиметрию,
- фотоплетизмографию,
- биоспектрофотометрию,

а также инфракрасную поверхностную оптическую термометрию.

При этом в качестве датчика и устройства доставки излучения к биоткани и обратно в диагностическом комплексе "ЛАЗДИКОМ" используется для всех указанных выше диагностических методов (кроме тепловизионного) единое оптическое волокно (оптоволоконный жгут). Использование оптического волокна позволило легко проводить не только поверхностные обследования пациента (кожа), но и осуществлять любые внутриполостные диагностические исследования - обследовать полость рта (рис.1.2), желудочно-кишечный тракт (через эндоскоп), проводить процедуры "лазерной" бронхоскопии, колоноскопии и т.п.

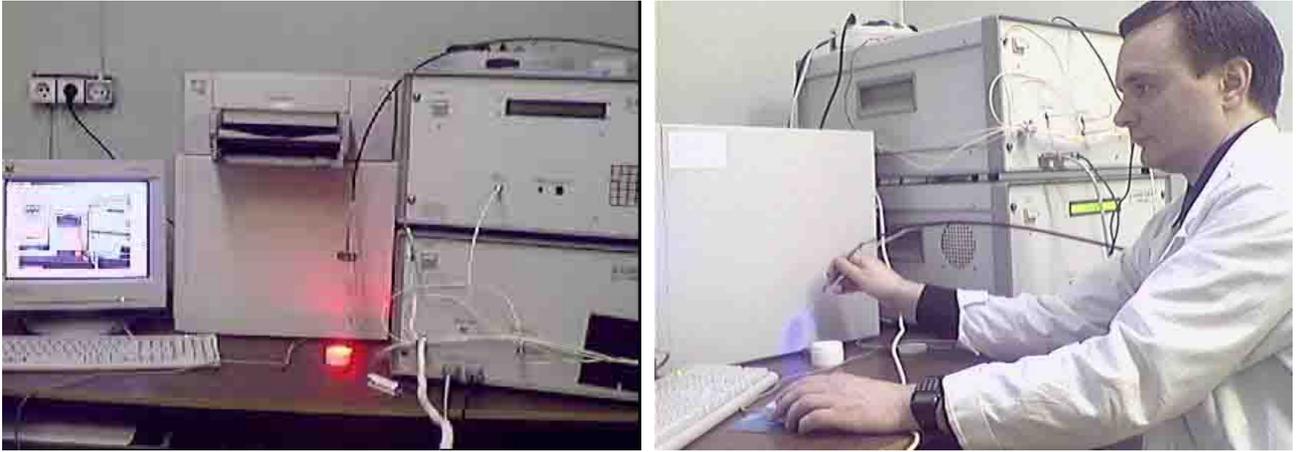


Рис. 1.1. Внешний вид пилотного образца диагностического комплекса "ЛАЗДИКОМ"

Работой всего комплекса управляет центральный компьютер. Программное обеспечение комплекса реализует все вычислительные алгоритмы и позволяет врачу наблюдать на экране монитора компьютера необходимые медико-биологические данные в реальном времени.

Основные измеряемые медико-биологические параметры:

В перспективе комплекс "ЛАЗДИКОМ" предназначен для неинвазивного определения в реальном масштабе времени набора статических и динамических параметров, характеризующих прижизненные биохимические и биофизические процессы в обследуемых участках мягких тканей пациента:

1. Динамические:

- средняя скорость капиллярного кровотока;
- частотные ритмы вазомоторных флуксуаций сосудов;
- фотоплетизмографические индексы.

2. Статические:

Прижизненное среднее относительное содержание в зоне обследования таких важнейших биохимических компонент мягких биологических тканей и крови как: гемоглобин, оксигемоглобин, карбоксигемоглобин, метгемоглобин, билирубин, вода, меланин, порфирин, липофусцин, флавиновые и пиридиннуклеотидовые ферменты, коллаген.

Основные области применения в медицине:

- Онкология и радиология: диагностика злокачественных перерождений, оценка кислородного статуса опухолей;
- Ангиология: объективизация микроциркуляции крови в тканях, оценка работы шунтов и капилляров;
- Эндоскопия: оценка и объективизация стадий эрозивно-язвенных и опухолевых процессов;
- Эндокринология: оценка степени тяжести трофических нарушений в конечностях при сахарном диабете;
- Профпатология: оценка сосудистых и трофических нарушений при вибрационной болезни и бронхо-легочных патологиях;



Рис. 1.2. Исследование дна полости рта

- Хирургия: выбор места забора (формирования) трансплантата, определение степени его жизнеспособности и приживляемости [4, 5].

Комплекс "ЛАЗДИКОМ" получил свое дальнейшее продолжение в виде разработки и создания опытного образца нового, более дешевого, более компактного и мощного (по сравнению с первым пилотным образцом комплекса) варианта диагностического комплекса. Новый вариант диагностического комплекса - комплекс "ЛАКК-М" (рис.1.3) – на основе методов лазерной доплеровской флоуметрии, лазерной флюоресцентной диагностики и неинвазивной оптической тканевой оксиметрии охватывает сегодня все наиболее перспективные области применения методов современной неинвазивной спектrophотометрии в практическом здравоохранении.

1.2. Комплексные функциональные обследования пациентов по выявлению особенностей микрогемодинамики

Новые технические решения и более развитое программное обеспечение позволяют проводить непосредственно в кабинете врача любой специализации комплексные *in vivo* (*in situ*) функциональные обследования пациентов, направленные на выявление тонких индивидуальных особенностей микрогемодинамики, нарушений метаболизма кислорода в системе микроциркуляции крови и динамики относительной концентрации окислительно-восстановительных ферментов (никотинамидов, флавопротеинов, липофусцина, порфирина) в обследуемом участке биоткани. Оптический зонд (оптоволоконный жгут) комплекса, используемый в качестве диагностического датчика, также приспособлен для работы через инструментальный канал эндоскопов, цистоскопов, бронхоскопов и т.п.

