

Рассмотрена графовая модель процесса создания новых оптико-электронных приборов и систем для клинической медицины. Раскрыты содержание и связи между вершинами графовой модели, что позволило выделить 5 блоков задач – поисковый, теоретический, технический, прикладной и промышленный, которые характеризуют уровни разработки и позволяют определить общий объем и последовательность работ по достижению конечной цели. В качестве примера к рассмотрению предложена графовая модель создания для отечественной клинической медицины “Системы флуоресцентной диагностики онкологических заболеваний”.

**Ключевые слова:** графовая модель, оптико-электронные системы, клиническая медицина, уровни разработки.

**M. Denysov**

*National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine*

#### GRAPH MODEL OF THE OPTOELECTRONIC SYSTEMS DEVELOPMENT FOR CLINICAL MEDICINE

Graph model of the optoelectronic systems development for clinical medicine has been considered. The contents of graph vortex and connecting links between its have been exposed. That enables to assign five problem sets, namely: searching, theoretical, technical, applied and commercial ones, those describe the design, levels to define the complete efforts and their order of priorities for development final goal achievement. By way of example the graph model of the “Clinical Apparatus for Photodynamic Diagnosis of Oncological Diseases” for Ukrainian clinical medicine has been described.

**Key words:** graph model, optoelectronic systems, clinical medicine, design levels.

*Надійшла до редакції  
23 червня 2011 року*

УДК 615.471:616-07

#### КОМПЛЕКС ДЛЯ АМБУЛАТОРНОЇ ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

*Осадчий О.В., Ткаченко Є.О., Філіпова М.В.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

*В цій роботі було розглянуто методи вивчення ССС, та визначено найефективніші методи для проведення обстеження пацієнтів у амбулаторних умовах, а також для контролю динаміки і дослідження ефективності терапевтичного процесу. Виявлено, що найбільш доцільно для даних цілей використовувати комплекс, що складається з реографу (що містить всі методи реографії), електрокардіографу і фотоплетизмографу. Для ергономічності роботи даний комплекс має містити бездротову комутацію і телеметричний модуль для роботи у єдиній мережі медичного закладу.*

**Ключові слова:** *реографія, електрокардіографія, фотоплетизмографія, діагностика, серцево-судинна система.*

#### **Вступ**

Діагностика серцево-судинної системи - чи не найголовніший розділ діагностики, що є ключовим як для первинного обстеження, так і для контролю процесу лікування. Сьогодні значна кількість як державних, так і приватних

медичних установ в Україні потребують комплексів саме для амбулаторного обстеження, тобто відносно простих, але в той же час клінічно інформативних приладів діагностики різних систем організму людини. Від рівня якості, швидкодії, надійності та інформативності таких комплексів залежить можливість попередження майже будь-якого захворювання, а також запобігання загостренню хронічних станів. До того ж комплекси для амбулаторної діагностики можуть бути необхідні не тільки для клінічних установ, такі як лікарні, поліклініки тощо, але і для установ консультативного характеру.

Необхідність знати стан саме серцево-судинної системи (ССС) зумовлена виконанням цією системою транспортної і регуляторної функції, що є ключовими в етімології широкого переліку захворювань і при клінічному контролі динаміки лікування.

### **Постановка задачі**

Основними показниками придатності комплексів для діагностики в амбулаторних умовах є швидкість, зручність, надійність і інформативність. До того ж такі системи повинні надавати достатньо вичерпної інформації про стан організму, бути малогабаритними, відносно мобільними, а також суттєвою їх характеристикою є ергономічність. Варто відмітити, що здебільшого подібні прилади працюють у специфічних умовах і повинні бути розрахованими на велику кількість обстежень у невеликі проміжки часу.

Основним завданням, що виникають перед розробкою комплексних приладів для амбулаторної діагностики є вибір методик, які забезпечать високу клінічну інформативність про стан організму і, при цьому, будуть відносно простими, надійними, ергономічними, мобільними і з високою швидкістю.

