



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011152592/14, 22.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.12.2011

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2013 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 10.01.2014 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2337608 C1, 10.11.2008. RU 2040912 C1, 09.08.1995. RU 2234242 C2, 20.08.2004. EP 1130998 B1, 13.08.2008. US 6701171 B2, 02.03.2004. US 6718196 B1, 06.04.2004. US 6248066 B1, 19.06.2001. ДУНАЕВ А.В. и др. Исследование возможностей тепловидения и методов неинвазивной медицинской спектрофотометрии в функциональной диагностике. Приборостроение и (см. прод.)

Адрес для переписки:

302020, г.Орел, Наугорское ш., 29, ФГБОУ
ВПО "Госуниверситет-УНПК"

(72) Автор(ы):

Дунаев Андрей Валерьевич (RU),
Жеребцов Евгений Андреевич (RU),
Егорова Ангелина Ивановна (RU),
Рогаткин Дмитрий Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

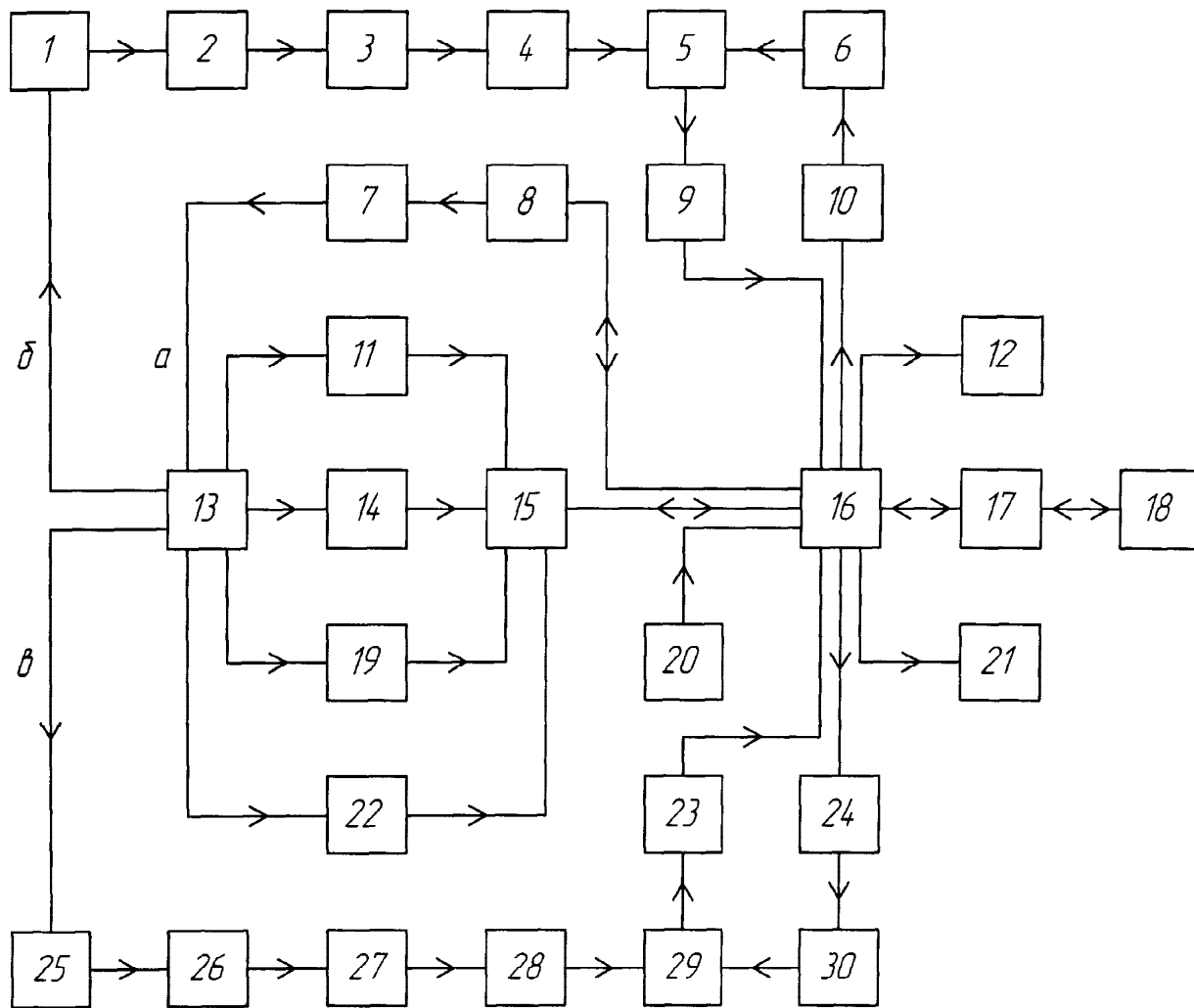
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Государственный университет-учебно-
научно-производственный комплекс"
(ФГБОУ ВПО "Госуниверситет-УНПК")
(RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ СОСУДОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике. Устройство для диагностики функционального состояния периферических сосудов содержит блок источников первичного оптического излучения, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, устройство сбора и трансляции данных в блок обработки результатов диагностики. Блок источников излучения выполнен в виде ИК лазерного излучателя и драйвера лазерного излучателя. Система транспортировки излучения выполнена в виде жгута оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей

