

## **КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ВРАЧА-КАРДИОЛОГА**

**Фатенков О.В.<sup>1</sup>, Дьячков В.А.<sup>1</sup>, Рубаненко О.А.<sup>1</sup>, Рубаненко А.О.<sup>1</sup>, Рябов А.Е.<sup>1</sup>,  
Фатенков Д.О.<sup>1</sup>, Фатенков Г.О.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: gelios-13@mail.ru*

В статье приводится обзор литературы, посвященной созданию автоматического рабочего места (АРМ) врача-кардиолога. АРМ врача – это программный модуль медицинской информационной системы, предназначенный для автоматизации ежедневных рутинных врачебных манипуляций, связанных с оформлением медицинской документации, что значительно ускоряет оформление приема пациентов за счет использования шаблонов и быстрых списков. Применение единого АРМ в клинической практике врача-кардиолога позволит выявлять факторы риска развития заболеваний у здоровых людей, а также проводить оценку эффективности медикаментозной терапии у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Как известно, важными методами инструментальной диагностики состояния системы кровообращения являются электрокардиография, эхокардиография и ультразвуковое сканирование (ультразвуковая доплерография) сосудов. Эти инструментальные методы исследования позволяют выявлять расстройства сердечного ритма и проводимости, детально описывать анатомические и функциональные изменения сердца и сосудов, однако они требуют использования дорогостоящей аппаратуры и участия высококвалифицированного персонала. Для анализа состояния сосудов также используются методы, оценивающие сосудистую кинетику, такие как реография, сфигмография. Комплексный анализ всех показателей вышеуказанных кривых позволит повысить эффективность проводимой дифференциальной диагностики основных заболеваний сердца, а также отслеживать динамику развития. Программа анализирует в автоматическом режиме различные необходимые параметры, оценивает состояние здоровья пациента, а в случае выявления заболевания может определить форму (степень тяжести) последнего. Этот способ комплексного анализа дает возможность проводить дифференциальную диагностику основных заболеваний сердца и сосудов в рамках персонифицированной медицины, а также определять прогноз персонально для конкретного пациента и осуществлять контроль за динамикой состояния, в том числе на фоне проводимой терапии.

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место врача-кардиолога, сфигмография, реография.

## **COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE STATE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN THE AUTOMATED PLACE OF A CARDIOLOGIST**

**Fatenkov O.V.<sup>1</sup>, Dyachkov V.A.<sup>1</sup>, Rubanenko O.A.<sup>1</sup>, Rubanenko A.O.<sup>1</sup>, Ryabov A.E.<sup>1</sup>,  
Fatenkov D.O.<sup>1</sup>, Fatenkov G.O.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Federal state budgetary educational institution of higher education "Samara State Medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Samara, e-mail: gelios-13@mail.ru*

The article provides the literature review on the creation of an automatic workplace of cardiologist. The automated doctor's workplace is a software module of a medical information system designed to automate daily routine medical manipulations related to the registration of medical documentation, which significantly speeds up the registration of patient appointments with templates and quick lists. The use of a single automated workplace in clinical practice of cardiologist will allow identifying the risk factors in healthy people, to evaluate the effectiveness of drug therapy in patients with cardiovascular diseases. Important methods of instrumental diagnostics of the circulation system are electrocardiography, echocardiography and ultrasound scanning of blood vessels. These instrumental methods can detect heart rhythm and conduction disorders, describe anatomical changes in detail, and identify functional disorders, but they require the use of expensive equipment and the participation of highly trained personnel. For cardiac cycle analysis, other indirect methods such as rheography, sphygmography that record various manifestations of cardiovascular kinematics are also used. A comprehensive analysis of all indicators of biomechanical curves allows to perform the differential diagnosis of major cardiologic diseases and to monitor the dynamics of their development. Then, in automatic mode, the program analysis different indicators that are necessary for diagnostics. The program evaluates whether a patient is healthy or not, and if he is sick, determines the form of the disease. This method of complex analysis

**makes it possible to make a differential diagnosis of major cardiovascular diseases, determine the prognosis for a particular patient, and monitor the dynamics of disease on the background of ongoing therapy.**

---

Keywords: automated workplace of a cardiologist, sphygmography, rheography.