На теперішній час існує низка методик для діагностики ССС. До найпоширеніших можна віднести ультразвукові дослідження судин і серця, електрокардіограма, реографія, фотоплетизмографія, ангиографія, контрастна томографія тощо.

Основними недоліками більшості методик є інвазивність, недостатня ергономічність проведення обстеження, небезпечність (як, наприклад, рентгенівське опромінення), конструкторська складність, чутливість до транспортування тощо.

Існують також непрямі методи дослідження, наприклад, неінвазивний аналізатор формули крові і біохімічних регуляторних показників метаболізму і кровообігу Малихіна-Пулавського [2]. Їх основною перевагою є мобільність, простота і вичерпність інформації. Але до недоліків слід віднести високу залежність інформативності від низки чинників, які дослідник не завжди може враховувати і невисокий захист від похибок, особливо несистематичних і похибок, що викликані людським чинником.

Також набувають широкого розповсюдження методи біорезонансної і акупунктурної діагностики, які дають змогу в амбулаторних умовах отримати

вичерпну інформативність про стан організму в цілому. Такі прилади задовольняють вимогам неінвазивності, мобільності тощо. Але не існує адекватного математичного апарату опису таких методів, до того ж час виконання процесу діагностики може сягати до однієї години, що є суттєвим недоліком при амбулаторному обстеженні. До того ж ці прилади є досить дорогими.

У той же час класичними вважаються електрокардіографія і реографія. Електрокардіографія (ЕКГ) дозволяє досить ретельно вивчити показники серцевого ритму, дослідити структурні дефекти провідності, порушення функції автоматизму тощо.

Ще однією проблемою, що виникає перед розробниками діагностичних систем, є *відсутність єдиних стандартів програмного забезпечення*, що суттєво ускладнює використання декількох приладів в одному кабінеті амбулаторного обстеження.

### **Вибір показників для амбулаторного обстеження**

Клінічно необхідною інформацією при обстеженні пацієнта і призначенні лікування є дослідження параметрів кровотоку тієї чи іншої ділянки чи системи організму. Найпростішим і в той же час інформативним методом діагностики цього параметру є реографія.

Реографія – метод дослідження кровотоку певної ділянки або всього організму в цілому внаслідок спостереження зміни електричного опору високо-частотного (до 500 кГц) струму малої сили (до 10 мА) [3].

У табл. 1 приведені методи реографії, що застосовуються у клінічній практиці.

Всі види реографії, а також методи обробки реографічних кривих детально описані в [1].

Окрім дослідження стану серцево-судинної системи, при амбулаторному обстеженні часто необхідно знати функціональний стан серця. Для цього найпростішою і найнадійнішою методикою у загальному випадку є електрокардіографія (ЕКГ).

Як відомо, серце виконує 4 функції: автоматизму, провідності, збудження, скорочення [2]. ЕКГ дозволяє дослідити перші 3, а функцію скорочення діагностують за допомогою реокардіографії.

Важливим клінічним діагностичним показником є концентрація кисню у крові. Цей показник дозволяє отримати інформацію про стан дихальної системи, часто використовують для контролю ефективності лікувального процесу, в тому числі при онкозахворюваннях (в цьому випадку першим показником клінічної динаміки є нормалізація ступеня насичення крові киснем).

Для визначення концентрації оксигемоглобіну неінвазивно використовують оксигемометрію. Метод оксигемометрії включено у фотоплетизмографію (ФПГ) [4], за допомогою якої, у деяких випадках, можна дослідити серцевий ритм без необхідності проведення ЕКГ, що може спростити процедуру амбулаторного обстеження.