частью из одного передающего и двух приемных волокон. Система регистрации вторичного излучения выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала. Каналы регистрации содержат фотоприемник, преобразователь тока-напряжение, фильтр верхних частот, фильтр нижних частот, усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь, а также фильтр нижних частот и цифроаналоговый преобразователь. Симметрично вокруг рабочей части жгута оптических волокон расположено четыре первичных измерительных преобразователя температуры. Устройство сбора и трансляции данных выполнено в виде микроконтроллера. Блок обработки результатов диагностики



Фиг. 1

(56) (продолжение):

биотехнические системы. **Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии**, №6-2 (284), 2010, с.95-100.

RU 2503407 C2

RU 2503407 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
A61B 5/026 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011152592/14, 22.12.2011**
 (24) Effective date for property rights:
22.12.2011
 Priority:
 (22) Date of filing: **22.12.2011**
 (43) Application published: **27.06.2013 Bull. 18**
 (45) Date of publication: **10.01.2014 Bull. 1**
 Mail address:
302020, g.Orel, Naugorskoe sh., 29, FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK"

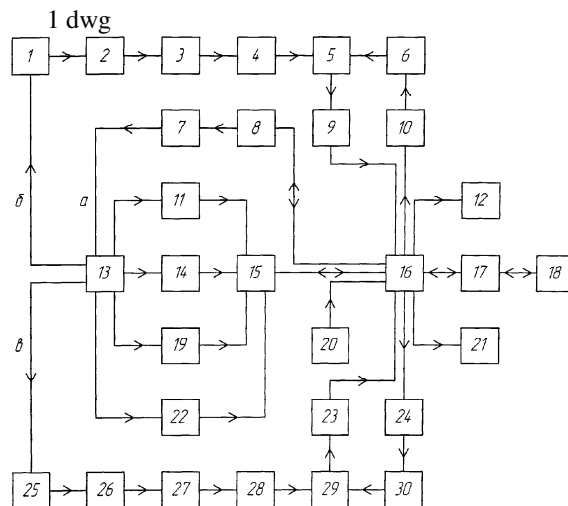
(72) Inventor(s):
**Dunaev Andrej Valer'evich (RU),
 Zherebtsov Evgenij Andreevich (RU),
 Egorova Angelina Ivanovna (RU),
 Rogatkin Dmitrij Alekseevich (RU)**
 (73) Proprietor(s):
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Gosudarstvennyj universitet-uchebno-nauchno-proizvodstvennyj kompleks" (FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK") (RU)