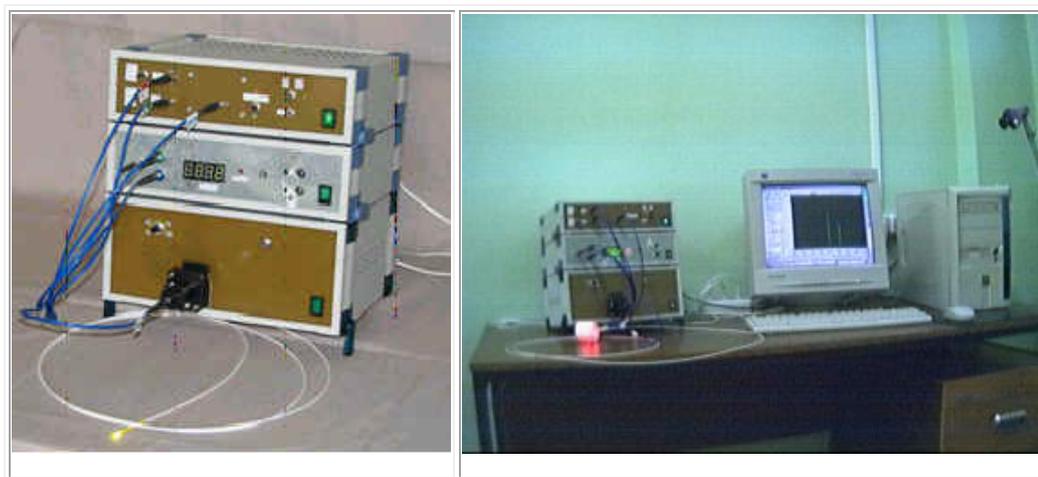


Рис. 1.3. Внешний вид макета лазерного
диагностического комплекса "ЛАКК-М"

Определяемые и вычисляемые медико-биологические параметры:

- индекс перфузии тканей кровью (M) в системе микроциркуляции как функция времени;
- функциональная сатурация оксигемоглобина в смешанной крови микроциркуляторного русла (SO_2) как функция времени;
- относительный объем всех фракций гемоглобина (крови) в тестируемом объеме биоткани (V_T) как функция времени;
- индекс перфузионной сатурации кислорода в крови (SO_{2m}) как функция времени;
- параметр удельного потребления кислорода в тканях (U) как функция времени;
- частотные ритмы регуляции параметров микрогемодинамики (миогенный ритм, нейрогенный, эндотелиальный и др.) при выполнении базового функционального теста;
- функциональные резервы в системе микроциркуляции крови и тип микроциркуляции крови в тканях пациента (нормоциркуляторный, гиперемический, ангиоспастический и т.п.) при выполнении нагрузочных функциональных тестов с окклюзией;
- коэффициенты флюоресцентной контрастности биотканей в синем зеленом и красном спектральном диапазоне длин волн, характеризующие относительную концентрацию в тканях различных окислительно-восстановительных ферментов.

Опытные образцы приборов данного класса под торговой маркой "Диагностический комплекс "ЛАКК-М"" освоены к серийному производству на производственных площадях ООО НПП "ЛАЗМА" в технопарке "Строгино" (г. Москва). Комплекс выпускается с внешним дизайном, показанным на рис. 1.4. Дополнительно в состав комплекса включен стандартный канал пульсоксиметра [6, 7].

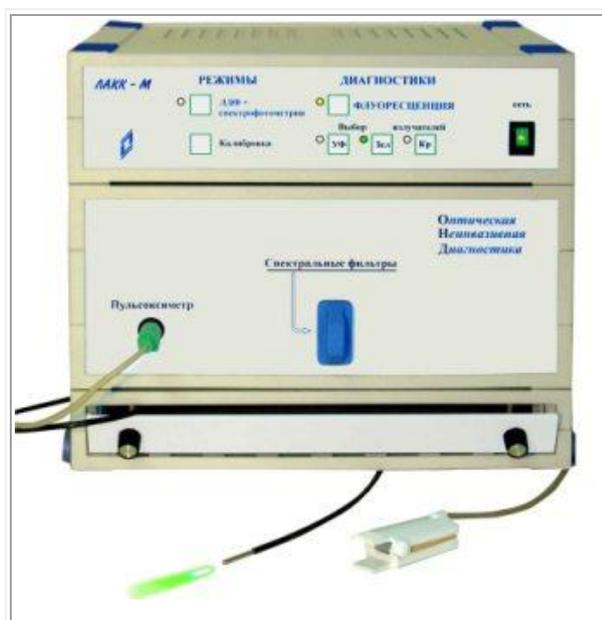


Рис. 1.4. Внешний вид и дизайн диагностического комплекса "ЛАКК-М"

1.3. Оптический неинвазивный тканевой оксиметр "Спектротест"

Оптический тканевой оксиметр "Спектротест" [8] предназначен для функциональных *in vivo* исследований системы микроциркуляции крови и транспорта кислорода в системе микроциркуляции крови в коже испытуемого в реальном масштабе времени. Принцип действия прибора основан на использовании методов абсорбционной спектроскопии светорассеивающих сред, позволяющих косвенным образом через оценку оптико-физических свойств среды распространения излучения получать информацию о содержании в зоне обследования тех или иных ее биохимических составляющих при наличии у последних в индивидуальных спектрах поглощения (рассеяния) характерных областей, позволяющих идентифицировать эти вещества на фоне других сторонних элементов среды.

