

# **РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА**

Вознюк Е.А., ст.гр. КСД – 06м

Руководитель доц. Омельченко А.А.

Несмотря на революционное развитие электронных систем управления теперь, как и прежде человеческий фактор в значительной степени определяет безопасность функционирования технических средств, представляющих потенциальную опасность [1]. Известно, что монотония в любом виде вызывает утомление, сонливость, снижение уровня бодрствования, и как следствие замедление реакции оператора. Особенно опасны подобные состояния у операторов ответственных технологических процессов (например, атомные станции, военные объекты, транспортные средства и т.п.) [2]. Ошибка в работе каждого из них чревата как минимум экономическими потерями, а зачастую – и человеческими жертвами. Введение в широкую практику средств, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности операторов, стало актуальной задачей. Условием эффективности применения таких средств является мониторинг состояния человека в каждый момент рабочего времени [1].

Возможность определения состояния человека-оператора обусловлена тем, что периоды активности и отдыха являются выражением двух различных состояний вегетативной нервной системы. Симпатическая регуляция функций организма происходит в период бодрствования организма. А период отдыха и сна характеризуется активизацией автономного контура основных функций под влиянием парасимпатической регуляции.

Анализ известных методов определения состояния человека оператора показал, что в настоящее время наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма является вариабельность сердечного ритма (ВСР). Вариабельность сердечного ритма (ВСР) - это изменчивость продолжительности интервалов R-R (рис. 1) последовательных циклов сердечных сокращений за определенные промежутки времени (то есть выраженность колебаний частоты сердечных сокращений (ЧСС) по отношению к ее среднему уровню).

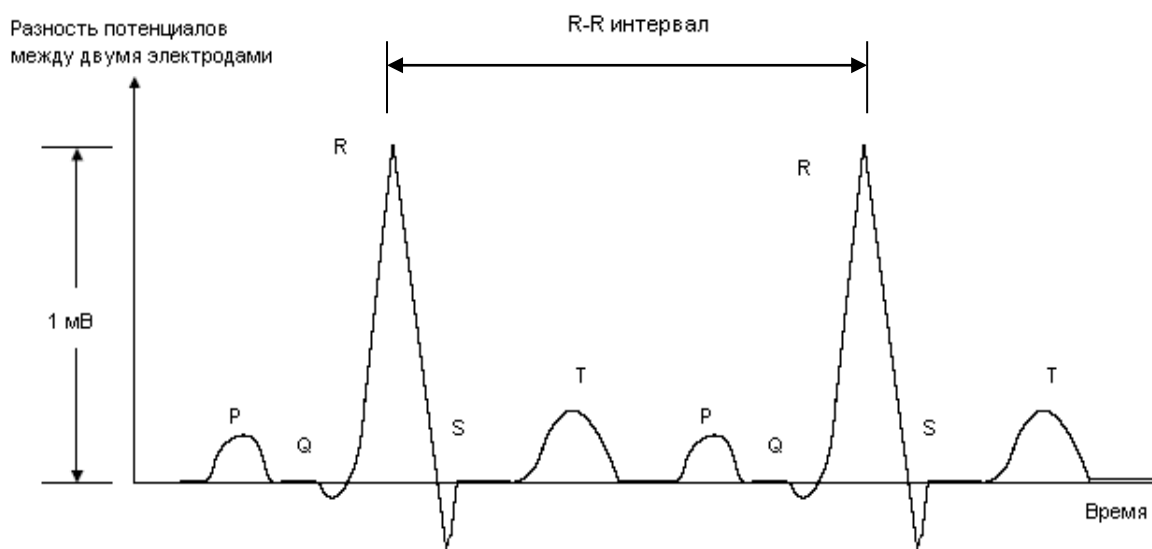


Рисунок 1 – Определение ВСР

Согласно исследованиям [3,5] изменение ритма сердца - универсальная оперативная реакция целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды. В определенной степени, оно характеризует баланс между тонусом симпатического и парасимпатического отделов. Комплексная оценка вариабельности сердечного ритма предусматривает диагностику функциональных состояний [3].