(54) **DEVICE FOR DIAGNOSING FUNCTIONAL STATE OF PERIPHERAL VESSELS**

(57) Abstract:
 FIELD: medicine.
 SUBSTANCE: invention relates to medical equipment. Device for diagnosing functional state of peripheral vessels contains unit of primary optic radiation sources, system of primary and secondary radiation transportation to biological tissue and back, optic-electronic system of secondary optic radiation registration, device of collection and translation of data to unit of processing diagnostics results. Unit of radiation sources is made in form of IR laser emitter and laser emitter driver. System of radiation transportation is made in form of bundle of optical fibres with branched instrument and single working part of one transmitting and two receiving fibres. System of secondary radiation registration is made in form of two identical channels of Doppler signal registration. Registration channels contain photoreceiver, current-voltage converter, high-pass filter, low-pass filter, amplifier with adjustable coefficient of amplification, analogue-digital converter, as well as low-pass filter and digital-analogue converter. Four primary measuring temperature converters are located symmetrically

around working part of bundle of optic fibres. Device of collection and translation of data is made in for of microcontroller. Unit of processing of diagnostics results is made in form of personal computer.

EFFECT: application of the invention will make it possible to increase self-descriptiveness of diagnostics.



Фиг. 1

RU 2 503 407 C2

RU 2 503 407 C2

Изобретение относится к области медицинского приборостроения, а именно к неинвазивным устройствам для диагностики функционального состояния периферических сосудов, например, при вибрационной болезни.

5 В настоящее время для неинвазивной диагностики состояния периферических сосудов, например при вибрационной болезни, широко используется метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в совокупности с применением различных
нагрузочных проб (тестов), среди которых часто используется окклюзионная проба (см. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / Под ред. А.И.
10 Крупаткина, В.В. Сидорова: Руководство для врачей. - М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. - 256 стр.). Последние исследования показывают, что проведение окклюзионной пробы с одновременной регистрацией показателя микроциркуляции крови методом ЛДФ и температуры биоткани методом термометрии с последующей
15 известной обработкой полученных данных дает дополнительную информацию о функциональном состоянии периферических сосудов, например, позволяет выявить различные стадии вибрационной болезни (см. Усанов, Д.А. Скрипаль, А.В., Протопопов, А.А., Сагайдачный, А.А., Рытик, А.П., Мирошниченко, Е.В. Оценка функционального состояния кровеносных сосудов по анализу температурной реакции на окклюзионную пробу, Саратовский научно-медицинский журнал. - 2009. - Т.5, №4. -
20 стр.554-558; Дунаев, А.В. Жеребцов, Е.А., Егорова, А.И., Макаров, Д.С. Исследование возможностей тепловидения и методов неинвазивной медицинской спектрофотометрии в функциональной диагностике, Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2010. - №6-2 (284). - стр.96-100). Однако отсутствие в
25 едином приборном варианте возможности одновременной регистрации показателя микроциркуляции крови и температуры биоткани в месте проведения исследования не позволяет оперативно и эффективно проводить подобную диагностику функционального состояния периферических сосудов.

30 Известно устройство лазерной доплерографии, содержащее источник излучения (лазер), оптический кабель для доставки излучения к обследуемой ткани и обратно, фотоприемник, а также блоки регистрации и обработки полученных результатов. Данное устройство позволяет определять среднюю скорость капиллярного кровотока
35 обследуемого участка ткани путем регистрации доплеровских сдвигов частоты зондирующего излучения при его взаимодействии с подвижными форменными элементами крови (эритроцитами) (см. патент США №4596254, МПК⁴ А61В 5/02, опубл. 1986 г.).

40 Недостатком данного устройства является отсутствие возможности одновременной регистрации изменений температуры биоткани в месте исследования во время проведения окклюзионных проб, а также связи с персональным компьютером, в котором должна производиться обработка полученных данных в режиме реального времени.