Для получения диагностической информации при работе прибора «Спектротест» обследуемая ткань освещается низкоинтенсивным оптическим излучением видимого и ближнего инфракрасного диапазона длин волн, а специальный фотоприемник измерительной головки прибора регистрирует вышедшее из ткани обратно рассеянное излучение. В ходе вычислений по зарегистрированной оптической плотности среды в разных спектральных диапазонах длин волн оценивается вклад в полезный оптический сигнал от наполняющей ткань крови. При этом общая глубина зондирования ткани для разных типов ткани составляет порядка 3-5 мм, т.е. в зону обследования попадают мелкие артерии, венулы, артериолы, артериовенозные шунты, а также сеть пронизывающих ткань капилляров. С целью упрощения терминологии кровенаполнение всех этих звеньев микроциркуляторного русла в технической документации на прибор условно названо капиллярным кровенаполнением.

Основной измеряемой прибором величиной является:
- относительный индекс уровня объемного капиллярного кровенаполнения мягких биологических тканей (V_b).

Дополнительными регистрируемыми и индицируемыми прибором параметрами являются:

- средний относительный уровень сатурации оксигемоглобина в смешанной крови микроциркуляторного русла (тканевая SO_2 или StO_2);
- относительный индекс меланиновой пигментации поверхностных слоев обследуемой биологической ткани (Me).

Вклад капиллярного кровенаполнения в суммарный оптический сигнал от биоткани в общем случае зависит как от собственно объема циркулирующей в зоне обследования крови, так и от степени раскрытия капилляров, особенно приповерхностных. Поэтому индицируемый прибором индекс Vb является своеобразным интегральным параметром, характеризующим оба эти процесса. Регистрация и вычисление средней StO_2 осуществляется на основе разницы в оптических свойствах оксигенированных и де-оксигенированных фракций гемоглобина. При этом прибор при работе воспринимает информацию со всех указанных выше сосудистых звеньев микроциркуляторного русла, поэтому регистрируемый показатель тканевой сатурации StO_2 является также интегральным параметром, характеризующим среднее относительное содержание HbO_2 в микроциркуляторном звене, усредненное по всему капиллярному и артерио-венозному руслу, попадающему в зону обследования.

Однако, поскольку, венозной крови в среднем в объеме обследования содержится в 4-6 раз больше артериальной, показатель тканевой сатурации ближе к значению венозной сатурации крови SvO_2 , что позволяет на его основе, зная артериальную сатурацию SaO_2 (или, например, пульсовую SpO_2), приблизительно оценивать потребление кислорода клетками ткани.

Система обработки данных прибора использует метод аналитического решения обратной задачи оптики светорассеивающих сред и позволяет сразу после позиционирования датчика на теле пациента в реальном масштабе времени получать на экране монитора полный диагностический результат.



Рис.1.5. Оптический тканевой оксиметр "Спектротест"

В отличие от непрямых аналогов этого прибора – пульсоксиметров – параметры объемного капиллярного кровенаполнения и оксигенации периферической крови регистрируются прибором «Спектротест» без привязки к регистрации пульсовых волн, т.е. возможны любые измерения в условиях стаза сосудов и застоя крови.

1.4. Многофункциональный лазерный диагностический комплекс "ЛАКК-М"

Многофункциональный лазерный неинвазивный диагностический комплекс (МЛНДК) "ЛАКК-М", созданный совместно с ООО "НПП "ЛАЗМА"", функционирует на основе сочетанного применения методов лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), лазерной флуоресцентной диагностики (ЛФД), оптической пульсоксиметрии (ОП) и оптической тканевой оксиметрии (ОТО) (рис.1.6). Он охватывает сегодня все наиболее перспективные области применения методов современной НМС в медицине. Новые технические решения, оптико-волоконный зонд и более развитое программное обеспечение позволяют проводить непосредственно в кабинете врача любой специализации комплексные *in vivo* (*in situ*) функциональные обследования пациентов, направленные на выявление тонких индивидуальных особенностей микрогемодинамики, нарушений метаболизма кислорода в системе микроциркуляции крови и динамики относительной концентрации ряда белков и окислительно-восстановительных ферментов (коллагена, никотинамидов, флавопротеинов, липофусцина, порфирина) в обследуемом участке биоткани. Оптический зонд (оптоволоконный жгут) комплекса, используемый в качестве диагностического датчика, также приспособлен для работы через инструментальный канал эндоскопов, цистоскопов, бронхоскопов и т.п.



Рис.1.6. Многофункциональный лазерный диагностический комплекс "ЛАКК-М"

Основные определяемые и вычисляемые медико-биологические параметры:

- индекс перфузии тканей кровью (I_m) в системе микроциркуляции как функция времени;

- функциональная пульсовая сатурация оксигемоглобина в артериальной крови микроциркуляторного русла (SpO_2) как функция времени;

- функциональная тканевая сатурация оксигемоглобина в смешанной крови микроциркуляторного русла (StO_2) как функция времени;

- относительный объем всех фракций гемоглобина (объем крови) в тестируемом объеме биоткани (V_b) как функция времени;

- индекс перфузионной сатурации кислорода в крови (StO_{2m}) как функция времени;

- параметр удельного потребления кислорода в тканях (U) как функция времени;

- частотные ритмы регуляции параметров микрогемодинамики (миогенный ритм, нейрогенный, эндотелиальный и др.) при выполнении базового функционального теста;

- функциональные резервы в системе микроциркуляции крови и тип микроциркуляции крови в тканях пациента (нормоциркуляторный, гиперемический, ангиоспастический) при выполнении нагрузочных функциональных тестов с артериальной окклюзией;

- коэффициенты флюоресцентной контрастности биотканей (транскутановые индексы тканевого содержания вещества) при возбуждении флюоресценции в ультрафиолетовом (365 нм), зеленом (532 нм) и красном (635 нм) диапазонах длин волн, характеризующие относительные уровни накопления в тканях различных белков и окислительно-восстановительных ферментов клеток ткани (коллаген, эластин, NADH, флавопротеины, липофусцин, порфирины и др.) [9, 10].