Многопрофильные лечебно-профилактические учреждения – это крупные больницы со сложной организацией структурных подразделений, обеспечивающих обследование и лечение различных групп пациентов. Поскольку показатели качества их работы определяются не только численностью, квалификацией персонала и наличием того или иного оборудования, но и скоростью обработки большого количества различной медицинской информации, без автоматизированной системы функционирование такого рода учреждений представить трудно. Полноценно обеспечить бесперебойную работу такой системы возможно исключительно с помощью электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Вероятность правильной диагностики заболеваний увеличится при использовании ЭВМ в качестве устройств для обработки медицинской информации с прогнозированием риска развития заболеваний или осложнений. Компьютер может анализировать большие объемы данных, принимать во внимание огромное количество показателей и за счет этого повышать точность постановки верного диагноза.

История возникновения медицинских информационных систем относится к пятидесятым годам XX века, когда в Соединенных Штатах Америки появились компьютеры многоцелевого назначения. Пионером в этой области был MEDINET, созданный фирмой General Electric (США).

В пятидесятые годы разработана программа *Piad*, направленная на диагностику врожденных пороков сердца и использовавшаяся медицинскими работниками в постановке правильного диагноза.

Начальные упоминания об использовании персональных компьютеров (ПК) в отечественном здравоохранении относятся к 50-60-м годам XX века в исследованиях А.А. Вишневого, Р.М. Баевского, Н.М. Амосова и ряда других ученых. В вышеуказанных работах речь шла о достижениях различных математических подходов в научно-исследовательских, управленческих, а также клинических областях [1].

В начале 70-х годов в России создавались автоматизированные медицинские системы, в частности в 1964 г. в лаборатории кибернетики Института хирургии имени А.В. Вишневого была разработана первая система, направленная на диагностику врожденных пороков сердца. В 1969 г. в Институте сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева создана система автоматической диагностики поражения клапанов сердца [1].

В это время на базе крупных научных медицинских центров активно развивалась медицинская статистика. С 1967 года в здравоохранение России начали внедряться

различные вычислительные системы. Наблюдалась регистрация научно-исследовательских институтов (НИИ), осуществлявших разработку и внедрение в медицинскую практику различных компьютерных систем, в их числе была медико-математическая лаборатория Российского НИИ нейрохирургии им. А.Л. Поленова и компьютеризированная консультативная система для пациентов с черепно-мозговой травмой [2; 3].

В 1969-1970 годах в нашей стране активно внедрялся курс, посвященный основам медицинской кибернетики, в 1979 г. появились и первые врачи-кибернетики.

Выпуск ЭВМ третьего поколения и появление первых ЭВМ четвертого поколения позволили внедрять их в новые области медицины [1].

В 1980 году сотрудниками кафедры пропедевтической терапии Куйбышевского медицинского института (руководитель – профессор В.Н. Фатенков), благодаря созданной новой фазовой теории сердечного цикла, была впервые проанализирована механическая активность левого желудочка на ЭВМ ЕС – 1022. Было установлено различие диастолической активности субэндокардиального и субэпикардиального слоев миокарда у различных групп пациентов с заболеваниями сердца. Проведенная работа позволила разработать методику автоматизированного анализа апекскардиограмм АРЕХАН. В последующих исследованиях был проведен углубленный анализ механической активности миокарда и центральной гемодинамики.

В 90-х годах XX века выявлены сильные стороны интегрированных информационных систем, заключающиеся в точности и доступности собранных и проанализированных данных, оптимизации получаемой информации [3]. Эти системы, несомненно, повышают качество принятия решений в практике врачей, а также способны улучшить их интеллектуальную работу.

Учитывая повсеместное использование ПК, информатизация медицины значительно ускорила, что привело к появлению различных медицинских информационных систем с дальнейшей разработкой и внедрением в практику многочисленных автоматизированных рабочих мест (АРМ) врачей практического здравоохранения.

Основными задачами в области увеличения ресурсов здравоохранения являются создание новых приборов и систем на базе микропроцессоров, а также повышение эффективности оборудования и производительности труда, в первую очередь, в сфере информации [4; 5]. Применение единого АРМ в клинической практике врача-кардиолога позволит выявлять факторы риска у здоровых людей и оценивать эффективность проводимой терапии у пациентов с сердечно-сосудистой патологией [6; 7].