45 Известна также диагностическая система для определения состояния биологической ткани, содержащая блок источников первичного оптического излучения с разными длинами волн излучения, систему транспортировки первичного и вторичного оптического излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута
50 оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, торцы волокон которой размещены в одной плоскости, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, содержащую фотоприемники с оптическими фильтрами, полихроматор с дифракционной решеткой и устройство сбора и трансляции данных в блок обработки результатов диагностики. С помощью

данного устройства реализуется одновременно несколько неинвазивных диагностических методов (спектроскопический метод, фотометрический метод, анализ доплеровского спектра и др.) (см. патент РФ №2234242, МПК⁷ А61В 5/05, 2004 г.).

5 Недостатком данного устройства является также отсутствие возможности одновременной регистрации изменений температуры биоткани в месте исследования во время проведения окклюзионных проб. Кроме того, к недостаткам можно отнести использование в данном устройстве сразу трех каналов неинвазивной диагностики, что не всегда является целесообразным и экономически эффективным при проведении
10 стандартных исследований функционального состояния периферических сосудов, например, при вибрационной болезни.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является диагностический комплекс для измерения медико-биологических параметров кожи и слизистых оболочек in vivo, содержащее блок источников первичного оптического излучения с
15 разными длинами волн излучения, снабженный синхронизатором со встроенным генератором опорных сигналов, двоичным счетчиком импульсов и преобразователем двоичного кода в позиционный, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута оптических
20 волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, снабженную разностным блоком формирования доплеровского сигнала и содержащую три фотоприемника, полихроматор с дифракционной решеткой и устройство сбора и трансляции данных в
25 блок обработки результатов диагностики (см. патент РФ №2337608, МПК⁸ А61В 5/00, А61В 5/05, G01J 3/28, G01N 21/47, 2008 г.).

Однако кроме недостатка в виде отсутствия возможности одновременной регистрации изменений температуры биоткани в месте исследования во время проведения окклюзионных проб необходимо подчеркнуть также сложность,
30 требующую специальных навыков, большие массогабаритные показатели и высокую стоимость данного устройства, из-за чего оно редко применяется в полном объеме (все три канала - лазерная доплеровская флоуметрия, абсорбционная спектрофотометрия и лазерная флюоресцентная диагностика) в условиях реальной
35 клинической практики.

Задачей настоящего решения является устранение указанных недостатков и разработка более простого и информативного устройства для диагностики функционального состояния периферических сосудов, позволяющего по непрерывной
40 регистрации показателя микроциркуляции (ПМ) крови методом ЛДФ с одновременным измерением температуры поверхности биоткани методом наконечной термометрии в области исследования во время проведения окклюзионной пробы определить реакцию сосудов на созданные условия гипоксии и выявить таким образом особенности патогенеза и различные стадии развития заболеваний системы
45 микроциркуляции крови, например, вибрационной болезни.

Поставленная задача решается тем, что в устройстве для диагностики функционального состояния периферических сосудов, содержащем блок источников первичного оптического излучения, систему транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно, выполненную в виде жгута
50 оптических волокон с разветвленной приборной и единой рабочей частью, оптико-электронную систему регистрации вторичного оптического излучения, устройство сбора и трансляции данных в блок обработки результатов диагностики, согласно изобретению блок источников первичного оптического излучения выполнен в виде

ИК лазерного излучателя и драйвера лазерного излучателя, система транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и обратно выполнена в виде жгута из одного передающего и двух приемных оптических волокон, оптико-электронная система регистрации вторичного оптического излучения выполнена в виде двух идентичных каналов регистрации доплеровского сигнала, каждый из которых включает последовательно соединенные фотоприемник, преобразователь ток-напряжение, фильтр верхних частот, фильтр нижних частот, усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь, а также соединенный с усилителем с регулируемым коэффициентом усиления фильтр нижних частот, с которым соединен цифро-аналоговый преобразователь, дополнительно содержится канал измерения температуры биоткани в месте исследования, включающий четыре первичных измерительных преобразователя температуры, расположенных симметрично вокруг рабочей части жгута оптических волокон и соединенных с унифицирующим преобразователем, подключенным к устройству сбора и трансляции данных, выполненному в виде микроконтроллера, с которым также соединены аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи каналов регистрации доплеровского сигнала, драйвер лазерного излучателя, дисплей, клавиатура, излучатель звука и интерфейсный модуль связи с блоком обработки результатов диагностики, выполненным в виде персонального компьютера.