Основные области применения в медицине:

- Онкология и радиология: диагностика злокачественных перерождений,

оценка кислородного статуса опухолей;

- Ангиология: объективизация микроциркуляции крови в тканях, оценка работы шунтов и капилляров;

- Эндоскопия: оценка и объективизация стадий эрозивно-язвенных и опухолевых процессов;

- Эндокринология: оценка степени тяжести трофических нарушений в конечностях при сахарном диабете;

- Профпатология: оценка сосудистых и трофических нарушений при вибрационной болезни и бронхо-легочных патологиях;

- Хирургия: выбор места забора (формирования) трансплантата, определение степени его жизнеспособности и приживляемости;

- Хирургия: определение типа ткани при микрохирургических операциях со стволовыми клетками.

1.5. Лечебно-диагностический комплекс «Мультиспектр»

«Мультиспектр» представляет собой многофункциональный профессиональный лечебно-диагностический комплекс высшего уровня, разработанный и адаптированный для спортивной, восстановительной медицины и фитнеса. Комплекс активно используется спортивными организациями для проведения функциональных тестов в спортивной медицине и спортивной диагностики. Наличие физиотерапевтического модуля позволяет применять его и в такой области спортивной медицины как реабилитация спортсменов после травмы или восстановление после напряженных тренировок и соревнований.

Лечебно-диагностический комплекс восстановительной медицины оснащен специальным программным обеспечением и является автоматизированным рабочим местом врача. Это медицинское диагностическое оборудование, использование которого позволяет:

проводить диагностические исследования;

осуществлять физиотерапевтическое и барометрическое лечение;
поэтапно анализировать эффективность лечения;
формировать итоговые заключения по результатам проведенных
лечебных и диагностических процедур;
составлять отчеты, распечатывать полученные результаты или
отправлять по каналам электронной связи.

Цифровые технологии позволили сделать приборы сверхкомпактными, при этом качество диагностической информации и лечебного воздействия на порядок выше, чем у привычных аналоговых систем. Этот портативный компьютерно-диагностический комплекс спортивной медицины можно свободно перевозить и пользоваться ими на соревнованиях и сборах, что обеспечивает непрерывность диагностического и лечебно-восстановительного процесса. Медицинское диагностическое оборудование не требует подключения к электрической сети, поэтому возможна работа в полевых условиях с помощью переносного компьютера.

Комплекс состоит из диагностического и лечебного блоков, блоки - из функциональных модулей. Модульность профессионального лечебно-диагностического комплекса спортивной и восстановительной медицины предоставляет широкие возможности по комплектации: от оборудования автоматизированного рабочего места врача до оснащения отделений функциональной диагностики и физиотерапевтических кабинетов врачебно-спортивных диспансеров и лечебно-профилактических учреждений.

Вся линия приборов имеет общие принципы работы и однотипное программное обеспечение - освоив один из приборов, легко обучиться работе на остальных.

Медицина и спорт тесно связаны между собой: высокие нагрузки предполагают постоянный контроль состояния спортсмена, а также необходимость реабилитации после таких нагрузок. Использование комплекса «Мультиспектр» в качестве оборудования для спортивной медицины и спортивной диагностики доказало его эффективность для

реабилитации спортсменов, поскольку он дает возможность использовать его как для определения существующих проблем в функциональном состоянии спортсмена, так и решения их средствами комплекса. Так, комплекс дает возможность проводить необходимые для спортивной медицины функциональные тесты, включая комплексную оценку состояния спортсмена, и отдельные тесты, такие как оценка ЭКГ, исследование кровообращения, легочной вентиляции.

После проведения спортивной диагностики, можно переходить к программе реабилитации средствами лечебного блока комплекса «Мультиспектр». Физиотерапевтическое оборудование лечебного блока активно использовалось спортивной медициной для реабилитации спортсменов российской сборной в период проведения Олимпийских игр в Афинах, Турине, Пекине.

Выводы к главе 1

1. Рассмотрены некоторые виды многофункциональных медико-диагностических комплексов, основанные на неинвазивной спектрофотометрической диагностике.

2. Установлено, что результаты фундаментальных научных исследований по изучению эффективности и информативности разных методов оптической и лазерной неинвазивной медицинской диагностики в реальной клинической практике, показали, что наиболее многообещающим направлением развития приборов неинвазивной медицинской спектрофотометрии является создание многофункциональных (универсальных) лазерных неинвазивных диагностических комплексов (МЛНДК), сочетано реализующих на едином оборудовании разные оптические диагностические методы – флуоресцентную диагностику, абсорбционную спектроскопию, лазерную доплеровскую флоуметрию и т.д.

3. Показано явное преимущество данного класса аппаратуры, поскольку

врачам не просто получают арифметическую сумму диагностической информации, которую можно было бы собрать каждым отдельным методом, а проводить достаточно многоплановые, функциональные обследования пациента, направленные на выявление тонких индивидуальных особенностей в кровоснабжении и метаболизме мягких тканей человека с использованием одновременных и совокупных диагностических данных по разным диагностическим методикам и каналам.

ГЛАВА 2. Многоцветной фототерапевтический аппарат широкого спектра лечебного действия

В современной фототерапевтической практике наряду с лазерной терапией все чаще используются методы лечения с использованием некогерентных источников излучения, среди которых перспективным является применение излучающих светодиодов. Теоретическим обоснованием возможности замены излучения лазеров на излучение светодиодов явились работы [1-3] отечественных и зарубежных исследователей, где показана схожесть эффектов данных видов фотовоздействия на человеческий организм.

Практическим обоснованием для использования светодиодов для терапии различных патологических состояний стал прорыв в производстве нитридных многокомпонентных гетероструктур и приборов на их основе. Это позволило решить и проблему низкого светового выхода, ограниченного диапазона цветов, что ранее препятствовало применению светодиодов для хромотерапии.