Важными методами инструментальной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы являются электрокардиография, эхокардиография (ЭхоКГ) и ультразвуковое

сканирование (ультразвуковая доплерография – УЗДГ) сосудов. Электрокардиография позволяет нам выявлять нарушения ритма и проводимости, но при функциональных изменениях ее анализ малоинформативен. Ультразвуковые методы (ЭхоКГ, УЗДГ сосудов) позволяют детально описать анатомические изменения и выявить функциональные расстройства, но они требуют использования дорогостоящей аппаратуры и участия высококвалифицированного персонала [8; 9].

Актуальным представляется проведение поликардиографии – комбинированного исследования, основанного на одновременной регистрации нескольких кривых сердечно-сосудистой системы, чаще электрокардиограммы, сфигмограммы сонной артерии, фонокардиограммы, а также апекскардиограммы, что позволяет оценивать продолжительность фаз кардиоцикла. Необходимо отметить, что в 1911 г. Gerhartz впервые сделал подобные синхронные записи с целью фазового анализа [10]. В 1937 г. Schultz вновь применил эти кривые, характеризующие сердечную деятельность, и провел с их помощью оригинальный расчет основных систолических фаз – периода напряжения и периода изгнания [11]. Blumberger сумел практически и теоретически обосновать новый метод оценки фаз сердечного цикла у человека (1940 г.), что получило признание физиологов и клиницистов. Метод был дополнен В.Л. Карпманом и С.Б. Фельдманом [11].

Для анализа состояния сосудов также используются методы, оценивающие сосудистую кинетику, такие как реография (РеоГ), сфигмография (СГ) [12-14].

Апекскардиография (АКГ) является методом регистрации колебаний грудной клетки, обусловленных работой сердца. Регистрация должна проводиться лежа на левом боку при расположении датчика в области пальпации верхушечного толчка. СГ является методом регистрации колебаний стенки артерий, которые возникают вследствие волны давления крови во время каждого кардиоцикла. Методика компьютерной СГ была разработана на кафедре пропедевтической терапии Самарского государственного медицинского университета В.Н. Фатенковым, А.В. Германовым и Л.П. Бухваловой в 1990 г. [11]. При этом колебания стенки артерий и области верхушечного толчка регистрируются с помощью воронки, соединенной с датчиком давления. РеоГ – метод регистрации колебаний электрического сопротивления тканей организма в связи с изменением кровенаполнения. Данный метод позволяет изучать периферическое кровообращение, тонус сосудов, степень выраженности коллатерального кровообращения, функционирование вен. Метод основан на взаимосвязи между токопроводимостью различных тканей организма и степенью их кровенаполнения. Проведение РеоГ представляет собой пропускание высокочастотного тока через исследуемую область и дальнейшую графическую регистрацию комплексного электрического сопротивления, меняющегося в зависимости от наполнения тканей кровью. С

помощью данного метода возможно одновременное изучение кровенаполнения сразу нескольких сосудистых областей, даже симметричных. Фонокардиография (ФКГ) является методом, позволяющим регистрировать и анализировать звуки, которые возникают во время работы сердца. Анализ работы сердца осуществляется с помощью специального микрофона, фиксирующего вышеуказанные звуки [11].

Поликардиограмма в типичном случае – это синхронная запись ЭКГ, ФКГ и СГ центрального пульса. При регистрации ЭКГ наиболее часто используется II стандартное отведение. ФКГ чаще всего записывается с точки Боткина. СГ, как правило, регистрируется с сонной артерии [15; 16].

В настоящее время метод потерял свое клиническое значение по следующим причинам: необходимость одновременного вывода нескольких кривых на бумажную ленту, громоздкость оборудования, ручная обработка результатов, оценка только длительностей фаз сердечного цикла. Получаемых при этом методе показателей недостаточно для точной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Сущность разработанного нами современного способа поликардиографии заключается в том, что он выявляет большое количество различных показателей и, следовательно, позволяет давать точную характеристику биомеханике сердца и сосудов у конкретного пациента. Анализ параметров при помощи вычислительной техники позволяет проводить дифференциальный диагноз основных сердечно-сосудистых заболеваний, давать их прогноз у конкретного пациента, осуществлять оперативный контроль за динамикой состояния, в том числе на фоне лечения.