Таблиця 1. Види реографічних досліджень

<b>Вид дослідження</b>	<b>Область дослідження</b>	<b>Вид датчиків</b>
Реоенцефалографія (РЕГ)	Кровотік головного мозку	поверхневі
Реовазографія (РВГ)	Кровотік кінцівок	поверхневі, "рулетка"
Реопульманографія (РПГ)	Кровотік легенів	поверхневі, "рулетка"
Реогепатографія (РГГ)	Кровотік печінки	поверхневі, "рулетка"
Поліреокардіографія (ПРКГ)	Дослідження функціонального стану серця	поверхневі, "рулетка"
Реоенцефалокардіографія (РЕКГ)	Оцінка мозгової фракції серцевого викиду	поверхневі, "рулетка"
Реофтальмографія (РОГ)	Дослідження кровотоку ока	Спеціальний очний електрод
Реоренографія (РРГ)	Дослідження ниркового кровотоку	поверхневий
Реоутерографія (РУГ)	Дослідження кровотоку у матці та органах малого тазу	Поверхневий
Реопростатогафія (РПрГ)	Дослідження кровотоку передміхурової залози	Ректальний електрод для РПрГ
Інтегральна реографія (ІР)	Дослідження кровотоку всього тіла	Поверхневі, «рулетка»

Об'єднання реографії, ЕКГ, реографії та ФПГ у один діагностичний комплекс надасть можливість отримати необхідну при амбулаторному обстеженні інформацію про стан серцево-судинної системи для діагностики, а також контролю динаміки лікування.

### **Розробка і обґрунтування структурної схеми комплексного діагностичного приладу**

Запропоновану структурну схему комплексу для діагностики серцево-судинної системи зображено на рис. 1.

Прилад працює наступним чином. На тіло пацієнта встановлюються датчик ФПГ 2, або електроди ЕКГ 3, або електроди для реографії 4 відповідним чином, залежно від типу діагностики, яка виконуватиметься. У випадку виконання першої процедури автоматично вмикається блок ФПГ 5: оптичне випромінювання проходить через тканини фаланги пальця пацієнта, яке реєструє фотоперетворювач, звідки сигнал надходить до попереднього, а потім до вимірювального підсилювача, який під'єднаний до мікроконтролера (МК) 8.

У випадку проведення кардіографічного дослідження автоматично вмикається блок ЕКГ 6, до якого під'єднані електроди 3 (6 грудних електродів і 4 електроди на кінцівки, один з яких є заземленням). Електрокардіографію виконують за стандартними методами. Отриманий сигнал надходить до МК 8 і надхо-

дять до передавача 10. Мікроконтролер 8 керує роботою блоку ЕКГ 6 і передавачем 10.

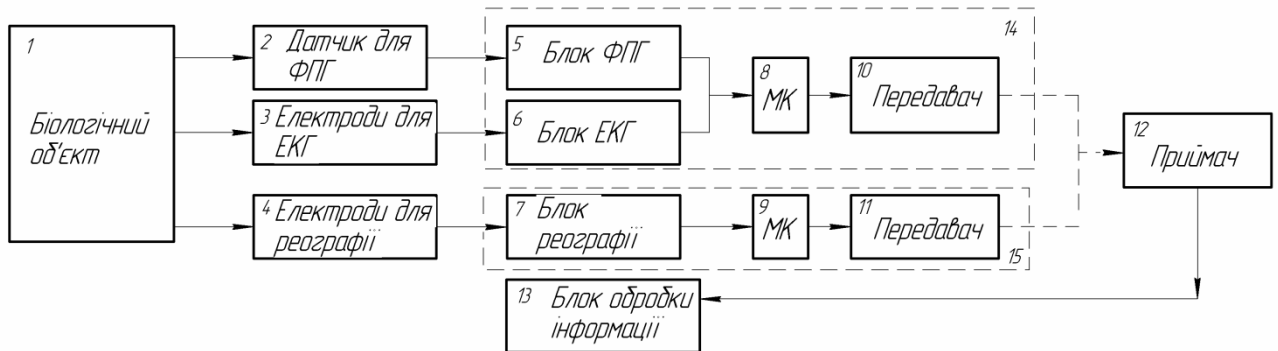


Рис.1. Структурна схема приладу.

