

**КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ГЕМОДИНАМИКИ**

**Попов А. С., Кулинич А. С, Солдатов А. В.,  
научный руководитель д-р техн. наук Алдонин Г. М.  
СФУ, Институт инженерной физики и радиоэлектроник**

По данным Всемирной организации здравоохранения в 2008 году от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) умерло 17,3 миллиона человек, что составляет около 30% от всех случаев смерти в мире. Прогноз смертности от ССЗ на 2030 год – 23,3 миллиона человек. Повышение эффективности лечения и возвращение пациентов к активной жизни связаны со своевременным обнаружением заболеваний и быстрым оказанием квалифицированной помощи, а предотвращение заболеваний требует раннего выявления латентных форм заболеваний, развитие системы персонального мониторинга здоровья населения, особенно удаленных районов, при чем аппаратные средства мониторинга должны реализоваться и как средства индивидуального пользования, в идеале, как опция сотовых телефонов.

В лаборатории медицинского приборостроения Института инженерной физики и радиоэлектроники СФУ разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) мониторинга гемодинамики на базе рекордера МКМ-12 (рис. 1), предназначенный для неинвазивного, атравматичного и, главное, постоянного мониторинга сердечно-сосудистой деятельности по расширенному комплексу основных физиологических параметров и их производных. АПК спроектирован с учетом обеспечения возможности использования современной инфокоммуникационной инфраструктуры для целей дистанционной передачи отчетов о функциональном состоянии пациента (E-mail, INTERNET, WI-FI, Bluetooth и по сетям сотовой связи на основе мобильных GPRS-технологий).

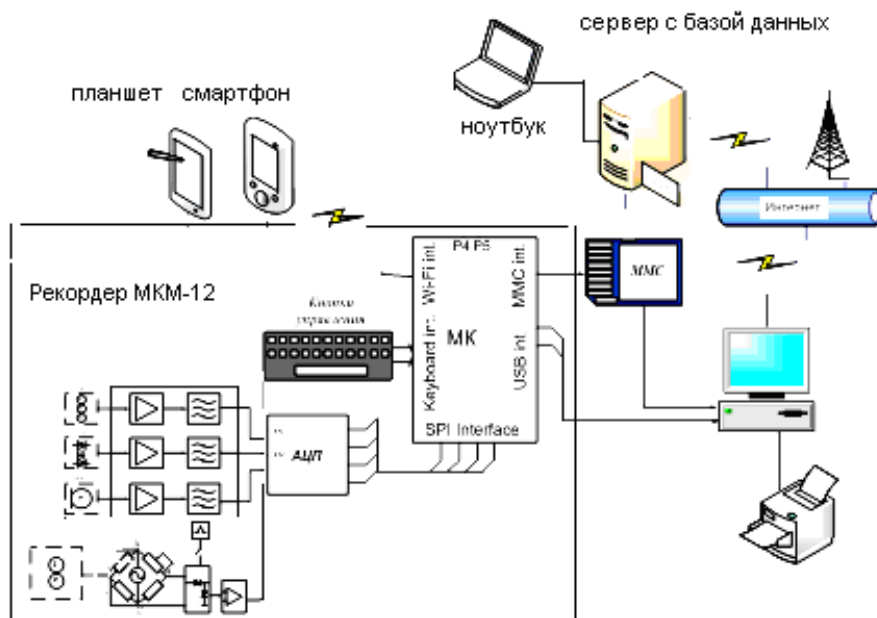


Рис. 1. АПК мониторинга гемодинамики на базе рекордера МКМ-12

АПК позволяет одновременно производить многочасовую запись кардиоинтервалограммы (КИГ) для диагностики по вариабельности сердечного ритма (ВСР), электрокардиосигналов (ЭКС), реограммы и фотоплетизмограммы пульсовой волны (ПВ) (рис.2, а), для оценки гемодинамических параметров при их совместном анализе. В последнее время большой интерес проявляется к контролю состояния артериального сосудистого тонуса по времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) (рис.2, б). В АПК на базе рекордера МКМ-12 ВРПВ используется для неинвазивного, атравматичного и, главное, постоянного мониторинга артериального давления (АД) и таких параметров, как содержание сахара в крови и протромбинов (вязкость крови, приводящая к тромбозу сосудов).