На фиг.1 приведена структурная схема устройства для диагностики функционального состояния периферических сосудов, где:

- а - передающее оптическое волокно;
- б, в - приемное оптическое волокно;
- 1, 25 - фотоприемник;
- 2, 26 - преобразователь ток-напряжение;
- 3, 27 - фильтр верхних частот;
- 4, 28 - фильтр нижних частот;
- 5, 29 - усилитель с регулируемым коэффициентом усиления;
- 6, 30 - фильтр нижних частот;
- 7 - лазерный излучатель;
- 8 - драйвер лазерного излучателя;
- 9, 23 - аналого-цифровой преобразователь;
- 10, 24 - цифро-аналоговый преобразователь;
- 11, 14, 19, 22 - первичный измерительный преобразователь температуры;
- 12 - дисплей;
- 13 - биообъект;
- 15 - унифицирующий преобразователь;
- 16 - микроконтроллер;
- 17 - интерфейсный модуль связи с персональным компьютером;
- 18 - персональный компьютер;
- 20 - клавиатура;
- 21 - излучатель звука.

Устройство работает следующим образом.

Микроконтроллер (МК) 16 управляет работой лазерного излучателя (ЛИ) 7 посредством подачи управляющих сигналов на драйвер ЛИ 8, который задает режим питания лазера. Свет от ЛИ 7 передается по оптическому волокну (а) к области исследования биообъекта 13. Обрато рассеянный свет принимается двумя рядом расположенными приемными волокнами (б) и (в). У каждого приемного волокна есть

область, из которой в него поступает свет. Для двух приемных волокон эти области пересекаются, то есть внутри ткани есть области перекрытия приемных апертур волокон.

5 В схеме устройства имеется два идентичных друг другу канала, которые преобразуют сигналы фототока с фотоприемников (ФП) 1, 25. В каждом канале реализовано последовательное преобразование сигнала. Поскольку регистрация ритмов микроциркуляции идет синхронно, можно считать, что сигнал регистрируется из области перекрытия приемных апертур и не принадлежит к артефактам. Фототок с 10 ФП идет на преобразователь ток-напряжение (ПТН) 2 (26), напряжение с которого поступает на фильтр верхних частот (ФВЧ) 3 (27), а затем на фильтр нижних частот (ФНЧ) 4 (28). В результате фильтрации удаляется постоянная составляющая, которая является негативным явлением, так как при имеющемся низком размахе полезного сигнала, наличие ее при усилении приведет к вхождению последних каскадов усиления в режим насыщения, что является недопустимым. Помимо этого удаляются также 15 низкочастотная (ниже 20 Гц) и часть высокочастотной (выше 24000 Гц) составляющих сигнала, не являющихся в данном случае информативными. Таким образом, формируется полоса пропускания частоты доплеровского сдвига.

20 С ФНЧ 4 (28) сигнал подается на вход усилителя с переменным коэффициентом усиления 5 (29). Коэффициент усиления усилителя зависит от управляющих воздействий МК 16, идущих от ФНЧ 6 (30) с выхода цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) 10 (24). Сигнал с усилителя далее подается на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 9 (23). Полученный цифровой код с АЦП 25 передается в микроконтроллер 16. Таким образом, в микроконтроллере формируется два массива значений, полученных из двух измерительных каналов.