При разработке светодиодных терапевтических аппаратов основной проблемой является выбор вида светодиода для получения наибольшего терапевтического эффекта. Можно выделить несколько видов излучающих светодиодов: моргающие светодиоды, содержащие интегрированный кругооборот мультивибратора внутри, который заставляет светодиод вспыхивать с типичным периодом одной секунды; цветные мигающие светодиоды, состоящие из двух работающих навстречу светодиодов (электрический ток в одном направлении производит один цвет, ток в противоположном направлении производит другой цвет); трехцветные светодиоды (два светодиода в одном, имеющие общий анод или катод). В свою очередь среди трехцветных выделяют ЯОБ-светодиоды, содержащие красный, зеленый и синий эмитенты. При соответствующем управлении ЯОБ-светодиодом биологический объект можно облучать как красным,

зеленым, синим лучами, обладающими наиболее выраженными биотропными свойствами, так и, при необходимости, лучами нескольких цветов, используя их смешивание.

Для повышения эффективности фототерапии необходимо генерировать светодиодное излучение с более выраженными биотропными параметрами. Кроме того, от качества и надежности модулятора излучения очень сильно зависят стабильность и долговечность работы фототерапевтического аппарата. Поэтому первоочередной задачей при разработке аппаратуры для светотерапии является поиск нового вида модуляции светодиодного облучения, разработка оптимальной конструкции модулятора излучения и блока управления цветовым спектром, разработка системы обратной связи с пациентом, оптимальный выбор точек и зон приложения лучей при различных заболеваниях.

Целью нашего исследования является рассмотрение проблем, возникающих при разработке и построении фототерапевтических аппаратов на основе ЯОБ-светодиодов, путей решения этих проблем и нахождения оптимальной конструкции модулятора излучения, блока управления цветовым спектром светодиодного аппарата и подключение аппарата к диагностической системе.

2.1. Основные проблемы, возникающие при модуляции светодиодного излучения

Модуляция излучения - это процесс изменения во времени мощности излучения (амплитудная модуляция), частоты (частотная) или фазы (фазовая). На практике используется только амплитудная модуляция. При этом режиме средняя мощность излучения меньше максимальной. В традиционных аппаратах частота модуляции излучения меняется обычно переключателем на панели блока управления и визуализируется цифровым индикатором. В некоторых случаях дискретный переключатель фиксируется

в нужном положении с конкретным значением и размерностью параметра. Возможно управление длительностью импульсов в миллисекундах или микросекундах для модулированного режима.

При разработке узлов аппаратуры, обеспечивающих получение модулированного излучения в видимом диапазоне спектра, необходимо учитывать ряд особенностей, касающихся как особенностей функционирования организма при заболевании, так и характера взаимодействия излучения с биологическими тканями. В настоящее время многие производители фототерапевтической аппаратуры выпускают установки с неоправданно высокой выходной мощностью излучения, недостаточно подтвержденной экспериментально, хотя многими исследователями показано преимущество в эффективности модулированного излучения перед непрерывным [1, 4].

Следующая проблема касается частотной модуляции излучения. Предпосылкой для этого послужил тот факт, что модуляции луча определенной частоты лучше усваиваются теми или иными тканями организма. Поэтому подбор необходимых частот при светодиодной терапии является важным компонентом в лечебном процессе. Однако до сих пор еще не найдены оптимальные частоты модуляции при той или иной патологии организма. Часто предлагаемые режимы модуляции при ряде заболеваний экспериментально до конца не обоснованы.

Среди физических факторов воздействия давление света является одним из эффективных [1-3, 5]. Разработанный нами метод модуляции света базируется на усилении его пондеромоторного действия и реализуется при пространственном изменении плотности потока мощности излучения.

2.2. Особенности конструкции модулятора светодиодного аппарата

Модулятор светодиодного излучения должен обеспечивать: стабильные частоты пространственной модуляции излучения; варьирование частотного

диапазона; оперативное управление величинами и диапазоном колебаний плотности падающей мощности излучения на объекте облучения.

В результате изучения литературы и существующих модуляторов излучения и сканирующих устройств авторы пришли к выводу, что для генерации пространственно модулированного луча наилучшим является модулятор лазерного излучения гинекологического аппарата «АГИН-01» (регистрационное удостоверение Росздравнадзора № ФСР 2009/04330), разработанного по патентам на изобретения и полезные модели профессора В. Н. Баранова [4, 6]. В аппарате «АГИН-01» световолокна, передающие излучение лазеров, под действием электродвигателя через сложную систему шестерен и направляющих стержней модулятора [4], совершают поступательные перемещения относительно объекта облучения. Перемещения световолокон происходят с частотой 1-3 Гц. Такое решение оказывается не очень удовлетворительным по следующим причинам: недостаточная частота модуляций; повышенный шум и вибрация при работе аппарата на частотах более 3 Гц; ненадежная фиксация световолокна в области направляющих стержней.

Принимая во внимание эти недостатки, мы по согласованию с производителем аппарата «АГИН-01» световолокна прикрепили подвижно к периферии диска, который приводится в движение электродвигателем без использования шестерен. Диск при вращении перемещает световолокна в возвратно-поступательном направлении и не создает шума.

В результате модификации «АГИН-01» позволил получить частоты модуляции от 0,5 до 10,0 Гц. Расширившийся функциональный диапазон «АГИН-01» и высокая клиническая эффективность способствовали его распространению в клинических учреждениях г. Тюмени [4].

Следующим важным аспектом явилась разработка модулятора к светодиодному аппарату. В данном аппарате диск был закреплен непосредственно на оси электродвигателя, а на дистальном конце толкателя помещен ЯДВ-светодиод типа АКБ-5213ЯОБС/4С. В данном модуляторе, так

же как в «АГИН-01», используется механическое возвратно-поступательное перемещение излучателя. Такой подход открывает следующие возможности: регулирование диапазона перемещения светодиода относительно биологического объекта; обеспечение высокой частоты модуляции излучения, так как источник излучения не связан с корпусом световолокном, связь между ними осуществляется только посредством тонкого сетевого провода; оптимального варьирования плотности падающей мощности излучения и спектра излучения светодиодов.

