

УДК 621.3.078: 629.113

СЕРГИЕНКО Н.Е., к.т.н., доцент, НТУ «ХПИ»
МАРЕНИЧ А.Н., магістр, НТУ «ХПИ»

ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Наведено аналіз методів та засобів контролю стану водія автомобіля з використанням інформації з датчиків що реєструються з поверхні тіла водія. Проведено порівнювальний аналіз ефективності їх використання та запропоновано використання метода заснованого на вейвлет перетворенні сигналу електрокардіограми.

Введение. Ежегодно в мире, по данным ООН, в результате дорожно-транспортных происшествий погибает более 1,2 миллиона человек, 20 - 50 миллионов получают травмы, а суммарные экономические потери превышают 500 млрд. долларов. Огромный ущерб, который наносит государствам дорожно-транспортный травматизм, позволяет отнести его к основным угрозам современности. Как показывает практика, более 80 процентов всех ДТП происходит по вине самих водителей [1]. Перестал проводиться предрейсовый медицинский контроль водителей, что привело к тому, что на линию выпускают водителей при недопустимом состоянии здоровья. Вот почему сейчас некоторые исследования и разработки направлены на изучение "человеческого фактора" при управлении транспортным средством.

Исследования [1] показывают, что у водителя, которые находятся за рулем без отдыха на протяжении четырех часов, время реакции ухудшается сразу на 50%. А если управлять машиной без перерыва шесть часов, то риск попадания в аварию удваивается. По статистике основными причинами ДТП на сегодняшний день является: неправильно выбранный скоростной режим движения – 23,1%; нарушение правил обгона и выезд на встречную полосу движения – 12,4%; управление транспортом при не удовлетворительном состоянии здоровья – 11,5%.

Среди контролируемых параметров у водителей, перед допуском их к работе, выделяют только величину артериального давления, что является не достаточным для полной оценки текущего состояния здоровья водителя.

Вот почему, на современных автомобилях наиболее часто устанавливаются устройства, следящие за биологической активностью водителя.

Цель статьи. Обзор существующих методов и средств экспресс-контроля состояния водителя.

Анализ существующих средств анализа состояния водителя. Почти все существующие средства анализа состояния водителя работают по алгоритму, приведенному на рис. 1. Рассмотрим более подробно основные системы анализа состояния водителя.

В настоящее время в основном используются системы, которые анализируют состояния водителя с помощью встроенных в автомобиль датчиков. В большинстве случаев, это устройства отслеживающие положение головы водителя, в зависимости от положения головы, определяется степень утомленности водителя, либо измеряющие частоту его пульса, в зависимости о скорости сердечных сокращений человека определяется уровень его физической активности.

Недавно компания Mercedes-Benz разработала собственную систему контроля биологической активности водителя Attention Assist [2]. Принцип работы системы основан на отслеживании действий водителя в каждой поездке и составлении индивидуальной водительской модели вождения, основываясь на которой можно оценить изменения манеры

управления, которые связаны со степенью утомления конкретного человека. Когда компьютер замечает значительные отклонения от обычной манеры вождения, он сравнивает их с известными признаками усталости, оценивает длину поездки, время суток и, если это необходимо, предупреждает водителя о чрезмерной усталости.

