

УДК 611.814.1: 615.84

В.А. Фесечко, канд. техн. наук, В.Л. Ткаченко, канд. физ.-мат. наук, Ю.С. Синекон, канд. техн. наук, Н.Г. Иванушкина, канд. техн. наук, А.А. Попов, канд. техн. наук, Е.С. Карплюк, Е.О. Иванько, О.К. Бодиловский, Луай Х.А. Афана

## **Мониторинг биомедицинских сигналов в автоматизированных комплексах ранней диагностики**

**Рассмотрены общие вопросы методологии мониторинга биомедицинских сигналов различной природы. Освещены цели, задачи и преимущества неинвазивного мониторинга состояния организма в системах с высоким разрешением для ранней диагностики заболеваний. Изложены требования к системам мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы, электрической активности головного мозга при проведении наркоза, а также неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови.**

**The general methodology of different biological signals' monitoring is considered. The main aims and advantages of human non-invasive high-resolution monitoring for early diagnostics of diseases are highlighted. The requirements for monitoring the state of heart system, brain's electrical functioning during narcosis and non-invasive monitoring of the glucose rate are given.**

### **Введение**

Повышение качества жизни людей неразрывно связано с улучшением системы здравоохранения. Основным путем для этого является развитие средств диагностики основных заболеваний систем организма, что позволит обнаружить болезнь на ранних стадиях и начать лечение. Необходимым для этого является повышение эффективности компьютерных систем диагностики и мониторинга сердечно-сосудистой и нервной систем и внедрение разработанных методов и алгоритмов обработки биомедицинских сигналов и изображений в производственную диагностическую аппаратуру.

Многие исследования в настоящее время направлены на создание и использование методологии, а также техническую реализацию новых математических методов обработки и анализа медицинских сигналов и изображений в присутствии больших уровней помех, шумов и других артефактов. Комплексная математическая обработка измерительной информации позволит оптимальным образом выполнять диагностику на базе неинвазивных технологий.

Актуальность исследований в данной предметной области заключается в необходимости дальнейшего решения комплексных теоретических и практических вопросов совершенствования алгоритмического и программного обеспечения систем автоматизированной диагностики заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем.

Целью данной работы является изложение современной методологии и основных научных результатов, полученных в направлении совершенствования математических методов, алгоритмов и программного обеспечения для обработки биомедицинских сигналов и изображений в автоматизированных комплексах ранней диагностики сердечно-сосудистой и нервной систем при лечении самых распространенных системных заболеваний человека.

### **Основные принципы организации неинвазивного мониторинга в диагностике**

Мониторинг – это систематический сбор и обработка информации о параметрах сложного объекта, которая может быть использована для улучшения процесса принятия решения о его функционировании. Мониторинг включает этапы контроля, проверки, управления и др. Мониторинг заключается в организованном наблюдении за состоянием объекта, явлений, процессов с целью их оценки контроля и прогноза. Система мониторинга, как правило, имеет обратную связь, влияющую на функционирование объекта, обеспечивающую его устойчивость работы и поддержки параметров в заданных пределах.

Мониторинг медицинских сигналов и изображений основан на использовании информации о состоянии биологического объекта в виде сигналов – электрических, оптических и др., а также изображений и многомерных образов.

В медицине понятие мониторинг не является новым, поскольку любой процесс изучения заболевания и лечения представляет собой типичную процедуру мониторинга состояния пациента. В современных условиях многообразия технических средств и научных подходов в диагностики возникает проблема обработки большого количества информации о лечебном процессе, принятия достоверного решения. Кро-

ме этого, непрерывно расширяется характер и диапазон параметров обрабатываемых сигналов. Увеличивается не только объем информации, но возрастает и усложняется связь исследуемых сигналов различного происхождения с проявлениями заболевания.