2.3. Особенности конструирования светодиодного аппарата

Сущность нового конструктивного решения светодиодного аппарата, обеспечивающего возможность воздействия на очаги поражения пространственно модулированным светодиодным излучением с длинами волн 0,62- 0,64; 0,52-0,53; 0,46-0,47 мкм, поясняет рис. 2.1.

Как следует из рис. 2.1, аппарат состоит из трех основных частей: корпуса, в котором размещены электронный блок и светодиодный излучатель; одноразовой насадки; источника постоянного тока.

Светодиод (СД) генерирует оптическое излучение с длинами волн в диапазоне 0,4-0,6 мкм, которое воздействует на биологический объект (рис. 2.2). Поддержание определенного спектра излучения обеспечивается блоком управления цветовым спектром (БУЦС). В качестве блока питания (БП) применяется источник постоянного тока (9 В, 300 мА). Плата стабилизатора напряжения (ПСН) позволяет мотору аппарата формировать соответствующие клинической ситуации режимы пространственной модуляции светодиодного излучения.

Излучатель состоит из одного ЯОБ-светодиода. Светодиод устанавливается на дистальном конце толкателя, который, в свою очередь, проксимальным концом на шарнире подвижно закреплен на периферии плоского диска, совершающего вращение вокруг своей вертикальной оси с

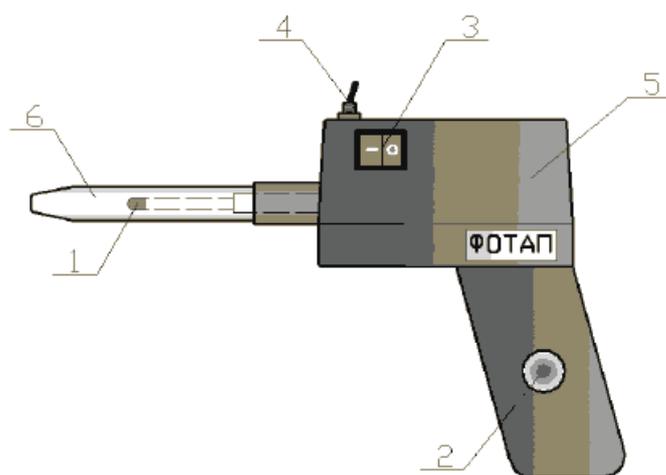


Рис. 2.1. Схема устройства для фототерапии:

- 1 - ЯОБ-светодиод; 2 - ручка регулировки частоты модуляции излучения;
3 - включатель аппарата; 4 - тумблер переключения цвета излучения; 5 -
корпус аппарата; 6 - одноразовый наконечник

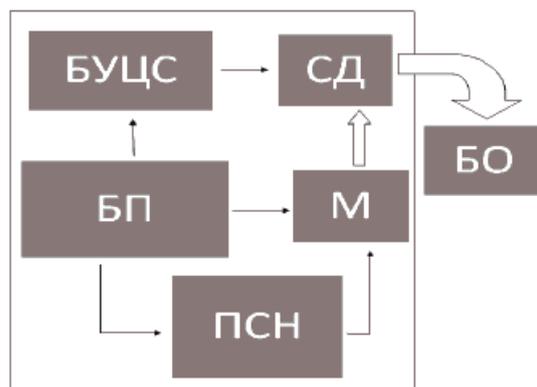


Рис. 2.2. Структурная схема аппарата:
М - мотор; БО - биологический объект

регулируемой частотой. Светодиод с толкателем совершают поступательные движения в пластмассовой одноразовом наконечнике, который навинчивается основанием на резьбу корпуса.

При разработке опытного образца аппарата учтены требования устойчивости к температурным воздействиям, влажности и механической прочности. Кроме того, аппарат малогабаритен, имеет малую массу, простую и технологическую конструкцию, отвечающую требованиям электробезопасности.

Проведенное исследование показало, что при проведении процедур фототерапии мощность излучения светодиода меняется от 0,1 до 2,0 мВт, диаметр светодиодного пятна на объекте облучения - от 1,0 до 5,0 см, соответственно плотность падающей мощности - в среднем от 1,0 до 2,5 мВт на см², что не превышает рекомендуемые для фототерапии параметры воздействия. В результате аппаратной реализации модулятора аппарата удалось получить частоты пространственной модуляции светодиодного излучения от 0,5 до 15,0 Гц.

2.4. Аппаратурная реализация лечебно-диагностического комплекса

В работе предусмотрено подключение аппарата для фототерапии к диагностическому комплексу, состоящему из компьютера с автоматическим рабочим местом врача и диагностического блока с определителем локализации и функции биологически активных точек на основе величины их электрического сопротивления.

На рис. 2.3 представлена схема лечебно-диагностической системы, в которую включен светодиодный аппарат.