Пациент ложится на кушетку, ему проводят измерение артериального давления, цифры которого вместе с личными данными (ФИО, возраст) вносятся в компьютер. Прикладывают воронку (конусом над исследуемым сосудом при сфигмографии и над областью верхушечного толчка при апекскардиографии) и регистрируют (автоматически) амплитуду апекскардиограммы и сфигмограммы (с шагом по времени 0.02 с). Параллельно проводят запись РеоГ путем наложения электродов: на грудную клетку при РеоГ легочной артерии, на конечности при реовазографии. Одновременно с этим записывают ЭКГ пациента во II стандартном отведении. Результаты исследования передаются на компьютер с помощью аналого-цифрового преобразователя.

В Самарском национальном исследовательском университете имени С.П. Королева совместно с сотрудниками кафедры пропедевтической терапии СамГМУ разработан прибор Арехан, который позволяет одновременно регистрировать несколько показателей: ЭКГ, апекс-, реовазограмму и объемную сфигмограмму с верхних и нижних конечностей. Прибор

подключается к персональному компьютеру, где при помощи разработанного пакета прикладных программ проводится анализ регистрируемых кривых.

Данный прибор может использоваться в рамках автоматизированного рабочего места врача-кардиолога в соответствии с прилагаемой принципиальной схемой (рис. 1).

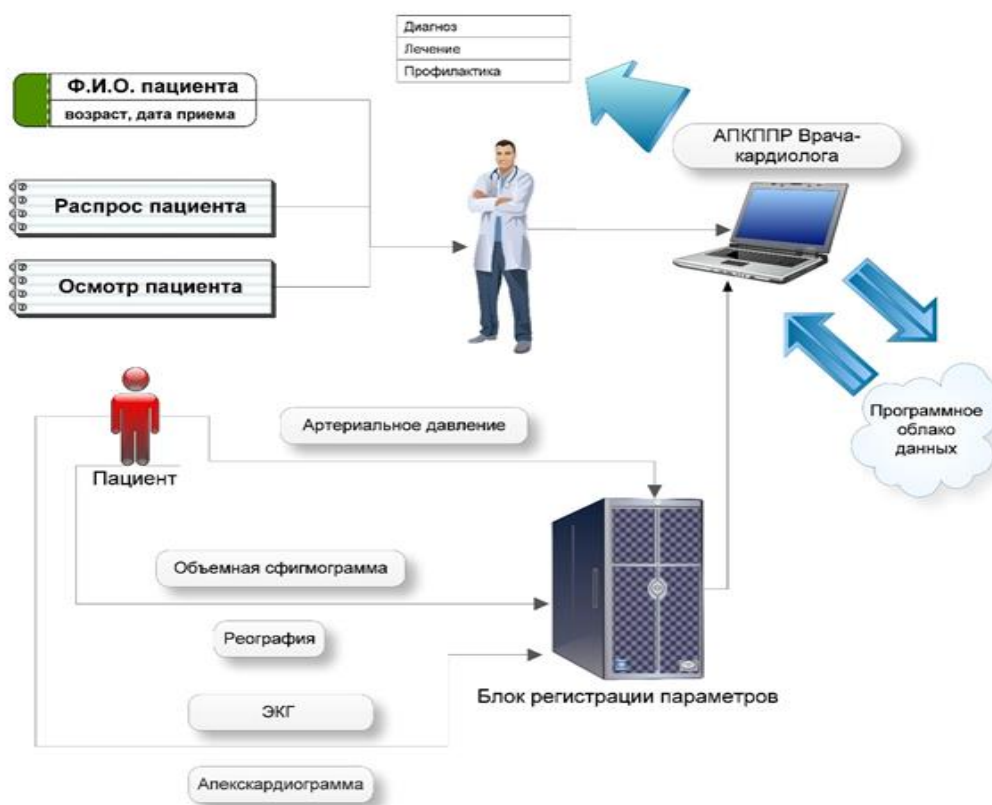


Рис. 1. Схема аппаратно-программного комплекса помощи принятия решений врача-кардиолога

Определение основных показателей биомеханики в каждую фазу кардио- и сосудистого цикла, таких как длительность, средняя и экстремальная скорость, среднее и экстремальное ускорение, средняя и экстремальная мощность и работа, проводят с помощью компьютерной программы. Как известно, точки экстремума вторых производных АКГ, СГ и РеоГ, а также их переходы через ноль совпадают с границами фаз сердечного и сосудистого циклов. При этом, при имеющихся значениях первой и второй производных (скорость  $V$  и ускорение  $A$ ), можно определить мощность  $N$  и работу  $W$  для каждой фазы, причем для  $V$ ,  $A$  и  $N$  определяются средние и экстремальные значения.