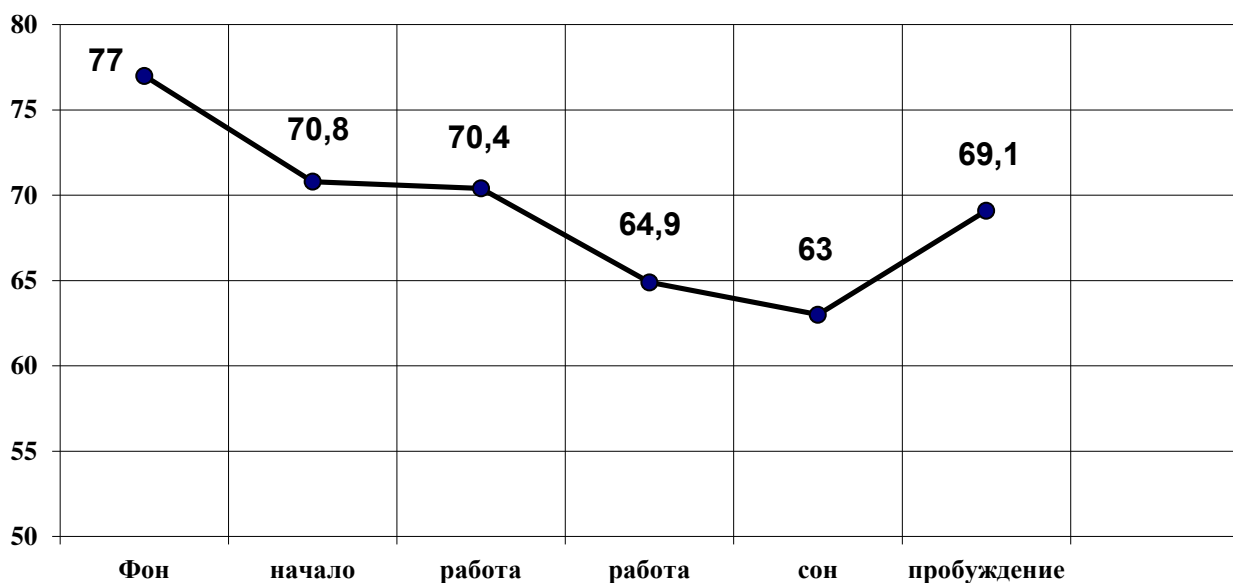


Рисунок 2 – Изменение ЧСС во время суточной активности человека (средние показатели согласно [2])

Наиболее удобным для реализации методом анализа ритма сердца является метод оксигеметрии. Оксигеметрия — это процедура измерения количества света, поглощаемого гемоглобином и оксигемоглобином крови. Согласно этому методу для диагностики на палец или мочку уха надевают несколько пульсоксиметрических датчиков состоящих из светодиода и фотозлемента (рис. 3).



Рисунок 2 – Конструкция пульсоксиметрических датчиков

Проходя через ткани, часть излучения поглощается гемоглобином крови человека. Оцифровав эти данные можно получить оксигеметрическую кривую, характерная форма которой приведена на рис. 4. Оценка состояния оператора по сравнительным параметрам кривых

пульсоксиметрии называется «оксигемометрией».



Рисунок 4 – Характерная форма оксигемометрической кривой.

Обработка оксигемометрических кривых получила название пульсогемоиндикация. Целью пульсогемоиндикации является построение индикаторов, характеризующих различные аспекты функционирования как сердечно-сосудистой системы, так и организма оператора в целом. Построение индикаторов осуществляется в соответствии со схемой приведенной на рис. 5.

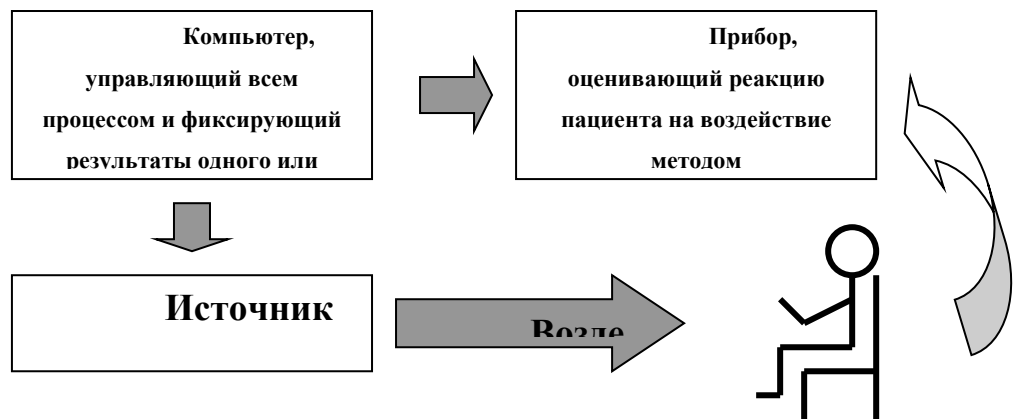


Рисунок 5 - Общая схема исследования методом пульсогемоиндикации.

К индикаторам относятся значения, рассчитанные по характерным точкам кривой пульсоксиметрии (кривой кровенаполнения) (точки  $B_i$  на рис. 6).