При необхідності виконання процедури реографічного обстеження, на тіло пацієнта встановлюють електроди 4 для відповідної методики (реоенцефалографії, реокардіографії, реокардіоенцефалографії, реогепатографії, реопульмонографії тощо), які під'єднані до блоку реографії 7. Отриманий сигнал надходить до МК 9, до якого під'єднаний передавач 11. Мікроконтролер 8 містить програму керування блоком реографії 7 та передавача 11.

Приймач 12 отримує від передавача 10 або передавача 11 сигнал, що далі надходить до блоку обробки інформації 13, який, в свою чергу, зв'язаний із персональним комп'ютером, який містить спеціальне програмне забезпечення для обробки діагностичного сигналу і передачі його до будь-якого комп'ютера мережі медичної установи стандартними апаратними методами.

Особливістю даного приладу є те, що блок ФПГ 5, блок ЕКГ 6, мікроконтролер (МК) 8, та передавач сигналу 10 встановлюються у корпус 14, а блок реографії 7, МК 9 та передавач 11 - у корпус 15. Це реалізовано для того, щоб зробити меншими габарити всього приладу і максимально позбавитись дротової комутації.

### Висновки

У ході роботи було визначено найефективніші методи для проведення обстеження пацієнтів у амбулаторних умовах, а також для контролю динаміки і дослідження ефективності терапевтичного процесу.

Виявлено, що найбільш доцільно для даних цілей використовувати комплекс, що складається з реографу (що включає всі методи реографії), електрокардіографу і фотоплетизмографу. Для ергономічності роботи даний комплекс має містити бездротову комутацію та телеметричний модуль для роботи у єдиній мережі медичного закладу.

Напрямом подальших досліджень є проведення дослідів в умовах медичних закладів із амбулаторним прийомом пацієнтів з метою практичного обґрунтування обраних методик.

### **Література**

1. Ройтберг Г.Е. Лабораторная и инструментальная диагностика заболеваний внутренних органов / Г.Е. Ройтберг, А.В Струтинский. – М.: Бином, 1999. - 622 с.
2. Мурашко В.В. Электрокардиография: учебное пособие / В.В. Мурашко, А.В. Струтинский. - М.: МЕЖпресс-информ, 2007.- 320 с.
3. Малихін А.В. Неінвазивна комплексна оцінка параметрів гомеостазу, формули крові, біохімічних, метаболічних і гемодинамічних показників / А.В. Малихін, А.М. Бачериков, Н.А. Малихіна, А.А. Пулавський. – Харків: 2006. – 20 с.
4. Ватутина В. М. Обработка реографических данных в задаче диагностики глаукомы / В.М. Ватутина, Е.Н. Комаровских, Е.Е. Слабко. Режим доступа: <http://zhurnal.apc.relam.ru/articles/1081icles/2002/099.pdf>.
5. Павлов С.В. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи / С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, В.Г. Петрук, П.Ф. Колісник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с.
6. Павлов С.В. Фізичні основи біомедичної оптики / С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, П.Ф. Колісник та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 152 с.