Комплексный анализ вышеуказанных показателей биомеханических кривых позволяет диагностировать основные сердечно-сосудистые заболевания, а также осуществлять контроль в динамике.

В среде программирования Microsoft Visual Studio разработана компьютерная программа «Апекс», которая позволяет анализировать файлы с показателями

вышеуказанных кривых конкретных пациентов, осуществлять построение гистограмм, определять процентное отклонение значения каждого показателя у пациента относительно всего диапазона значений в выборке. Программа в автоматическом режиме по разработанному алгоритму проводит анализ на минимальный набор показателей, необходимых для диагностики (рис. 2). Программа анализирует данные показатели, оценивает состояние здоровья пациента, а в случае выявления заболевания может определить форму (степень тяжести) последнего. Программа правильно распознает заболевания у пациентов в более чем 90% случаев.

Идентификатор пациента	Возраст пациента, лет
1	47
2	41
3	52
4	54
5	45
6	58
7	58
8	49
9	41
10	53
11	43
12	56
13	55
14	38
15	59
16	60
17	46
18	46
19	47
20	34
21	35
22	44
23	42
24	49

Параметр диагностики	Расхождение величины о...	Эталонный диапазон
Длительность фазы МИ-2	48,95105	0,098 - 0,241
Средняя скорость фазы ПК	-6,772383	1,307 - 4,334
Средняя скорость фазы ПД	-67,38307	6,668 - 11,414
Средняя скорость фазы МИ-1	-40,08593	4,735 - 9,39
Экстремальная скорость фазы ПД	-59,7784	7,443 - 13,129
Среднее ускорение фазы ПК	-25,72847	48,815 - 139,45
Среднее ускорение фазы ПД	-24,37827	40,227 - 92,179
Среднее ускорение фазы МИ-1	-31,10086	65,525 - 149,214
Среднее ускорение фазы МИ-2	-35,94447	28,486 - 67,09
Экстремальное ускорение фазы ПК	-25,94415	72,675 - 162,703
Экстремальное ускорение фазы ПД	-25,94415	72,675 - 162,703
Экстремальное ускорение фазы МИ-1	32,42495	-203,578 - -89,419
Средняя мощность фазы ПК	-14,37573	122,471 - 724,59
Средняя мощность фазы ПД	-26,615	279,069 - 990,818
Средняя мощность фазы МИ-1	-25,08017	283,535 - 1024,495
Средняя мощность фазы МИ-2	-8,226755	27,306 - 179,541
Экстремальная мощность фазы ПД	-33,21355	424,43 - 1291,862
Экстремальная мощность фазы МИ-1	21,92442	-1567,084 - -384,891
Работа фазы ПК	-27,36942	7,245 - 25,108
Работа фазы ПД	-25,18685	10,683 - 39,047
Работа фазы МИ-1	-17,85555	12,356 - 57,3

	СП	ПК	ПД	МИ-1	МИ-2	РИ	СД	БН
Длительности фаз	0,12	0,066	0,039	0,044	0,311	0,078	0,112	0,063
Средняя скорость	1,468	1,102	3,47	2,869	1,003	2,129	4,597	1,299
Экстремальная скорость	2,261	2,134	4,044	1,629	-2,096	-3,804	-6,537	1,893
Среднее ускорение	16,751	25,496	27,562	39,497	14,61	33,82	57,711	47,865
Экстремальное ускорение	22,88	49,318	49,318	-52,403	3,64	-64,881	101,075	101,075
Средняя мощность	23,04	35,912	89,637	97,701	14,782	93,459	224,705	45,059
Экстремальная мощность	33,187	97,343	136,325	-125,702	28,735	256,473	297,422	75,895
Работа	2,765	2,356	3,539	4,331	4,591	7,257	25,247	2,849

Рис. 2. Пример рабочего окна программы «Алекс»

На вход программы необходимо предоставить файлы в формате csv – числовые характеристики сердечно-сосудистых кривых пациента. В базе сравнения заложены данные больных с наиболее частыми сердечно-сосудистыми заболеваниями (хронический

коронарный синдром, перенесенный инфаркт миокарда, артериальная гипертензия, сердечная недостаточность I-IV функционального класса) в различных комбинациях. При обследовании конкретного пациента возможно построение гистограммы и интегрального закона распределения выборки анализируемой патологии и здоровых людей, а также представление позиции этого пациента на графике сравниваемых выборок (рис. 3).

