

2. Барзилович, Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем [Текст] / Е.Ю. Барзилович. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.
3. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход [Текст] / Ф. Байхельт, П. Франкен Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
4. Волочий, Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем [Текст] / Б.Ю. Волочий. – Львів: НУЛП, 2004. – 220с.
5. Мандзій, Б.А. Оцінювання показників надійності відмовостійкої системи на основі мажоритарної структури з врахуванням параметрів стратегії аварійного відновлення [Текст] / Б.А. Мандзій, Б.Ю. Волочий, Л.Д. Озірковський, М.М. Змисний, І.В. Кулик // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Радіотехніка та телекомунікації. – 2011. – №705. – С. 216–224.

Abstract

In this paper the object of investigation is one of the variants of combined strategy of maintenance of cellular network when the one repair team doing planned-preventative maintenance and disaster recovery. To building a mathematical model the maintenance is represented as a queuing system. Graph of states and transitions for the queuing system is developed, and the Kolmogorov – Chapman system of differential equation is formed. Solution of the equations allows to make reliability indexes (function availability, availability factor) and calculate of duration of stay a repair crews in various stages of reconstruction. Dependence of the availability factor of the cellular network on the number of objects in the group, which maintained of one repair team and the periodicity of maintenances of each object are shown

Keywords: *information network, availability factor, maintenance, queuing system, a model of reliability*

Розглянута актуальність своєчасного лікування людей з серцево-судинними захворюваннями. Проаналізований зміст програмно-апаратного комплексу типу «Електронний ніс», який реалізує принципи функціональної діагностики. Сформовані результати статистичної обробки даних: знайдені відмінності між пробами повітря приміщення, де проводилось дослідження, пробами здорових осіб та пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями

Ключові слова: газований портрет, хімічні датчики, проба повітря, яке видихається, серцево-судинна система, функціональна діагностика

Рассмотрена актуальность своевременного лечения людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Приведено краткое содержание программно-аппаратного комплекса типа «Электронный нос», который реализует принципы функциональной диагностики. Сформулированы результаты статистической обработки данных: найдены различия между пробами воздуха помещения, пробами здоровых и пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями

Ключевые слова: газовой портрет, химические датчики, проба выдыхаемого воздуха, сердечно-сосудистая система, функциональная диагностика

УДК 621.6.021

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА

В.С. Якимчук

Инженер

Кафедра биомедицинской инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
ул. Янгеля, 16/2, г. Киев, Украина, 03056
Контактный тел.: 067-138-39-65
E-mail: viktoria.iakymchuk@gmail.com

1. Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из самых актуальных проблем современ-

ности. Это вызывает необходимость создания метода диагностики функционального состояния человека, который позволит предотвратить развитие хронической формы болезни.

В последнее время значительно увеличилось количество массовых исследований разных групп населения, которые отличаются по возрасту, полу и другими признаками. Например, исследование EURIKA (Эпидемиологическое исследование среди пациентов с риском ССЗ в Европе: профилактика и лечение в ежедневной практике) было посвящено изучению влияния факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний на уровень смертности. Кроме этого, исследователи оценивали, насколько успешно проводится коррекция этих факторов. Полученные результаты подтвердили, что при наличии одного или нескольких факторов риска (курение, артериальная гипертензия, сахарный диабет, повышение уровня холестерина и ожирение) риск смерти от ССЗ возрастает. Настораживает тот факт, что в условиях повседневной клинической практики не предпринимаются адекватные действия по устранению этих факторов, что может быть причиной роста смертности от данного заболевания [1].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) Украина опережает другие европейские страны по уровню смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. В 2011-2012 годах от инфарктов, инсультов и других ССЗ умерло около миллиона жителей Украины. Сердечно-сосудистые заболевания являются самой распространенной причиной смертности во всем мире, и превышают суммарную смертность от таких болезней как: рак, несчастные случаи, хронические заболевания легких, сахарный диабет, цирроз печени и самоубийства. По прогнозам ученых к 2030 году ежегодная статистика смертности от заболеваний сердца приблизится к 25 миллионам.

Высокий уровень летальных исходов в Украине связан, в первую очередь, с отсутствием ранней диагностики и профилактики кардиологической патологии, а также недоступностью для большей части населения лекарственных препаратов и услуг медицинско-санитарных служб, вследствие низких доходов [2].