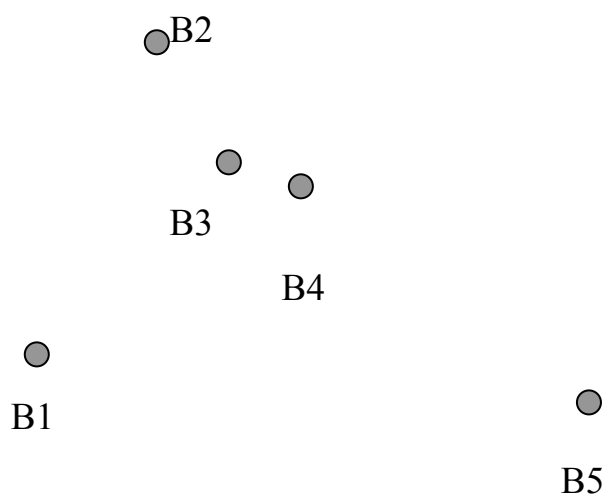


Рисунок 6 - Кривая кровенаполнения. Основные кодирующие точки объемного пульса

Точка B1 соответствует началу периода изгнания систолического периода, точка B2 соответствует моменту максимального расширения сосуда в фазу форсированного изгнания, точка B3 соответствует протодиастолическому периоду, точка B4 соответствует началу диастолы, точка B5 соответствует наступлению конца диастолы и указывает на завершение сердечного цикла. По значениям данных параметров рассчитываются амплитудные и временные значения пульсовых волн. А затем проводится построение ритмокардиограммы, гистограммы и вариационной пульсограммы. Для определения степени адаптации сердечно-сосудистой системы к случайным или постоянно действующим агрессивным факторам и оценки адекватности процессов регуляции Р.М.Баевским предложены ряд параметров [5], являющихся производными классических статистических показателей (индексы Баевского):

- ИВР - индекс вегетативного равновесия  $ИВР = A M_0 / X$ ;
- ВПР - вегетативный показатель ритма  $ВПР = 1 / (M_0 * X)$ ;
- ПАПР - показатель адекватности процессов регуляции  $ПАПР = A M_0 / M_0$ ;
- ИН - индекс напряжения регуляторных систем  $ИН = A M_0 / (2X * M_0)$ .

ИВР определяет соотношение симпатической и парасимпатической регуляции сердечной деятельности. ПАПР отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью. ВПР позволяет судить о вегетативном балансе: чем меньше величина ВПР, тем больше вегетативный баланс смещен в сторону преобладания парасимпатической регуляции. ИН отражает степень централизации управления сердечным ритмом [3]. Оперативная оценка этих показателей в режиме реального времени позволит своевременно определять сдвиг вегетативного баланса в сторону парасимпатической регуляции и своевременно предупреждать оператора о наступлении опасного состояния, результатом которого может стать потеря бдительности и ослабление внимания.

Использование данной техники для контроля бодрствования предполагает создание специализированной компьютерной системы, структура которой приведена на рис. 7.

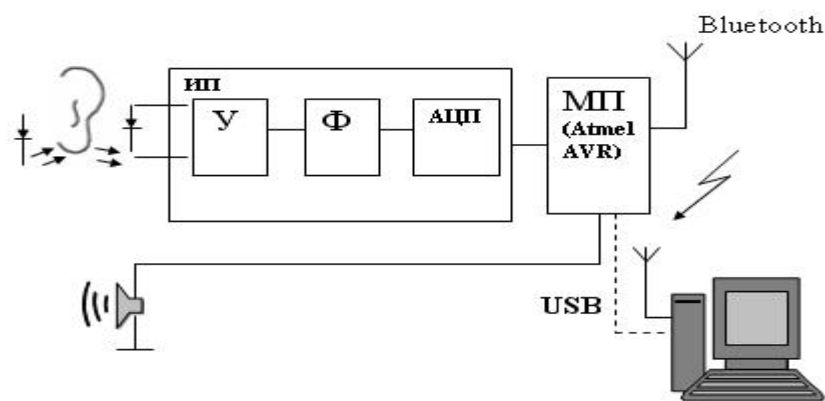


Рисунок 7 – Обобщенная структурная схема диагностики функционального состояния оператора

Оксиметр, который крепится на палец или мочку уха оператору, состоит из двух каналов, каждый канал оснащен источником света и фотодиодом. Информационный преобразователь включает усилитель, который преобразовывает выход фотодиода в напряжение, фильтр и аналого-цифровой преобразователь для оцифровки полученного сигнала. Для управления работой системы используется микропроцессор (AVR, Atmel или

другой специализированный).

Предлагаемая компьютерная система позволит:

1. Обрабатывать экспериментальные данные для выделения индивидуальных зависимостей типа «пульс – бодрствование» и «пульс – засыпание», т.е. настраивать прибор под конкретного пользователя.
2. Непосредственно применять систему в оперативных условиях для контроля бодрствования водителей, операторов, машинистов.

#### Перечень ссылок

1. В.В. Дементиенко, В.Б. Дорохов, С.В. Герус, А.Г. Марков, В.М. Шахнарович Эффективность систем мониторинга водителя «Журнал технической физики», 2007, том 77, вып. 6 , стр. 12
2. Диагностика уровня бодрствования человека-оператора (Психофизиологическая надежность оператора) Институт экспериментальной медицины РАМН, Санкт Петербург Электронный ресурс. Способ доступа: <http://www.iemrams.spb.ru:8100/russian/ecologru/diagnost.htm>
3. Информационный ресурс по электрокардиографии Электронный ресурс. Способ доступа: <http://www.ecg.ru>
4. Аппаратная диагностика Электронный ресурс. Способ доступа: <http://reola.ru/index.ipj?clsid=3795239278-6953-16397>
5. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина. 1979. С.295.