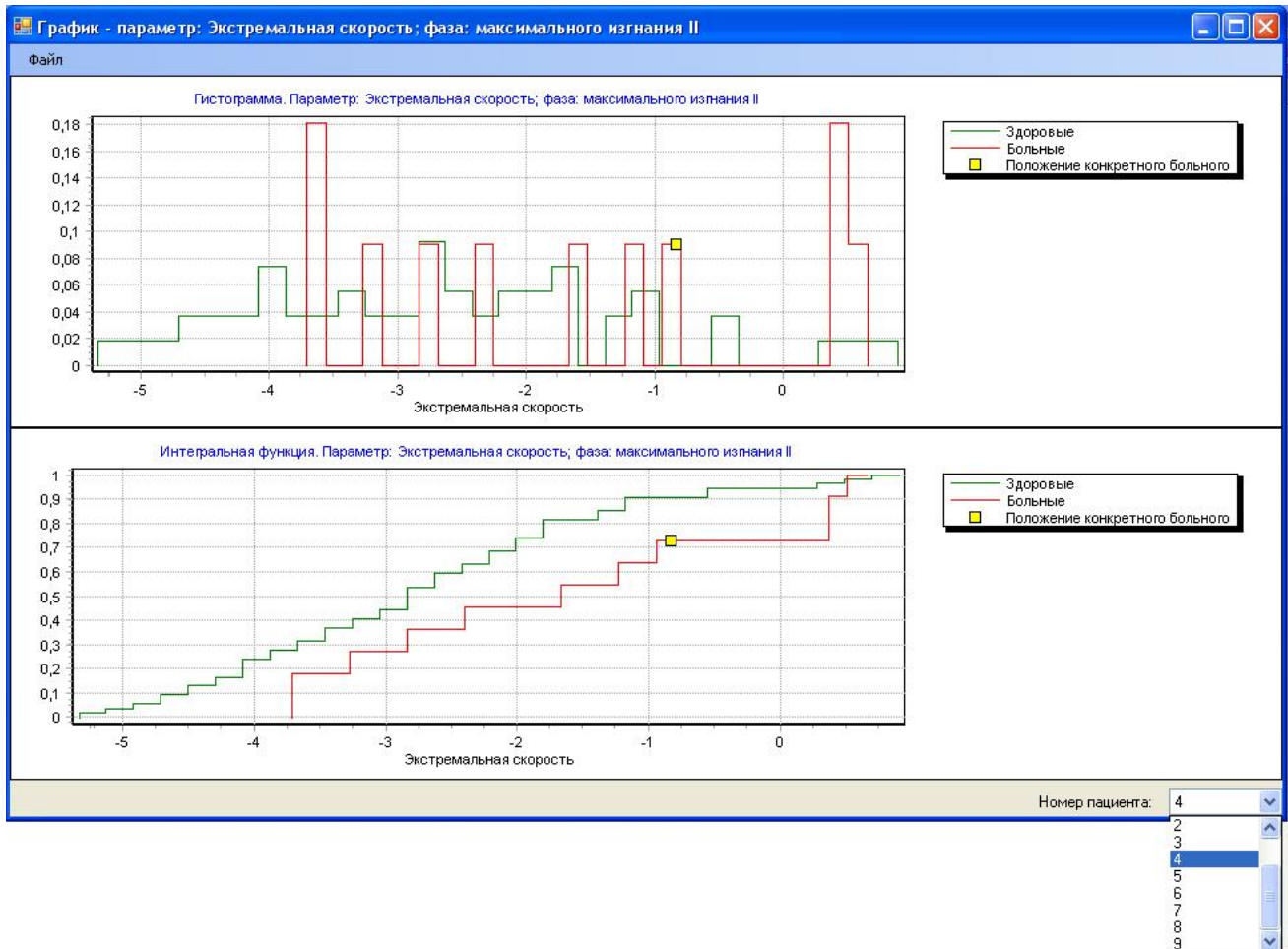


Рис. 3. Вид формы «Диагностика пациента»

Способ дает возможность проводить диагностику основных заболеваний сердца и сосудов, давать их прогноз у конкретного пациента, осуществлять оперативный контроль за динамикой состояния, в том числе на фоне лечения. Метод может быть рекомендован в медицинскую практику.