В задачу диагностического комплекса входит обработка информации, поступающей с приемников электронного зонда с биологически активных точек. В компьютерном блоке сигнал подвергается аналоговой обработке, в частности согласованию, усилению и фильтрации с последующей передачей

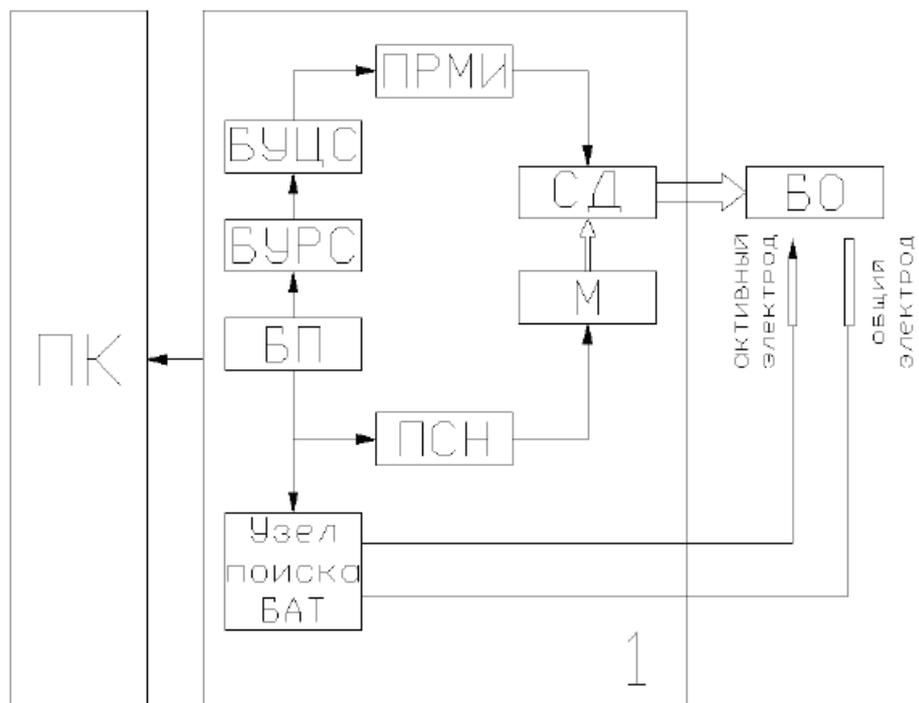


Рис. 2.3. Блок-схема аппарата с узлом поиска биологически активных точек:

1 - светодиодный аппарат; БУРС - блок управления режимом сканирования; ПРМИ - плата регулировки мощности излучения; узел поиска БАТ - узел поиска биологических активных точек; ПК - персональный компьютер

на микроконтроллер. Аналоговая часть электронного блока состоит из пяти идентичных измерительных каналов, каждый из которых включает в себя такие основные узлы, как повторитель, усилитель и фильтр низких частот.

Для формирования полезного сигнала и устранения помех отраженного сигнала устанавливается фильтр нижних частот. Далее преобразование осуществляется с помощью схемы выборки и хранения, мультиплексора и АЦП, которые преобразуют исходные данные от одного или нескольких измерительных датчиков в выходной сигнал, пригодный для хранения в компьютере и цифровой обработки. Поскольку информация, поступающая на вход системы, преобразуется в цифровую форму и в дальнейшем подвергается вычислительной обработке, то во главе всей структурной схемы ставится центральный микропроцессор, управляющий работой отдельных узлов системы и всеми процедурами, касающимися сбора, хранения и обработки информации. Затем информация поступает на персональный компьютер и отображается в удобной для пользователя форме. Разработка программного обеспечения проводилась с помощью компилятора IAR Embedded Workbench и программного симулятора AVR Studio 3.51, для программирования микроконтроллеров использовалась утилита PonyProg 2000.

В результате мы пришли к схеме лечебно-диагностической системы, которая показана на рис. 2.4. Благодаря графической системе программирования на уровне функциональных блок-диаграмм LabView, данные визуализируются на мониторе ПК в более удобной форме для пользователя.