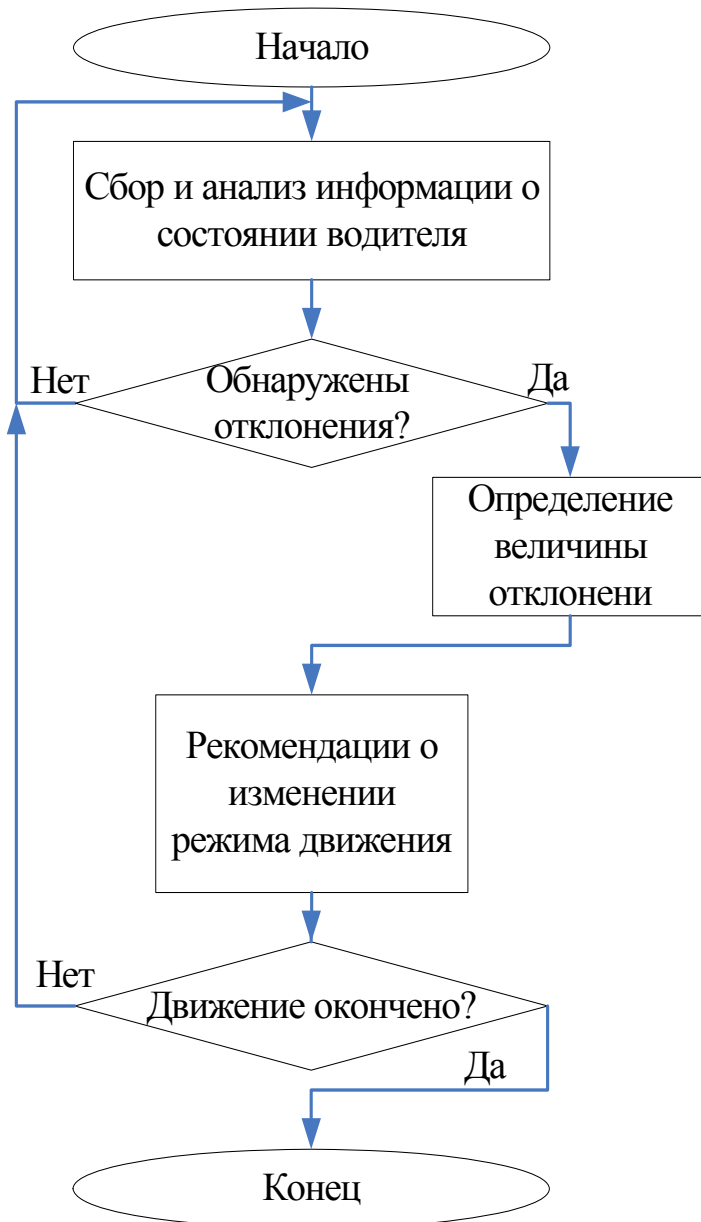


Рисунок 1 – Алгоритм работы системы анализа состояния водителя

Российская компания Нейроком разработала свою систему поддержания состояния водителя Vigiton® [3]. Данная система предназначена для непрерывного контроля физиологического состояния водителя транспортного средства и предотвращения перехода водителя из активного состояния в состояние психофизиологической релаксации или дремотную стадию сна.

Разработанный измерительный комплекс отслеживает критический уровень бодрствования - состояние, при котором человек работоспособен, но количество совершаемых им ошибок может резко увеличиться. Из соображений безопасности и с учетом индивидуального разброса физиологических параметров людей критический уровень бодрствования зафиксирован вблизи границы работоспособного состояния.

Устройство препятствует наступлению сна, подавая сигнал тревоги за несколько десятков секунд до наступления этого состояния. В качестве анализаторов используется либо браслет, либо кольцо (рис. 2), одеваемые водителем, для контроля его состояния. Передача информации в блок управления осуществляется через стандартный интерфейс Bluetooth. Недостатком данной системы является то, что датчики

не встроены в автомобиль, и не представляется возможным проверка, установлены ли они на водителе транспортного средства.

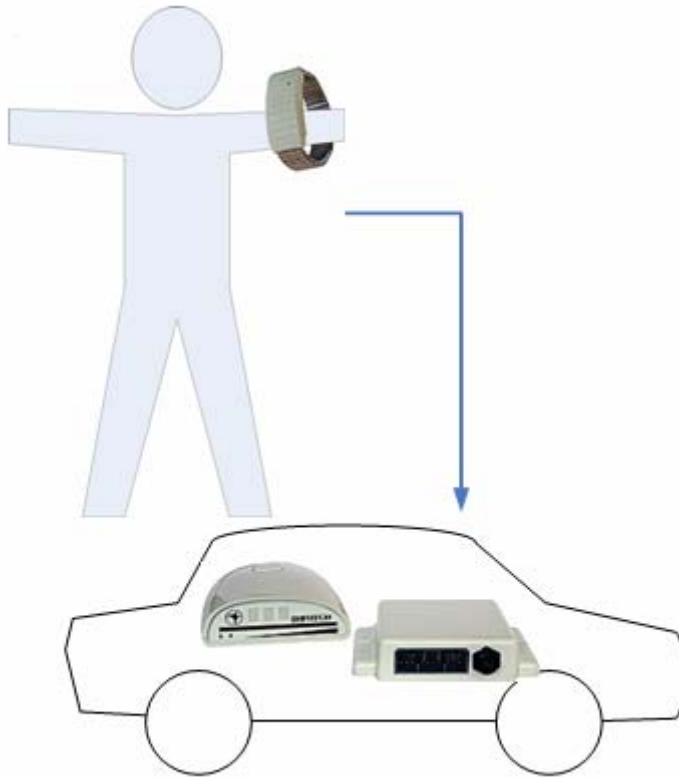


Рисунок 2 – Аппаратура для контроля состояния водителя Vigiton®

Существуют также системы, которые кроме частоты пульса, регистрируют и анализируют кардиограмму водителя. И на основе полученных данных делается более обоснованное заключение о текущем состоянии водителя. Но в данный момент такие системы еще не интегрированы в транспортное средство.