### **References**

1. Rojtberg G.E. Laboratory and tool diagnostics of diseases of an internal / G.E.Rojtberg, A.V Strutynsky – TN.: Binomial, 1999. - 622 p. [rus]
2. Murashko V.V, Strutinskiy A.V. Electrocardiography: the manual / V.V. Vurashko, A.F. Strutinskiy. - M.: Megpresinform, 2007. - 320 p. [rus]
3. Malyhin A.V., Bacherikov A.M., Malihina N.A., Pulavsky A.A. Neinvazivniy complex estimation of parameters of homeostasis, formula of blood, biochemical, metabolic and haemodynamic indexes / A.V.Malyhin, A.M.Bacherikov, N.A.Malyhina, A.A.Pulavsky. - Kharkiv: 2006 - 20 p. [ukr]
4. Vatutina V.M. Obrabotka reograph the data in a problem of diagnostics of a glaucoma of V.M.Vatutina, E.N.Komarovsky, E.E.Slabko. An access mode: <http://zhurnal.apc.relam.ru/articles/1081icles/2002/099.pdf>. [rus]
5. Pavlov C. V., Kogemako V.P, Petruk V.G., Kolisnik P. F. Fotopletizmogram of technology of control of the cardiovascular system / C. In. Pavlov, In. P. Kogemako, In. G. Petruk, P. F. Kolisnik is Vinnytsya: Universum-Vinnytsya, 2007. - 254 p. [rus]
6. Pavlov C. V., Kogemako V.P, Petruk V.G., Kolisnik P. F. Physical bases of biomedical optics / C. In. `Pavlov, In. P. Kogemako, P.F. Kolisnik and other. - Vinnytsya: VNTU, 2010. - 152 p. [ukr]

**О.В. Осадчий, Е.О. Ткаченко, М.В. Филиппова**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

### **КОМПЛЕКС ДЛЯ АМБУЛАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

В данной работе были рассмотрены методы изучения ССС, и определены наиболее эффективные методы для проведения обследования пациентов в амбулаторных условиях, а также для контроля динамики и исследование эффективности терапевтического процесса. Выявлено, что наиболее целесообразно для данных целей использовать комплекс, состоящий из реографа (включающий все методы реографии), электрокардиографа и фотоплетизмографа. Для

эргономичности работы данный комплекс должен включать беспроводную коммутацию и телеметрический модуль для работы в единой сети медицинского учреждения.

**Ключевые слова:** реография, электрокардиография, фотоплетизмография, диагностика, сердечно-сосудистая система.

**O.V. Osadchy, E.O. Tkachenko, M.V. Filippova**

*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

COMPLEX FOR AMBULATORY DIAGNOSIS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

In this paper the methods of studying the cardiovascular system, and identified the most effective methods for the examination of patients in outpatient settings, as well as to control the dynamics and effectiveness study of the therapeutic process. Revealed that the most appropriate for these purposes to use complex consisting of rheograph (which includes all methods rheography), electrocardiograph and photoplethysmograph. For ergonomic work this package should include switching and wireless telemetry module for a single network of medical institutions

**Keywords:** rheography, electrocardiography, fotopletyzmohrafy, diagnosis, cardio-vascular system.

*Надійшла до редакції  
18 квітня 2011 року*

УДК 615.837.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛУ НА БІОЛОГІЧНІ СТРУКТУРИ

*Терещенко М.Ф., Кирилова А.В.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

*Розглянуто параметри моделювання фізико-біологічних процесів впливу ультразвуку на біологічну мембрану і розроблений кількісний метод оцінки якісних процесів під час терапевтичної процедури. Проведено дослідження впливу ультразвукового сигналу на біологічні структури. Встановлена функціональна залежність комплексного параметру впливу ультразвуку, як функції між основними параметрами ультразвукового сигналу та змінами, що відбуваються в опроміненій клітині, такими як: товщина мембрани клітини, зміни температури та концентрації. Розроблений метод кількісної оцінки ефективності впливу ультразвуку на біологічні структури, що враховує основні зміни в клітині під час процедури УЗТ.*

**Ключові слова:** параметри ультразвуку, мембрана, клітина.

### **Вступ**

Центральною проблемою вдосконалення приладів ультразвукового (далі УЗ) терапевтичного напрямку незмінно лишається питання контролю дозування УЗ під час процедури. Дане питання має два основні напрямки: гарантований контакт випромінювача з біологічною тканиною та метод оцінювання впливу УЗ сигналу на біологічні тканини. В попередніх роботах було запропоноване технічне рішення, що гарантує дозований акустичний контакт [1] та показано, що зміна проникності клітинних мембран - універсальна реакція на УЗ вплив, незалежно від того, який з чинників ультразвуку, що діє на клітину, превалює в тому чи іншому випадку [4].