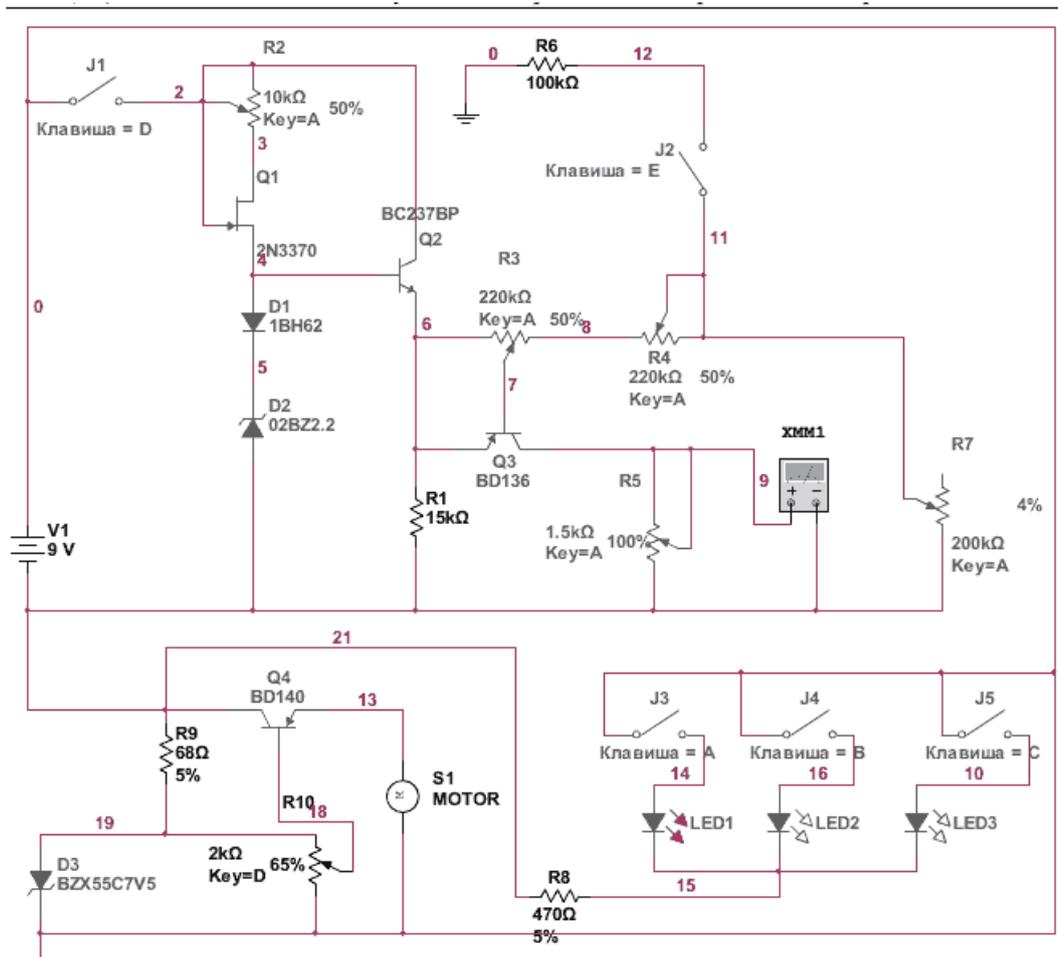


Рис. 2.4. Схема электрическая принципиальная разработанной лечебно-диагностической системы

Выводы к главе 2.

1. Из проведенных теоретических, экспериментальных и клинических исследований можно заключить, что при построении аппаратов для фототерапии необходимо предусмотреть разработку эффективного модулятора излучения, обеспечивающего изменение интенсивности излучения во времени и пространстве для получения колебаний плотности мощности в биологических тканях ударного типа. Подобные колебания являются в определенной степени механостимулом, ведущим к активации механизмов саногенеза. Включение в конструкцию аппаратов светодиодов, излучающих на разных длинах волн, расширит функциональные возможности фототерапевтической аппаратуры.

2. Требованию, указанному в пункте 2, отвечает пространственно модулированное излучение светодиодного аппарата, разработанного на основе RGB-светодиодов. Экспериментальные исследования макетного образца аппарата показали, что он обеспечивает широкий диапазон длин волн излучения: 0,62-0,64; 0,52-0,53; 0,46-0,47 мкм и управляемую пространственную модуляцию светодиодного излучения от 0,5 до 15,0 Гц. Подключение аппаратуры для фототерапии к диагностическому комплексу ускорит работу врача.

Заключение

1. Рассмотрены некоторые виды многофункциональных медико-диагностических комплексов, основанные на неинвазивной спектрофотометрической диагностике.

2. Установлено, что результаты фундаментальных научных исследований по изучению эффективности и информативности разных методов оптической и лазерной неинвазивной медицинской диагностики в реальной клинической практике, показали, что наиболее многообещающим направлением развития приборов неинвазивной медицинской спектрофотометрии является создание многофункциональных (универсальных) лазерных неинвазивных диагностических комплексов (МЛНДК), сочетано реализующих на едином оборудовании разные оптические диагностические методы – флюоресцентную диагностику, абсорбционную спектроскопию, лазерную доплеровскую флоуметрию и т.д.

3. Показано явное преимущество данного класса аппаратуры, поскольку врачам не просто получают арифметическую сумму диагностической информации, которую можно было бы собрать каждым отдельным методом, а проводить достаточно многоплановые, функциональные обследования пациента, направленные на выявление тонких индивидуальных особенностей в кровоснабжении и метаболизме мягких тканей человека с использованием одновременных и совокупных диагностических данных по разным диагностическим методикам и каналам.

4. Из проведенных теоретических, экспериментальных и клинических исследований можно заключить, что при построении аппаратов для фототерапии необходимо предусмотреть разработку эффективного модулятора излучения, обеспечивающего изменение интенсивности излучения во времени и пространстве для получения колебаний плотности мощности в биологических тканях ударного типа. Подобные колебания являются в определенной степени механостимулом, ведущим к активации механизмов саногенеза. Включение в конструкцию аппаратов светодиодов,

излучающих на разных длинах волн, расширит функциональные возможности фототерапевтической аппаратуры.

5. Требованию, указанному в пункте 1, отвечает пространственно модулированное излучение светодиодного аппарата, разработанного на основе RGB-светодиодов. Экспериментальные исследования макетного образца аппарата показали, что он обеспечивает широкий диапазон длин волн излучения: 0,62-0,64; 0,52-0,53; 0,46-0,47 мкм и управляемую пространственную модуляцию светодиодного излучения от 0,5 до 15,0 Гц. Подключение аппаратуры для фототерапии к диагностическому комплексу ускорит работу врача.

Список литературы

1. Москвин, С. В. Лазерная хромо- и светотерапия / С. В. Москвин, В. Г. Купеев. -М. ; Тверь : Триада, 2007. - 95 с.
2. Romberg, H. A. Properties of real phototherapy LED devices / H. A. Romberg,
I. M. Heidelberg // Laser Helsinki 2010 : 15th International Congress of EMLA. - Helsinki, Finland, 2010. - S. 28-29.
3. Makela, A. M. Use of blue light and laser in the treatment of Alzheimer's dementia and Parkinson's disease / A. M. Makela // Laser Helsinki 2010 : 15 th International Congress of EMLA. - Helsinki, Finland, 2010. - S. 26.
4. Баранов, В. Н. Повышение эффективности применения лазерного гинекологического аппарата «АГИН-01» в гинекологии с использованием метода пальцевой фотоплетизмографии / В. Н. Баранов, Е. Л. Малиновский, В. А. Новиков, Т. В. Баимова, Р. Н. Хизбуллин // Казанский медицинский журнал. - 2010. - № 4. -С.555-560.
5. Горис, А. П. Исследование деформируемости мембран эритроцитов методом «Лазерный пинцет» в условиях лактоацидоза / А. П. Горис, С. В. Москвин, Е. Г. Зарубина // Инновационные технологии в лазерной медицине : материалы научно-практической конференции. - М., 2011. - С. 116-117.
6. Серов, В. Н. Лазеротерапия в ранней реабилитации родильниц / В. Н. Серов, Ю. В. Кубицкая // Материалы IV съезда акушеров-гинекологов России. - М., 2008. - С. 237.