Анализ существующих методов анализа состояния водителя. Одним из часто используемых является методов измерения электродермальной активности (ЭДА) кожи. Электрическую активность кожи можно измерять двумя способами. Первый, можно пропускать через кожу слабый ток от внешнего источника и измерять динамику ее сопротивления,

пропускаемому току. Эта методика называется экзосоматическим методом. Но данный метод не получил широкого применения.

Второй метод – эндосоматический, заключается в измерении электрической активности поверхности кожи без использования внешнего источника тока. Экзосоматический метод к настоящему времени модифицирован в измерение проводимости кожи – величины, обратной сопротивлению кожи. Доказано в работе [3], что при снижении уровня бодрствования человека, определяемом по ЭДА, сопротивление его кожи пальцев растет. Пример изменения сопротивления во время двух циклов активации-релаксации показан на рисунке 3.

Вертикальные пунктирные линии - моменты активности человека, определяемые компьютером.

Применение метода измерения ЭДА позволяет определять степень активности водителя, и предотвратить, с помощью систем сигнализации, засыпание водителя за рулем.

При управлении автомобиля, не менее значимым является и состояние здоровья водителя. Один из методов анализа состояния водителя, основан на исследовании его ЭКГ. При анализе, как правило, используются математические методы, анализирующие сигнал в частотной области, что способствует более раннему выявлению возможных отклонений в состоянии здоровья водителя.

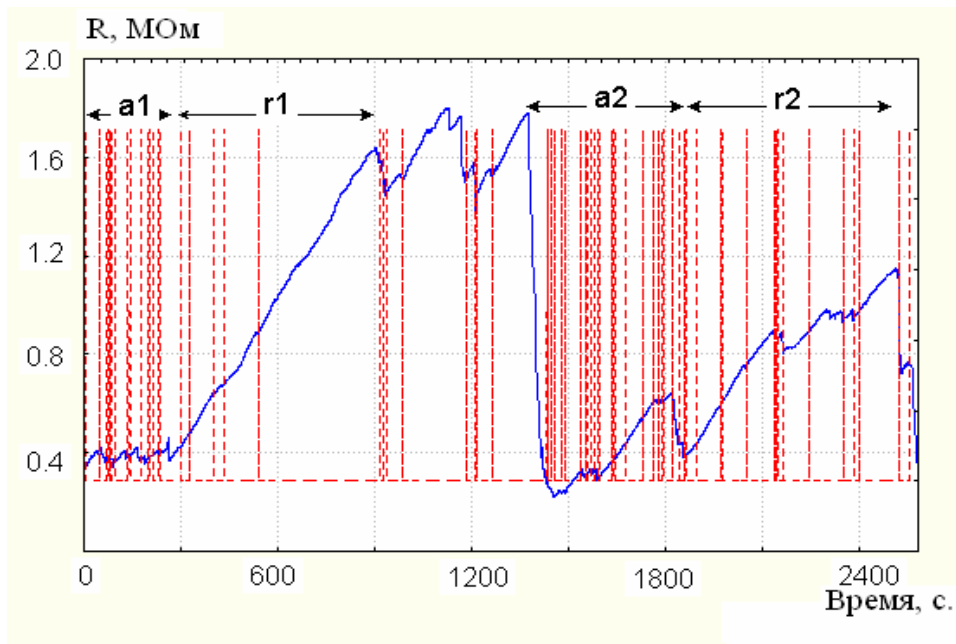


Рисунок 3 – Изменение электродермальной активности водителя:
 a1, a2 – стадии активации организма;
 r1, r2 – стадии релаксации организма

Одним из таких методов является спектральный анализ сигнала, основанный на использовании прямого преобразования Фурье функции $x(t)$ в частотное распределение [4].

При реализации этого метода используют дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и, в частности, быстрое преобразование Фурье (БПФ), при этом используют следующие две формулы:

$$X_l = \sum_{k=0}^{N-1} x_k e^{-jl\Delta\omega k\Delta t}, \quad l = 0, 1, \dots, N-1;$$

$$x_k = \frac{1}{2\pi} \sum_{l=0}^{N-1} X_l e^{-jl\Delta\omega k\Delta t}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1;$$

где $x_k = x(k\Delta t)$ $k=0, 1, \dots, N-1$;
 $X_l = X(l\Delta\omega)$ $l=0, 1, \dots, N-1$;
 N - количество отсчетов;
 Δt - интервал времени между отсчетами;
 $\Delta\omega$ - шаг спектра в частотной области.