Особенность ранней диагностики сердечно-сосудистой и нервной систем состоит в том, что осуществление ее традиционными методами наталкивается на трудности, связанные с реализацией методик сложных химических исследований, длительного неперiodического обследования с возможными неточностями диагностики. Кроме того, большим препятствием ранней диагностики является использование инвазивных процедур исследований. Они могут осуществляться только в лабораторных клинических условиях и в ряде случаев травмируют пациента. В связи с этим предпочтение следует отдавать неинвазивным методикам, однако при этом возрастают требования к их качеству и надежности. Существует много задач, которые необходимо решать при создании и использовании мониторинговых систем. Их можно классифицировать в нескольких направлениях:

- Медицинское обоснование.
- Техническое обеспечение и получение измерительных данных.
- Обработка экспериментальных данных и диагностика.
- Накопление баз данных и передача по каналам связи.

Медицинское обоснование выбора вида мониторинга представляет самостоятельную задачу. Она состоит в обосновании физических биологических эффектов, которые должны быть исследованы с помощью мониторинга. Важна их связь с тем или иным заболеванием или состоянием организма человека и изменение ее во времени и под влиянием различных факторов. При этом определяют взаимосвязь количественных показателей и стадии развития заболевания. Возможно как прямое непосредственное измерение физических величин, связанных с исследуемым явлением заболевания, так и других, коррелированных.

Техническое обеспечение мониторинга – это совокупность технических средств стандартной или специальной аппаратуры для выполнения измерений в режиме мониторинга параметров той или иной физиологической системы организма. Эта аппаратура может быть стандартной или специальной сертифицированной, удовлетворяющей необходимым требованиям по точности, быстродействию и надежности. При разработке такой аппаратуры должны быть рас-

смотрены и учтены особенности построения измерителей, в том числе и с высоким разрешением по амплитуде и по времени, что даст возможность реализовать новые методы анализа кардиографических, электроэнцефалографических сигналов, а также измерить неинвазивным способом уровень глюкозы в крови. Дальнейшее развитие подходов к диагностике, которые используют технологии высокого разрешения позволит увеличить точность определения параметров организма. Это, в свою очередь, позволит значительно увеличить диагностические возможности как в направлении более ранней постановки диагноза, так и в расширении перечня диагностируемых заболеваний и состояний организма. Для этого могут быть использованы высокоразрядные стандартные и специальные аналого-цифровые сигма-дельта преобразователи с большой частотой дискретизации, а также новые разработанные методики измерения поздних потенциалов предсердия, концентрации глюкозы, форменных элементов крови. Обязательным условием, при котором преимущества регистрации измерительной информации с высоким разрешением могут быть в полной мере использованы, является способность математического аппарата обработки таких сигналов к достоверному выявлению тонких отличий в параметрах, которые можно зарегистрировать.

Использование математических методов в медицине является одним из эффективных путей улучшения диагностики и лечения больных и улучшения системы охраны здоровья в целом.

Математические методы чаще используют при обработке данных экспериментов и исследовании больных. Режим мониторинга предъявляет ряд требований к обработке данных. Прежде всего – это фильтрация достоверных и необходимых данных, высокая частота аналого-цифрового преобразования, новые методики диагностирования и принятия решений.

### **Определение целей и задач неинвазивного мониторинга биологических сигналов и изображений**

Основная цель мониторинга – предоставлять пользователю актуальную информацию о состоянии мониторируемого объекта. Для достижения этой цели необходимо решить такие задачи:

- Определить, какая именно информация нужна потребителю. Для этого требуется заранее решить, какие именно характеристики объекта требуется наблюдать. Для мониторинга состояния пациента это зна-