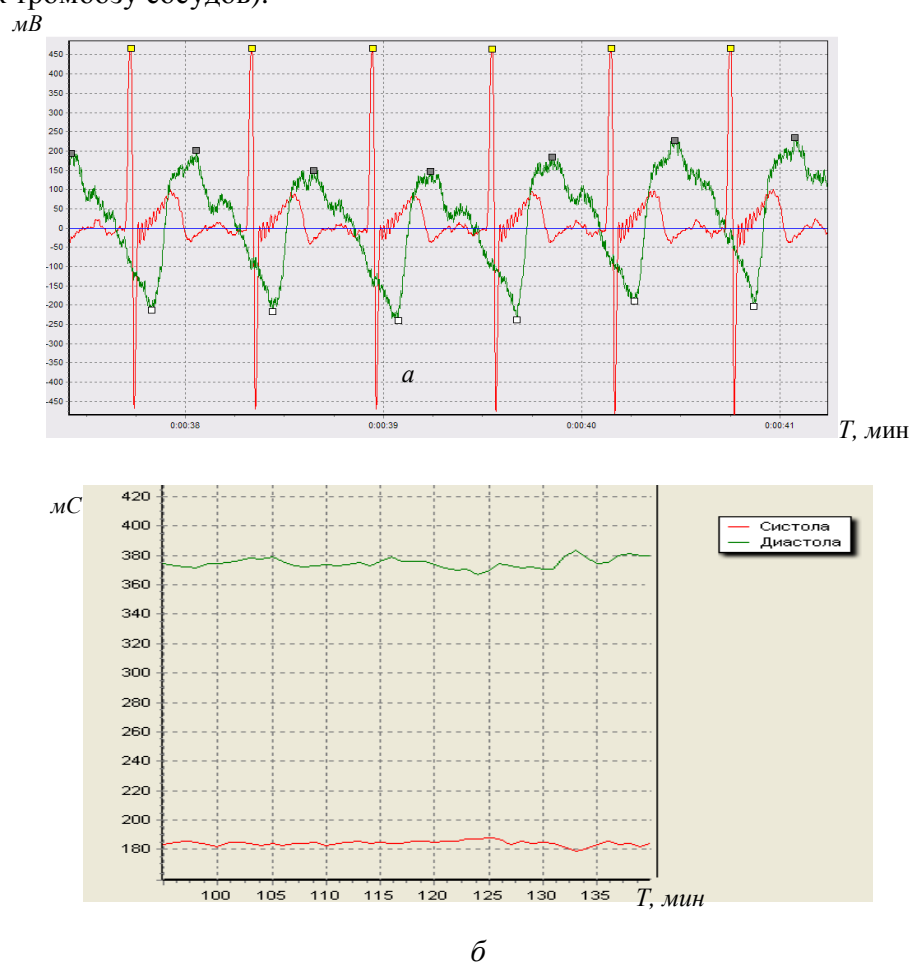


Рис.2. Совместная запись сигналов ЭКГ и ПВ (а) и измерение ВРПВ в фазе систолы – верхний график и фазе диастолы – нижний график (б)

Экспериментальные изменения задержки ВРПВ от изменения АД приведены в таблице 1 и на рис. 3. ВРПВ изменялось за счет изменения давления при физической нагрузке в 20 приседаний. Разность ВРПВ до, после и во время восстановления показывает однозначную связь ВРПВ с артериальным давлением в сосуде (АД), измеренным сертифицированными амбулаторными мониторами VPLab и автоматическим монитором кровяного давления A&D Medical и ВРПВ, (рис. 3). Экспериментально определялось

соответствие изменения ВРПВ изменению артериального давления: ВРПВ в зависимости от нагрузки измеренным монитором МКМ-12 и измеренным САД и ДАД сертифицированными амбулаторными мониторами VPLab и автоматическим монитором кровяного давления A&D Medical.