Данное исследование строится на оценке сердечно-сосудистой системы организма человека для создания функционального мониторинга общего уровня здоровья. В этой статье речь пойдет о более узком анализе описанной проблемы. А именно, сравнение контрольной группы обследуемых и группы больных с разными заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Цель работы – рассмотреть и обосновать целесообразность создания метода диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы, основанного на анализе газовых компонентов пробы воздуха, который выдыхается человеком с ССЗ.

2. Постановка задачи

Многие ученые вели поиск способов инструментальной диагностики сердечных заболеваний, для того чтобы избежать огромного количества летальных исходов. До недавнего времени не существовало возможности регистрации работы сердца. Но, технологический прорыв во многих областях науки позволил создавать приборы для диагностики различных заболеваний, в том числе и сердечно-сосудистых. Например:

– электрокардиография – объективный метод регистрации разности потенциалов работающего сердца;

– фонокардиография – графическая регистрация звуковых явлений, возникающих при сокращениях сердца в норме и при имеющихся заболеваниях;

– эхокардиография – метод ультразвукового исследования сердца;

– холтеровское мониторирование – метод функциональной диагностики нарушений работы сердечной мышцы;

– коронарография – разновидность рентгенологического исследования, основанного на введении в коронарные сосуды контрастного вещества;

– внутрисосудистое ультразвуковое исследование – новый способ визуализации сосудов, в том числе и коронарных, который стал возможным техническому прогрессу;

– кардиовизор в клинике – это скрининговый прибор, позволяющий быстро разделить поток людей на здоровых и тех, кому необходимо пройти дополнительные обследования у кардиолога для диагностики заболевания [3].

Список этих методов хотелось бы пополнить разработанным методом экспресс-диагностики, который основан на использовании прибора «Электронный нос». Электронный нос (ЭН) – это мультисенсорная система экспресс анализа состояния воздуха, который выдыхается человеком. Исследования и разработки по созданию неинвазивных и быстрых способов диагностики состояния человека, выявления заболеваний на ранних стадиях их развития остается актуальной задачей, поскольку эффективность лечения многих заболеваний человека зависит от своевременного выявления отклонения физиологических показателей от нормы в доклинической фазе. Этим обусловлена необходимость контролировать достаточный набор физиологических параметров человека в состоянии здоровья. Следовательно, для реализации такого подхода нужно определить необходимый и достаточный набор контролируемых параметров, разработать методы и средства их контроля. Такие системы должны отвечать требованиям: объективность, оперативность, неинвазивность, дешевизна, высокая чувствительность и отсутствие воздействия на обследуемого. Перечисленные требования удовлетворяет устройство типа «Электронный нос» [4].

ЭН можно определить как программно-аппаратный комплекс, составляющими частями которого есть (рис. 1):

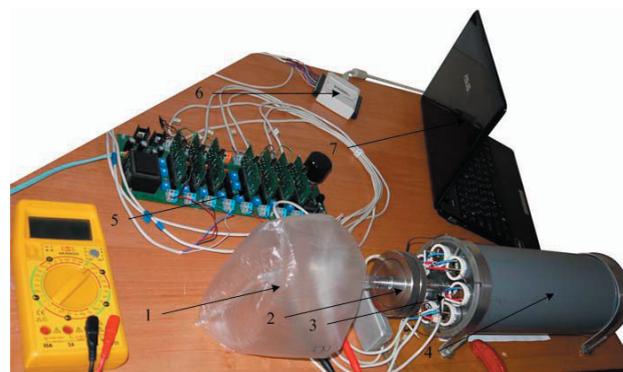


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс «Электронный нос»

1. Контейнер с пробой (вдыхаемый либо выдыхаемый воздух человека).

2. Влагопоглотитель, разработан специально для этого набора датчиков (один из химических сенсоров негативно реагирует на влагу/конденсат, который собирается в результате забора пробы).

3. Набор селективных сенсоров.

4. Пробоотборник – в середине находится поршень, с помощью которого забирается проба для анализа.

5. Блок измерительных усилителей сигналов двух и трехэлектродных сенсоров.

6. Аналого-цифровой преобразователь.

7. Персональный компьютер с программой визуализации сигналов датчиков и базой данных.

Поставлена задача в обнаружении отличия между пробами выдыхаемого воздуха здорового человека и пациента с ССЗ. Для опыта измерялось большое количество пациентов с разными заболеваниями ССС. Но основное внимание к себе привлекают пациенты со следующими диагнозами: ишемическая болезнь сердца (ИБС), стеноз митрального клапана (митральный стеноз, МС), стеноз клапана аорты (аортальный стеноз, АС).