- чит, что необходимо выбрать, за какими органами или системами организма требуется наблюдать.
- Определить, в каком временном режиме требуется предоставлять эту информацию – непрерывно, периодически, однократно по результатам длительных измерений, в комбинированном режиме. Тут также требуется предусмотреть возможность архивирования результатов измерений и результатов анализа измерений.
  - Определить, какие параметры объекта требуется измерять для получения характеристик. При этом требуется исходя из вида сигналов, которые регистрируются, выбрать виды датчиков и определить схемотехнические параметры системы регистрации. Для упрощения системы следует стремиться к минимизации числа каналов измерений, а также к неинвазивному снятию информации с объекта.
  - Выбрать или создать методику формирования актуальной информации, т.е. способа анализа результатов измерений. Необходимо решить, какая предварительная и специальная обработка потребуется для данных сигналов, определить методы анализа полученных данных.
  - Определить вид представления результатов мониторинга. Необходимо решить, требуется ли наличие автоматической системы анализа результатов мониторинга, например, для формирования сигналов тревоги при выходе одного или нескольких параметров за установленные пределы.
  - Определить структурную схему системы мониторинга и реализовать ее.

#### **Анализ сигналов в системах автоматизированной диагностики**

Существующие методы обработки сигналов: спектральные, корреляционные, структурные, сверточные, информационно-аналитические, вейвлетные и др. имеют свои особенности как в использовании, так и по получаемым результатам, что часто сами по себе требуют дополнительного анализа и оценки. Кроме того, разработка новой медицинской техники для мониторинга и ранней диагностики сердечно-сосудистой и нервной систем требует существенного повышения качественных и количественных показателей обработки медицинской информации в реальном времени.

Для разных заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем существуют оптимальные

многомерные пространства, в которых наилучшим образом проявляются диагностические признаки заболеваний и могут быть построены адаптированные алгоритмы распознавания того или другого заболевания. Поиск или построение таких пространств может быть осуществлен специальными преобразованиями сигналов и изображений. Проведенные исследования позволили выдвинуть гипотезу, что на ранних стадиях заболеваний существует параметр или система параметров сигналов или их преобразований, которые определяют диагностические характеристики на ранних стадиях заболевания и могут использоваться в клинической практике. Критериями эффективности пространства, что используется, могут быть показатели чувствительности, специфичности, селективности и надежности диагностики заболеваний. Разработанные преобразования являются основой для создания программно-аппаратных средств мониторинга самых распространенных заболеваний центральной нервной системы, сердечно-сосудистых заболеваний с использованием новых подходов к преобразованиям и анализу биомедицинских сигналов (вейвлет-преобразование с использованием адаптированных материнских функций, спектральный анализ высших порядков, распознавание образов, разложение в адаптивных базисах собственных векторов).

Использование новых методов и средств диагностического мониторинга позволит решить вопросы научного и практического характера при лечении системных заболеваний. Во-первых, это перенесение рутинной обработки объемных измерительных данных на автоматизированные цифровые системы; во-вторых, это автоматизация поиска характерных информативных паттернов сигналов и изображений; в-третьих, многовариантный ранжированный диагноз, использование внешних консультационных пунктов при передаче информации по телемедицинским каналам связи. Все это поднимает уровень и достоверность диагностики, которая выполняется врачом.

#### **Применение метода электрокардиографии высокого разрешения при мониторинге и оценке электрической нестабильности и электрического ремоделирования миокарда**

Метод электрокардиографии высокого разрешения (ЭКГ ВР) в настоящее время используется, в основном, для анализа поздних потенциалов желудочков и предсердий (ППЖ и ППП), хотя возможности его применения в диагностических целях этим не ограничены. Новые возможности ЭКГ ВР определяются большой точ-

ностью измерения отдельных компонент электрокардиосигнала. Имеются данные [1-2] об использовании отдельных показателей ЭКГ ВР при оценке эффективности лечения антиаритмическими препаратами, при оценке изменений внутрижелудочковой проводимости.

Определение дисперсии в электрокардиографии становится одним из наиболее развивающихся, перспективных направлений, в том числе большое внимание уделяется изучению комплексного анализа дисперсии QRS комплекса, интервала QT и Р-зубца при прогнозировании аритмий. Анализ параметров дисперсии комплекса QRS и зубца Т позволяет характеризовать качество процессов деполяризации и реполяризации с новых позиций в отличие от стандартных подходов с анализом смещения сегмента ST и инверсии зубца Т. Для определения электрической нестабильности сердца, стратификации групп риска по развитию жизнеугрожающих аритмий используется анализ параметров, отражающих различную степень региональной или трансмуральной гетерогенности деполяризации и реполяризации миокарда: дисперсия интервала QT, дисперсия длительности QRS, вариабельность Т-зубца, индекс сходства для интервала ST-T.