Таблица 1. Измерение ВРПВ

№ пац.	Возраст	Нагрузка (присед-я)	ВРПВ (мс)			ВРПВ ср
			1 отсч.	2	3	
1	23	В покое	200	168	192	187
		После 5	168	180	180	176
		После 10	176	152	160	163
		После 15	160	165	144	156
		После 20	120	124	156	133
2	21	В покое	204	208	192	201
		После 5	156	165	164	161
		После 10	152	156	152	153
		После 15	150	156	152	152
		После 20	136	144	148	142
3	22	В покое	168	180	180	174
		После 5	160	168	164	164
		После 10	144	144	136	142
		После 15	128	136	128	132
		После 20	104	120	132	119
4	22	В покое	180	168	156	168
		После 5	144	144	144	144
		После 10	128	128	136	132
		После 15	132	108	144	128
		После 20	112	104	120	112
5	21	В покое	204	180	168	184
		После 5	156	132	144	144
		После 10	144	144	152	148
		После 15	138	138	138	138
		После 20	120	128	120	124
6	21	В покое	180	168	180	176
		После 5	152	156	160	156
		После 10	156	132	144	144
		После 15	122	138	144	128
		После 20	116	120	122	119
7	22	В покое	180	186	192	186
		После 5	160	156	154	157
		После 10	156	144	144	152
		После 15	132	136	138	136



Рис.3 – ВРПВ для 7 человек при

различных нагрузках на пяти этапах:

в мс ВРПВ от нагрузки в систоле:

1 – в покое; после нагрузки:

2 - 5 приседаний;

3 - 10 приседаний;

4 - 15 приседаний;

5 - 20 приседаний;

Мониторинг сахара в крови по ВРПВ, рекордером МКМ-12, производится по отсчётам времени между R-зубцом электрокардиосигнала и началом пульсовой волны (фаза систолы). Одновременно контролировалось артериальное давление тонометром

A&D Medical и содержание сахара в крови глюкометром OneTouch, которое периодически сравнивалось с лабораторным определением уровня содержания сахара в крови. Прослеживается прямая зависимость ВРПВ от содержания сахара в крови. Ниже приведены экспериментальные данные мониторинга сахара в крови по коэффициенту давления  $K_d$ , который определяется как отношение АД в фазе систолы к АД в фазе диастолы.

Взаимосвязь ВРПВ в фазе систолы ( $ВРПВ_c$ ) от содержания сахара в крови представлена в Таблице 2 и на рис. 5.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента давления от содержания сахара в крови испытуемого

Кд	1,71	1,69	1,9	1,78	1,8	1,98	2,03	2,17	2,1	2,18	2,08	2,1	1,76	2,167	2,8	1,64
САД			155				144	152	144	131	144		107		150	91
ДАД			80				71	70	68	60	69		60		53	56
Сахар	4,8	8,1	9,6	10,3	10,7	11,6	12,1	13,2	13,3	13,9	14,1	16,2	17,2	17,3	21,2	24,1

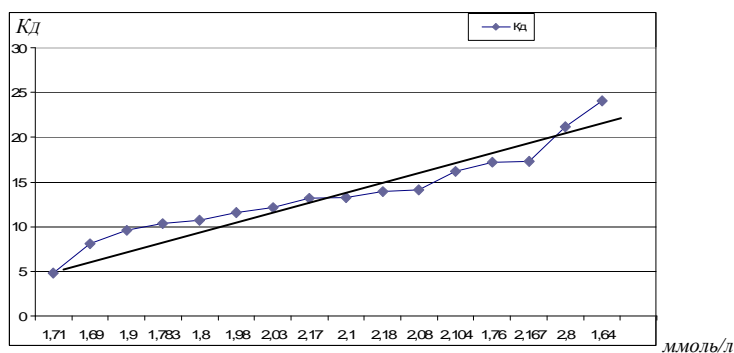


Рис. 4 - Зависимость коэффициента давления от содержания сахара в крови испытуемого

Таблица 4 - Зависимость ВРПВ от содержания сахара в крови

Давление С/Д	Сахар	ВРПВ <sub>с</sub>
152/83	5,5	170
140/63	8,2	130
147/75	9,2	115
157/76	11,4	100
162/69	12,7	65
168/71	14,1	55