Микроконтроллер, используя алгоритмы цифровой обработки сигналов, вычисляет кросс-корреляцию массивов. Так выделяется информация, синхронная для двух 30 каналов, и, наиболее вероятно, полученная из области пересечения апертур приемных волокон. Далее вычисляется спектр сигнала и на основании его вычисляется значение показателя микроциркуляции, полученное методом ЛДФ. Если сигнал с АЦП имеет малое значение, то микроконтроллер повышает коэффициент усиления канала.

35 Параллельно с регистрацией показателя микроциркуляции методом ЛДФ осуществляется измерение температуры биоткани методом наконечной термометрии в области исследования. Вокруг жгута оптических волокон (ЛДФ-зонда) на поверхности кожи расположены первичные измерительные преобразователи (ПИЛ) температуры 11, 14, 19, 22, соединенные с унифицирующим преобразователем 15. На 40 выходе данного преобразователя имеется последовательность импульсов (цифровой код, частотно- или импульсно-модулированный сигнал), которая зависит от температуры термисторов. Импульсный сигнал передается в микроконтроллер 16, где преобразуется в последовательность значений температуры. Полученные значения показателя микроциркуляции крови и температуры биоткани передаются в 45 персональный компьютер (ПК) 18 посредством интерфейсного модуля связи 17. Усредненное за несколько секунд значение показателя микроциркуляции и значения температуры в четырех точках выводятся на дисплей 12. Старт и остановка записи, а также выбор каналов измерения устройства и их калибровка осуществляется с помощью клавиатуры 20. В случае обнаружения неисправности микроконтроллер 16 50 подает управляющее воздействие на излучатель звука 21.

Таким образом, предлагаемое устройство для диагностики функционального состояния периферических сосудов, позволяющее одновременно регистрировать

показатель микроциркуляции крови методом ЛДФ и температуру биоткани методом
накожной термометрии во время проведения окклюзионной пробы, делает проведение
подобной диагностики доступным и повышает ее информативность за счет, например,
5 выявления различных стадий вибрационной болезни (1-й - более легкой, начальной и 2-
й - более тяжелой стадии).

Формула изобретения

Устройство для диагностики функционального состояния периферических сосудов,
10 содержащее блок источников первичного оптического излучения, систему
транспортировки первичного и вторичного излучения к биологической ткани и
обратно, выполненную в виде жгута оптических волокон с разветвленной приборной
и единой рабочей частью, оптико-электронную систему регистрации вторичного
15 оптического излучения, устройство сбора и трансляции данных в блок обработки
результатов диагностики, отличающееся тем, что блок источников первичного
оптического излучения выполнен в виде ИК лазерного излучателя и драйвера
лазерного излучателя, система транспортировки первичного и вторичного излучения к
биологической ткани и обратно выполнена в виде жгута из одного передающего и
20 двух приемных оптических волокон, оптико-электронная система регистрации
вторичного оптического излучения выполнена в виде двух идентичных каналов
регистрации доплеровского сигнала, каждый из которых включает последовательно
соединенные фотоприемник, преобразователь ток-напряжение, фильтр верхних
частот, фильтр нижних частот, усилитель с регулируемым коэффициентом усиления,
25 аналого-цифровой преобразователь, а также соединенный с усилителем с
регулируемым коэффициентом усиления фильтр нижних частот, с которым соединен
цифроаналоговый преобразователь, дополнительно содержит канал измерения
температуры биоткани в месте исследования, включающий четыре первичных
30 измерительных преобразователя температуры, расположенных симметрично вокруг
рабочей части жгута оптических волокон и соединенных с унифицирующим
преобразователем, подключенным к устройству сбора и трансляции данных,
выполненному в виде микроконтроллера, с которым также соединены аналого-
цифровые и цифроаналоговые преобразователи каналов регистрации доплеровского
35 сигнала, драйвер лазерного излучателя, дисплей, клавиатура, излучатель звука и
интерфейсный модуль связи с блоком обработки результатов диагностики,
выполненным в виде персонального компьютера.

40

45

50