Можно ожидать, что дальнейшее использование данных принципов анализа расширит возможности неинвазивных методов исследования процессов электрофизиологического ремоделирования миокарда. Термин «ремоделирование сердца» используется применительно ко многим процессам, которые обуславливают структурные и функциональные изменения миокарда.

Многие исследователи считают возможным использование ЭКГ ВР для повышения диагностической значимости ЭКГ под нагрузкой [1-2]. С помощью введения новых методик компьютерного анализа данных ЭКГ ВР было продемонстрировано, что у пациентов с ишемией и депрессией сегмента ST ширина комплекса QRS за время нагрузки увеличивается. Эти изменения ширины комплекса QRS не зависят от нарушения реполяризации (изменений сегмента ST), что позволяет с большой достоверностью диагностировать истинно положительные и истинно отрицательные результаты. Считается, что удлинение комплекса QRS происходит в результате замедления проведения импульса вследствие ишемии, тем самым задержки активации ишемизированного миокарда и, таким образом, является возможным маркером ишемии.

Наряду с изменением длительности комплекса QRS изучаются и прогностические возможности использования такого показателя, как

дисперсия QRS. Данный показатель определяется как максимальная разница между длительностью комплексов QRS, измеренная в 12 стандартных электрокардиографических отведениях или в 3-х ортогональных отведениях. В литературе хорошо освещены возможности применения с диагностическими целями такого показателя, как дисперсия интервала QT и меньше внимание уделяется дисперсии QRS. Считается, что дисперсия интервала QT отражает дисперсию реполяризации, тогда как дисперсия комплекса QRS является дисперсией деполяризации, отражающей изменения внутрижелудочковой проводимости.

Большой интерес для ранней диагностики электрического ремоделирования миокарда представляет анализ незначительных изменений электрической активности сердца от цикла к циклу, по данным ЭКГ. Эта диагностическая методика сравнительно новая, так как изменения ЭКГ от цикла к циклу нельзя определить при простом визуальном ЭКГ-анализе, что стало возможным благодаря применению современных методов анализа ЭКГ с использованием компьютерных технологий.

Обычно оценку электрической альтернации проводят по записи ЭКГ в ортогональных отведениях при проведении у пациентов нагрузочных проб с увеличением частоты сердечных сокращений более 110 ударов в минуту.

При одновременном проведении анализа величины альтернации внутри различных участков электрокардиограммы, т.е. QRS комплекса, сегмента ST и зубца Т было выявлено, что наибольших значений при наличии электрической нестабильности миокарда достигает альтернация сегмента ST и, особенно, зубца Т. Исходя из сказанного, можно заключить, что анализ микровольтной альтернации зубца Т и длительности QT-интервала от цикла к циклу – это неинвазивные и патогенетически обоснованные методы диагностики нарушений электрофизиологических свойств миокарда.

Таким образом, метод ЭКГ ВР не должен ограничиваться только констатацией наличия признаков поздних потенциалов: ППП или ППЖ. Вследствие высокой разрешающей способности при измерении электрокардиосигналов представляется возможность анализа параметров, которые значительно дополняют и расширяют стандартное применение метода ЭКГ ВР [3].

### **Мониторинг электрической активности мозга для контроля глубины анестезии**

Такая особенность электроэнцефалографии, как высокая степень корреляции с уровнем

бодрствования и с циркуляторным и метаболическим благополучием, способность улавливать нарушения этого благополучия с минимальным латентным периодом, т.е. до развития необратимых изменений, возможность обнаружения специфических и скрытых форм патологии мозга, неинвазивность метода и возможность использовать его у обездвиженных больных и в коматозном состоянии, признана бесспорной. В связи с этим является необходимым дальнейшее внедрение электроэнцефалографии в самых различных областях клинической медицины и необходимость более широкого использования данных о динамике изменения потенциалов мозга.