ИБС очень распространенное заболевание, одно из основных причин смертности, а также временной и стойкой утраты трудоспособности населения в развитых странах мира. В связи с этим проблема ИБС занимает одно из ведущих мест среди важнейших медицинских проблем XXI века. Судьба больных с таким диагнозом во многом зависит от адекватности проводимого амбулаторного лечения, от качества и своевременности диагностики тех клинических форм болезни, которые требуют оказания больному неотложной помощи или срочной госпитализации [5].

Ишемическая болезнь сердца – патологическое состояние, характеризующееся абсолютным или относительным нарушением кровоснабжения миокарда, вследствие поражения коронарных артерий (рис. 2а). Сердце человека работает непрерывно всю жизнь. При физической нагрузке возрастает потребность организма в кислороде и питательных веществах и сердце вынуждено работать усиленно, в свою очередь оно тоже нуждается в усиленном кровоснабжении.

МС и АС относят к приобретенным порокам сердца, называемые также клапанными пороками (нарушение работы одного или нескольких клапанов сердца). Митральный стеноз – состояние, при котором отмечается сужение отверстия между левым предсердием и левым желудочком (рис. 2б).

Между этими двумя камерами сердца находится митральный клапан (двустворчатый). При сужении отверстия этого клапана отмечается затруднение прохождения крови из левого предсердия в левый желудочек. Также он может быть изолированным или сочетаться с недостаточностью митрального клапана и с поражением других клапанов [6]. Довольно часто эта болезнь является следствием ревматизма. Чаще всего формируется в молодом возрасте у женщин.

Стеноз клапана аорты – это состояние, при котором отмечается сужение клапана между левым желудочком и аортой (рис. 2в). При таких обстоятельствах кровь с затруднением попадает из левого желудочка в аорту, а далее и в остальные органы и ткани. При этом левый желудочек вынужден прилагать больше усилий

для того, чтобы качать кровь по организму. Чаще всего с этим диагнозом приходят к хирургическому вмешательству (замена клапана на искусственный образец). В ином случае несвоевременное лечение АС приводит к развитию недостаточности левого желудочка и может возникнуть сердечная недостаточность.