**Заключение.** Использование автоматизированных рабочих мест позволит снизить частоту врачебных ошибок за счет комплексного анализа параметров состояния сердечно-сосудистой системы, а также обеспечит информативность обследования пациентов с факторами риска кардиоваскулярной патологии для принятия решения дальнейшего ведения и лечения.



## Список литературы

1. Калинин А.Ю., Столбовский Д.Н., Арунц Г.Г. Информационные технологии в медицине и здравоохранении: Практикум. Ростов н/Д.: Феникс, 2009. 382 с.
2. Кобринский Б.А., Зарубина Т.В. Медицинская информатика. 3-е издание. М.: Academia, 2012. 192 с.
3. Хай Г.А. Информатика для медиков. М.: СпецЛит, 2009. 224 с.
4. Явелов И.С., Рочагов А.В. Универсальный пульсомер-тонометр // Медицинская техника. 2015. № 5. С. 22-25.
5. Явелов И.С. Программно-аппаратный комплекс для регистрации пульсовых волн // Медицинская техника. 2012. № 6. С. 28-31.
6. Чуб И.С., Милькова А.В., Елисеева Н.С. Состояние кардиореспираторной системы у студентов с различной степенью устойчивости к гипоксии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2014. № 52. С. 8-15.
7. Щукин Ю.В., Гаранин А.А., Рябов А.Е., Германов А.В. Кинетика магистральных артерий на фоне факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний // Медицинский альманах. 2012. № 4. С. 130-133.
8. Пурыгина М.А., Милягин В.А., Агеенкова О.А., Кохонова О.П. Сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI) - неинвазивный метод определения атеросклеротического поражения коронарных артерий // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9687> (дата обращения: 27.06.2021).
9. Уразалина С.Ж., Бойцов С.А., Балахонова Т.В., Кухарчук В.В., Карпов Ю.А. Динамика факторов риска и признаков субклинического атеросклероза у лиц с низким и умеренным риском по шкале SCORE при различной врачебной тактике ведения: итоги двухлетнего наблюдения // Терапевтический архив. 2012. № 9. С. 58-64.
10. Винокурова И.Г., Белан Н.В., Гороховская О.С., Тевелевич Е.И., Болоняева Н.А. Роль методов функциональной диагностики в комплексном исследовании периферических артерий // Здравоохранение Дальнего Востока. 2017. № 4. С. 103-105.
11. Фатенков В.Н., Фатенков О.В. Новое в биомеханике сердца, артерий и малого круга кровообращения: монография. Самара: «Издательство Ас Гард», 2012. 331 с.
12. Алиева А.С., Бояринова М.А., Орлов А.В. с соавт. Сравнительный анализ методов диагностики субклинического поражения сосудов (на примере выборки эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ) // Российский кардиологический журнал. 2016. № 6. С. 20-26.

13. Карлов А.А., Карлова Н.А., Золозова Е.А., Мазур Н.А., Саютина Е.В., Чигинева В.В. Использование осциллометрических тонометров высокой точности для определения лодыжечно-плечевого индекса при обследовании больных с подозрением на наличие атеросклероза артерий нижних конечностей // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2016. № 1. С. 40-45.
14. Золотовская И.А., Давыдкин И.Л. Изменения параметров артериальной жесткости и эндотелиальной дисфункции у больных с фибрилляцией предсердий, перенесших кардиоэмболический инсульт, на фоне антикоагулянтной терапии // Фарматека. 2017. № 6. С. 26-32.
15. Погодина М.В., Милягина И.В. Объемная сфигмография - один из значимых методов определения артериальной жесткости у больных терапевтического профиля // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017. № 16 (2). С. 101-106.
16. Семушкина Е.А., Зеленко А.В., Синякова О.К., Щербинская Е.С. Возможности объемной сфигмографии как метода скрининговой диагностики сердечно-сосудистых заболеваний // Медицинский журнал. 2017. № 61 (3). С. 26-30.