Использование мониторингового контроля функций мозга является одними из путей такого внедрения электроэнцефалографии в те области, где ее использование было еще не достаточно широким.

Мониторинг деятельности мозга – это процедура, заключающаяся в непрерывной регистрации, измерении и анализе параметров электрической активности мозга с целью наблюдения за его состоянием в реальном времени, предсказания динамики его изменения, формирования сигналов предупреждения при превышении заданных или определяемых в реальном времени порогов, а также для документирования жизнедеятельности мозга. Под мониторингом функционирования мозга подразумевают, в первую очередь, непрерывный анализ информации, которую о состоянии мозга пациента, которую дает мониторинговая система регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Мониторинг функционального состояния мозга представляет собой важную клиническую процедуру, дающую в результате неинвазивных измерений информацию о функциональном состоянии и работе мозга, а так же о характеристиках изменения состояний мозга во времени. Скорость и степень изменения могут быть существенными прогностическими признаками состояния пациента, давать информацию для оценки ближайших и отдаленных перспектив, использоваться для определения эффективности лечения и быть основой для принятия врачом клинических решений.

Требования к мониторам функций мозга:

- Простота и легкость в использовании системы регистрации и вывода данных, которая может обеспечить врачей нужными легкоинтерпретируемыми данными.
- При обработке сигналов простота использования системы должна сочетаться с сложностью алгоритмов математической обра-

ботки данных измерений, которые должны обеспечить заданную точность и надежность результатов.

- Сигнал монитора деятельности мозга должен напрямую отражать функционирование нейронов мозга и не зависеть от косвенных факторов.
- Мониторинговая система должна быть неинвазивной и безопасной для больного.
- Выходная информация про состояние пациента, генерируемая системой, должна быть простой для восприятия и непрерывной. Выходной сигнал должен обеспечивать возможность проведения сопоставимых измерений и сравнения текущей записи с предыдущими.
- Система должна работать в автоматическом режиме и не требовать постоянного присутствия обслуживающего персонала. Алгоритм работы системы должен предусматривать возможность сигнализации, которая оповещает о возможных сбоях в работе аппарата или программного обеспечения.

Одним из применений мониторинга функционирования мозга, которое получило бурное развитие за последние годы, является контроль за проведением анестезии во время различных операционных вмешательств.

Одной из задач мониторинга функционального состояния мозга является контроль за глубиной наркоза пациента при хирургических вмешательствах. Интерес к этой задаче обусловлен сложностью диагностики состояния пациента в процессе проведения анестезии. Несмотря на высокий уровень оснащения современных операционных, врачи анестезиологи вынуждены в настоящее время отслеживать глубину наркоза по совокупности различных жизненных показателей, таких как: зрачковый рефлекс, параметры сердечно-сосудистой системы (пульс, артериальное давление, параметры ЭКГ), а также на основе анализа дыхательной активности и состава выдыхаемых газов.

При определении состояния пациента по результатам наблюдения совокупности показателей вероятность ошибки определения глубины наркоза многократно увеличивается. Это связано с тем, что данные критерии зависят от множества факторов, включая: пол, возраст, характер заболевания и вид анестетика. Поэтому первоочередная задача мониторинга глубины анестезии – нахождение единого критерия оценки, который слабо зависит, либо не зависит вовсе от вышеперечисленных параметров. Варианты решения данной проблемы активно ищутся во многих странах мира, но всех их объ-

единяет использование сигналов электрической активности мозга (ЭЭГ) в процессе оценки состояния пациента. Такое предпочтение можно объяснить прямой связью работы центральной нервной системы с состояниями «бодрствование – сон» и слабой зависимостью от индивидуальных особенностей организма человека. На сегодняшний день ведутся исследования в направлении применения для решения задач оценки состояния пациента во время наркоза многих математических методов обработки и анализа ЭЭГ [6].