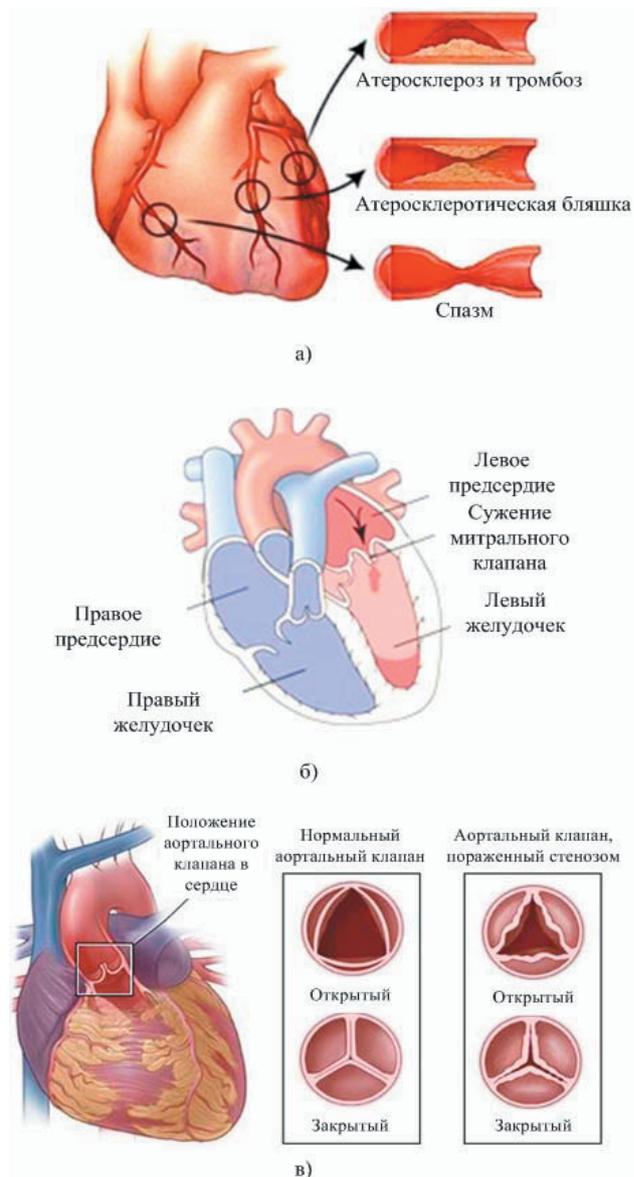


Рис. 2. Состояние сердца при : а) ИБС, б) МС, в) АС

В контрольную группу вошли «практически здоровые» (термин, употребляемый врачами к пациенту, у которого нет заболеваний) студенты, средний возраст которых 21 год. Всего собрано 92 пробы. Группа больных обследовалась на базе Исследовательского института сердечно-сосудистой хирургии им. Н. М. Амосова. В нее вошли: 107 пациентов с диагнозом ИБС, 20 – МС, 42 – АС, 26 – пациенты с другими диагнозами (дефект миокарда, дефект межжелудочковой перегородки и др.). Также для эксперимента измерены показатели воздуха помещения (вдыхаемый воздух пациента), где проводились опыты. Общие клинические характеристики обследуемых пациентов, включенных в анализ, можно просмотреть в табл. 1.

Также в базу данных заносилась следующая информация: пол, давление, частота пульса, вес, рост, группа крови, объем легких (для больных пациентов) и вредные привычки пациентов.

Необходимо было решить следующие задачи:

1. Проверить выборку на нормальность распределения с помощью метода Колмогорова-Смирнова.

2. Проанализировать зависимость между воздухом в помещении, где проводился эксперимент, и выдохом пациента.

3. Провести анализ между группами больных и контрольной группой.

Таблица 1

Клинические характеристики обследуемых пациентов, включенные в анализ

Клиническая характеристика обследуемых пациентов, n = 287	Абсолютная величина	%
Средний возраст контрольной группы, годы	21,39	-
Средний возраст группы больных, годы	57,21	-
Общий средний возраст	39,3	-
Проба воздуха	13	-
Контрольная группа	92	32,1
Группа с ИБС	107	37,3
Группа с МС	20	7
Группа с АС	42	14,6
Группа с другими диагнозами	26	9

3. Экспериментальные данные и их обработка

Для статистического анализа использовался пакет статистической обработки данных IBM SPSS Statistics 20.0. После подтверждения экспериментальных данных на нормальность распределения, проходило рассмотрение зависимости групп и проб воздуха помещения. Обработка данных проводилась с помощью критерия Стьюдента.

Изначально провели сравнение между группой здоровых пациентов и пробами воздуха помещения, где проводились опыты. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение уровней выдыхаемого и вдыхаемого воздуха пациентов с группы «Здоровые»

Показатель	Выдыхаемый воздух		Вдыхаемый воздух		Значимость	Разность средних
	Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение		
ch0	43,785	3,232	46,842	1,056	0,000	-3,057
ch1	-0,021	0,095	-0,317	0,621	0,112	0,296
ch2	-0,132	0,198	-2,256	1,304	0,000	2,124
ch4	0,403	0,041	-1,073	1,510	0,004	1,476
ch5	1,863	2,518	-1,158	2,664	0,000	3,022
ch6	0,494	0,351	0,078	0,526	0,015	0,416
ch7	0,071	0,052	-13,630	6,464	0,000	13,700

Разберем, что в этой таблице представлено. Показатель – это семь датчиков, амперметрического типа, которые использовались для анализа выдыхаемой пробы, сигналы которых анализируются. Среднее – это среднее значение сигнала датчика по группе. По значимости определяем разность исследуемых проб. В итоге подтвердилось, что различия между пробами здоровых пациентов (выдыхаемого воздуха) и воздуха помещения (вдыхаемого воздуха) существуют. Так как значимость соответствует отношению вероятности $P < 0,05$, следовательно анализируемые пробы не отличаются по одному признаку, это второй датчик ch1. По всем остальным датчикам видны различия. Что необходимо было доказать.

Далее проводилось сравнение всех групп больных с пробами воздуха помещения, в котором проводился эксперимент. Результат приведен в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение уровней выдыхаемого и вдыхаемого воздуха пациентов с группы «Больные»

Показатель	Выдыхаемый воздух		Вдыхаемый воздух		Значимость	Разность средних
	Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение		
ch0	46,693	2,054	46,842	1,056	0,656	0,148
ch1	-0,167	0,631	-0,317	0,621	0,407	-0,150
ch2	-1,032	1,665	-2,256	1,304	0,010	-1,223
ch4	2,138	1,917	-1,073	1,510	0,000	-3,212
ch5	0,181	15,788	-1,158	2,664	0,761	-1,339
ch6	0,365	4,662	0,078	0,526	0,825	-0,287
ch7	0,404	0,761	-13,630	6,464	0,000	-14,034