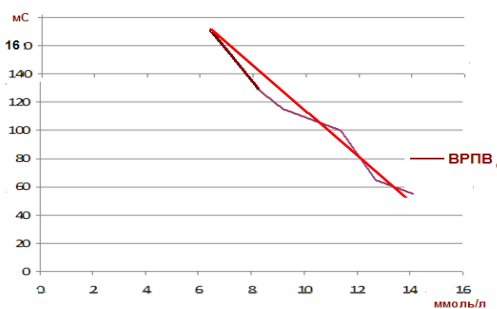


Рис.5 – Зависимость ВРПВ от содержания сахара в крови

Предлагаемый метод может также использоваться для контроля вязкости крови в целях профилактики инсультов и инфарктов. Измерение вязкости крови в зависимости от приема таблетки приведено в таблицу 3 и на рис. 7.

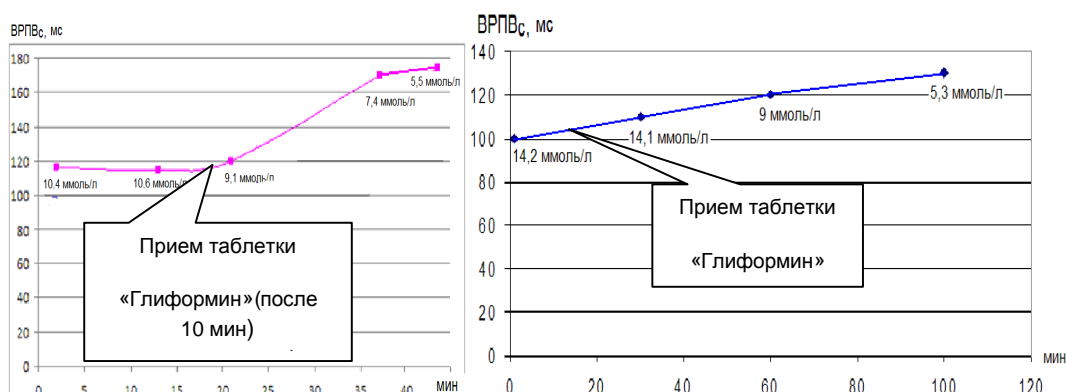


Рис. 6 - Зависимость ВРПВ в фазе систолы от времени при приеме таблетки Глиформин, 0.5 г.

Таблица 5 – Изменение вязкости крови.

№записи	запись 9	запись 10	запись 11	запись 12
	до приема таблеток	прием 1 таблетки	прием 2 табл	прием 3 таблетки
ВРПВ	127	82	68	109

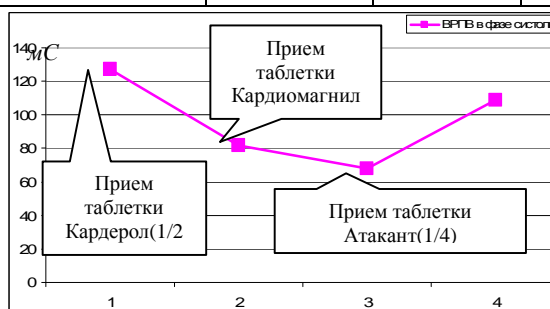


Рис. 7. Изменение вязкости крови в зависимости от приема таблетки

Т. о. метод может использоваться для самостоятельного контроля содержания сахара и вязкости крови людьми, у которых снижение концентрации глюкозы до нормы возможно при соблюдении диеты или для самостоятельного контроля людьми с сахарным диабетом средней степени тяжести, которые для нормализации концентрации уровня глюкозы принимают сахароснижающие лекарства. Т. к. существовавшие до сих пор инвазивные методы или использующие измерение АД по методу Короткова дискомфортны, исключают возможность непрерывного контроля за уровнем глюкозы и вязкости крови в течение длительного времени.

Включение в АПК на базе рекордера МКМ-12 компьютерная реография открывает новые возможности клинического анализа в автоматическом режиме состояния кровообращения головного мозга, конечностей, различных органов, тонуса артерий, величин внутричерепного давления, контроль наряду с традиционными показателями центральной гемодинамики, сократимости миокарда. Последнее открывает широкие

возможности подбора индивидуальных доз кардиотропных средств (бета-блокаторов и гликозидов).