Одним из наиболее распространенных методов является применение биспектрального анализа ЭЭГ. Анализ представляет собой многоэтапное преобразование нескольких каналов электроэнцефалограммы, которая снимается с лобных участков головы. Также использование биспектрального индекса для мониторинга анестезии уменьшает использование анестетиков на 20 – 30 %, а также понижает уровень смертности пациентов после операции.

Другим подходом к проведению мониторинга глубины наркоза является использование слуховых вызванных потенциалов. При анализе вызванных потенциалов мозга исследуют изменения биоэлектрической активности мозга в ответ на различные стимулы. По типам исследуемых анализаторов выделяют слуховые, зрительные, соматосенсорные вызванные потенциалы. Принято считать, что структуры мозга, которые управляют сознанием, анатомически тесно связаны со структурами, задействованными в формировании реакции на звуковые колебания.

Также широко распространены методы формирования интегрального показателя глубины наркоза на основе многопараметрического анализа спонтанной электроэнцефалограммы с использованием уровней  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности, их разницы и относительной величины угнетения ритма, с использованием принципов нечеткой логики и нейронных сетей. Также используют изменения в мощности колебаний в разных частях спектра, изменения в когерентности, симметрии и синхронизации разных областей мозга, характеристики энтропии, а также изменения в угнетении и активации фронтальной части коры мозга.

Перспективным является использование технологий высокого разрешения как по амплитуде, так и по частоте, что позволит регистрировать более широкий диапазон частот от 0.1 до 1000 Гц. Высокочастотные колебания больше проявляются во время бодрого состояния и при легком наркозе, в то время как мощность низкочастотных колебаний возрастает с возрастанием глубины анестезии.

## Неинвазивный мониторинг содержания глюкозы в крови

Развитие электроники и прогресс медицинских технологий привел к созданию достаточно эффективных систем контроля содержания глюкозы и портативных глюкометров, которые получают все большее распространение не только среди больных диабетом для самоконтроля уровня глюкозы в домашних условиях, но и во врачебной практике, поликлиниках и отделениях эндокринологии лечебных заведений. Неоднократно специалистами по эндокринологии отмечалось, а также сформулировано Национальными Ассоциациями ряда стран мира, мнение, что портативные глюкометры могут применяться для установления факта гипергликемии, тяжелой гипогликемии, а также для мониторинга содержания глюкозы в крови пациентов с установленным диагнозом «диабет». Системы контроля содержания глюкозы в крови ориентированы в двух направлениях использования: 1) первичное и контрольное диагностирование; 2) выполнение качественного лечения.

В различных источниках подчеркивается актуальность создания точных, компактных и дешевых неинвазивных индивидуальных приборов контроля содержания глюкозы в крови. В настоящее время многими фирмами и организациями ведутся научные исследования по созданию новых и развитию известных методов измерения глюкозы в цельной крови, которые могли бы найти внедрение на практике.

Первичное и контрольное диагностирование диабета обычно осуществляется эталонными лабораторными средствами, а также стационарными точными приборами мониторинга глюкозы. Управление процессом лечения диабета осуществляется с помощью стационарных мониторинговых систем или самим больным по результатам измерения уровня содержания глюкозы портативными малоинвазивными глюкометрами. Проблемы могут возникать двух видов: первые – связанные с точностью измерений глюкозы, зависящей в свою очередь от метода измерения и качества калибровки; вторые – вариативностью данных концентрации глюкозы в крови. Последние зависят от источника пробы (артериальная, венозная или капиллярная кровь); времени, величины и места взятия пробы; наличия веществ, мешающих проведению анализа.