В этом случае различия есть, но не существенные. Их видно лишь по ch2, ch4 и ch7 датчикам, по остальным датчикам слишком малая значимость. Объяснить такой результат можно тем, что в помещении больницы, где проводились опыты, в воздухе, которым дышат пациенты слишком много медицинских ферментов, которые и вдыхают наши обследуемые. Еще нужно учитывать то, что пациенты принимают медикаменты для улучшения самочувствия либо подготовки к операции. К анализу данных проб подошли с другой стороны и анализировали зависимость не всей группы больных, а по диагнозу. Результаты по этой обработке данных будут приведены в последующих публикациях. Отметим только, что группа больных с другими диагнозами не есть информативной. Этот вывод можно объяснить слишком большой совокупностью разных диагнозов в одной группе.

Для подтверждения адекватной работы созданного программно-аппаратного комплекса в табл. 4 приведены результаты сравнения группы здоровых и больных пациентов. Анализ данных показывает значимое различие по основному датчику. Не существует различия только между двумя идентификаторами признака: ch5 и ch6.

Таблица 4

Сравнение уровней выдыхаемого воздуха пациентов с групп «Здоровые» и «Больные»

Показатель	Здоровые		Больные		Значимость	Разность средних
	Среднее	Стандартное отклонение	Среднее	Стандартное отклонение		
ch0	43,785	3,232	46,693	2,054	0,000	-2,908
ch1	-0,021	0,095	-0,167	0,631	0,002	0,146
ch2	-0,132	0,198	-1,032	1,665	0,000	0,901
ch4	0,403	0,041	2,138	1,917	0,000	-1,736
ch5	1,863	2,518	0,181	15,788	0,147	1,683
ch6	0,494	0,351	0,365	4,662	0,700	0,129
ch7	0,071	0,052	0,404	0,761	0,000	-0,334

4. Выводы

Существует много оценок функционального состояния сердечно-сосудистой системы организма. С по-

явлением нового метода исследования функционального состояния организма создаются дополнительные критерии.

В результате нет четкого набора требований для определения «нормы» функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека.

Большое значение в работе сердечно-сосудистой системы играет эндотелий и уровень оксид азота в организме человека. Разработанный диагностический газоанализатор имеет в своем составе сенсоры высокой чувствительности, в который входит датчик оксид азота.

Собранная база данных с обследуемыми пациентами была проверена на нормальность распределения с помощью метода Колмогорова-Смирнова. Аномальных значений показателей выявлено не было.

В результате статистической обработки подтверждена гипотеза о различных газовых портретах выдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

Определены схожие и различные газовые компоненты проб выдыхаемого воздуха, который замерялся в помещении, проб выдыхаемого воздуха пациентов и здоровых.

Литература

1. Rodriguez-Artalejo F, et al. BMC Public Health. – 2010. – 10-382 pp.
2. За 2 года от сердечно-сосудистых заболеваний умерло около миллиона украинцев. <http://medinfo.ua/blogs/0001b025001b50-bba838da48d2df417a>. – 2012.
3. Инструментальные ёания для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. <http://inzmed.ru/a73864-instrumentalnye-issledovaniya-dlya.html>. – 2012.
4. Зубчук, В. И. Экспресс-диагностика на основе селективных газоанализаторов [Текст] / В. И. Зубчук, В. Ф. Сташкевич, В. С. Якимчук – К.: Электроника и связь, № 3, 2010. – С. 104-107.
5. Ишемическая болезнь сердца. <http://medicina.ua/diagnosdiseases/diseases/640/704/>.
6. Митральный стеноз. Стеноз левого атриовентрикулярного устья. http://omsktherapy.narod.ru/0203_2.htm.

Abstract

The article considers the relevance of early treatment of people with heart diseases. We have justified creation of a method of express-diagnostics of the functional state of the cardiovascular system, which was based on the analysis of gas components of air that a patient breathed.

To achieve this goal a software and hardware complex of the "Electronic nose" type was created. This article provides a brief description of its structure.

The common diseases of the cardiovascular system were analyzed: coronary heart disease, mitral and aortic stenosis. We described their specificity and argued the importance of early diagnosis for rapid medical care. The study included patients with these diagnoses, as well as a control group (healthy patients).

The results of the statistical data processing were formulated: the differences between the samples of indoor air, samples of healthy patients and patients with cardiovascular diseases were found.

The suggested method helps solve effectively the problem of the rapid determination of diagnosis and the problem of detection of exhaled patient sample into components

Keywords: gas portrait, chemical sensors, composition of air exhaled by a human, cardiovascular system, rapid diagnostics