В основе работы всех средств измерения, контроля и мониторинга концентрации глюкозы в крови может быть тот или иной метод измерения. По способу получения измерительной информации различают прямые и косвенные методы. Прямые методы основаны на использо-

вании свойств глюкозы непосредственно или при взаимодействии с другими веществами. Косвенные методы основаны на корреляционной связи других показателей организма человека с уровнем глюкозы, например температура крови, оттекающей от мозга, комплексная проводимость тела человека, пульсовая волна, антитела к бета-клеткам островков Ланкастера в жировых клетках. Поскольку косвенные измерения глюкозы подвержены также влиянию других факторов, то такие методы, очевидно, могут быть использованы только при комплексном учете множества индивидуальных свойств организма конкретного человека. Преимущества поляриметрических методов состоит в использовании широкодоступных источников видимого света, которые дают возможность проводить опыты с приемлемыми длинами пути в водных растворах и использовать миниатюризованные оптические компоненты.

В целом существует много методов анализа содержания глюкозы в крови. Для инвазивных и малоинвазивных технологий происходит усовершенствование аппаратных средств на основе глюкозооксидазного метода. Неинвазивные методы развиваются на основе волновых технологий, так как они в наибольшей степени учитывают особенности молекулярного строения глюкозы. Обычно измерения глюкозы осуществляют в том диапазоне, где можно получить наибольшее влияние глюкозы на суммарный сигнал. Согласно модели, это могут быть не области поглощения глюкозы, а те частоты, где суммарное поглощение кожи и воды является наименьшим. На этих частотах изменение концентрации глюкозы в значительной степени изменяет оптический выходной сигнал, а датчик имеет наивысшую разрешающую способность.

Разработаны также методы, позволяющие выделять сигнал, пропорциональный содержанию глюкозы в крови и практически полностью подавлять сигналы других составляющих крови. Такие методы относятся к методам «оптимальной» фильтрации и реализуются с помощью технологий высокого разрешения. При этом все измерения выполняются в одном спектральном диапазоне и их реализация может осуществляться с помощью лазерных источников излучения [7].

Авторы выражают благодарность компании «ЮТАС» [8] за многолетнюю поддержку исследований в области неинвазивных технологий диагностики состояния организма.

## Выводы

Приведены основные положения мониторинга биомедицинских сигналов и изображений для автоматизированных комплексов ранней диагностики сердечно-сосудистой и нервной систем. Выработаны подходы к построению и рекомендации к системам неинвазивного мониторинга состояния сердечно-сосудистой и нервной систем, а также мониторинга глубины наркоза и неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови, которые могут быть использованы при проектировании мониторинговой аппаратуры широкого и специального применения.

## Литература

1. Коваленко В.Н. Руководство по кардиологии / В. Н. Коваленко. – К.: МОРИОН, 2008. – 1424 с.
2. Иванов Г.Г. Новые методы электрокардиографии / Г.Г. Иванов, С.В. Грачев, А.Л. Сыркин. – М.: Техносфера, 2007. – 552 с.
3. Кислюк Ю.А. Методы анализа поздних потенциалов предсердий / Ю. А. Кислюк, Н. Г. Иванушкина // Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники». – 2008. – ч. 1. – С. 172–175.
4. Фесечко В.О. Інформаційні технології високого розрізнення у медичних дослідженнях / В.О. Фесечко, Н.Г. Іванушкіна, Є.С. Карплюк, А.О. Попов, Луай Афана // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електроніки». – 2006. – ч. 1. – С. 123 – 128.
5. Прайор П.Ф. Мониторный контроль функций мозга: непрерывная регистрация электрической активности мозга / П.Ф. Прайор. – М.: Медицина, 1982. – 327 с.
6. Попов А.О. Методи та технічні засоби оцінки глибини анестезії / А.О. Попов, В.О. Фесечко, О.М. Канайкін, М.В. Глоба, В.Л. Ткаченко, Є.С. Карплюк // Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники». – 2007. – ч. 2. – С. 59 – 64.
7. Фесечко В.А. Анализатор ИК-поглощения глюкозы для неинвазивного анализа крови / В. А. Фесечко, Луай Х. А. Афана, В. В. Романов, А. А. Елизаров // Электроника и связь. – 2009. – № 2. – С. 230 – 235.
8. Компания «ЮТАС» – новые технологии в медицинском приборостроении. – [utasco.com](http://utasco.com)