Результаты спектрального анализа ЭКГ представлены на рис. 4, по горизонтальной оси отложена частота, по вертикальной амплитуда. По виду кривой зависимости амплитуды от частоты можно судить о соотношении периодической и хаотической компоненты в динамике кардиограммы. На рис. 4 представлен спектр «нормальной» кардиограммы – несколько четко выраженных гармоник, кратных основной частоте – частоте пульса, и на более высоких частотах – сплошной спектр характерный для хаотических сигналов.

Данный метод эффективен для анализа нарушений ритма и проводимости сердца, с его помощью можно легко выявить такие заболевания как тахикардия, аритмия, блокирование предсердий [5]. Он удобен лишь для быстрой, а следовательно не сильно точной оценки состояния человека.

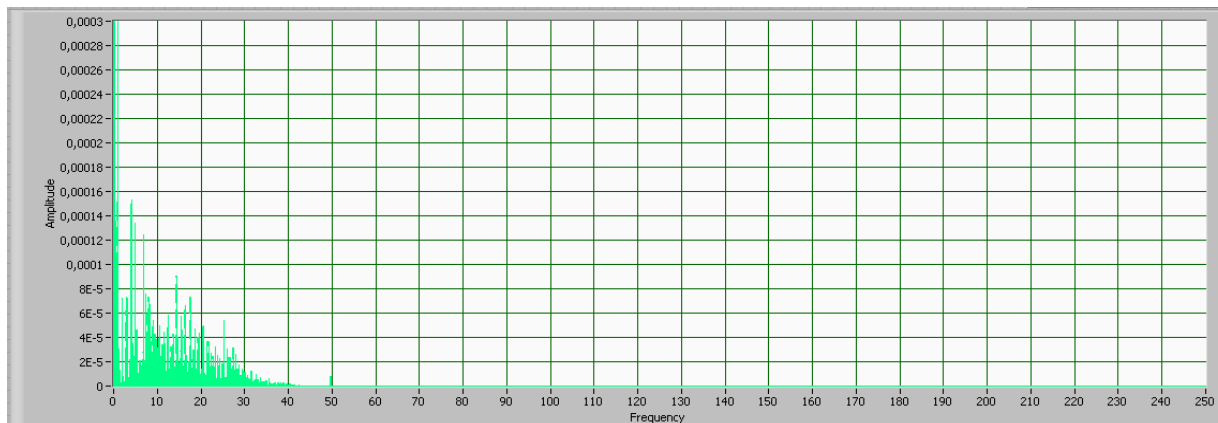


Рисунок 4 – Спектр сигнала ЭКГ

Более полную информацию о текущем состоянии больного мог бы дать метод, который в результате обработки сигнала показывал бы частотные характеристики сигнала, распределенные по времени. Для этого, чаще всего применяют метод вейвлет преобразования.

Метод Вейвлет преобразования, обеспечивает хорошее разрешение по частоте и по времени [6]. Зарегистрированный сигнал $x(t)$ анализируется путем разложения по базисным функциям, полученным из определенного прототипа путем растяжения, сжатия и сдвигов. Основная идея вейвлет преобразования заключается в разбитие сигнала вейвлетами на маленькие интервалы, для анализа каждого из них определения частоты, которая существует на исследуемом отрезке.

$$\Psi_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \psi^* \left(\frac{t - \tau}{s} \right) dt,$$

где τ – параметр сдвига;

s – масштаб;

ψ^* – функция преобразования, материнский вейвлет.

Функция прототип, называется анализирующим (материнским) вейвлетом, выбранным для исследования данного сигнала.

Так для анализа кардиосигнала с помощью вейвлет преобразования необходимо сравнить распределение частоты в контрольных точках сигнала, совпадающих по времени с возникновениями зубцов электрокардиограммы. В каждом вейвлет разложение выделяют уровень разложения, который должен быть кратен 2^n . В данном проекте для разложения применялся вейвлет Добеши 2 с глубиной разложения 128.

Так для того, чтобы проанализировать каждый зубец кардиограммы, необходимо вычислить площадь кривой $S(i)$ соответствующей каждому зубцу кардиограммы на 2^n уровне разложения (рис. 5).

В ходе анализа двух сигналов а) и б) были выявлены существенные отклонения в сигнале а), причиной которых может быть: гипертрофия правого желудочка, блокада правой ножки пучка Гиса, боковой инфаркт миокарда, блокада задней ветви левой ножки пучка Гиса, отек легких, декстрокардия, синдром WPW [5].

Так же, информативным параметром в ЭКГ является частота сердечных сокращений (ЧСС), эта величина пропорциональна пульсу, и показывает уровень физической активности человека.

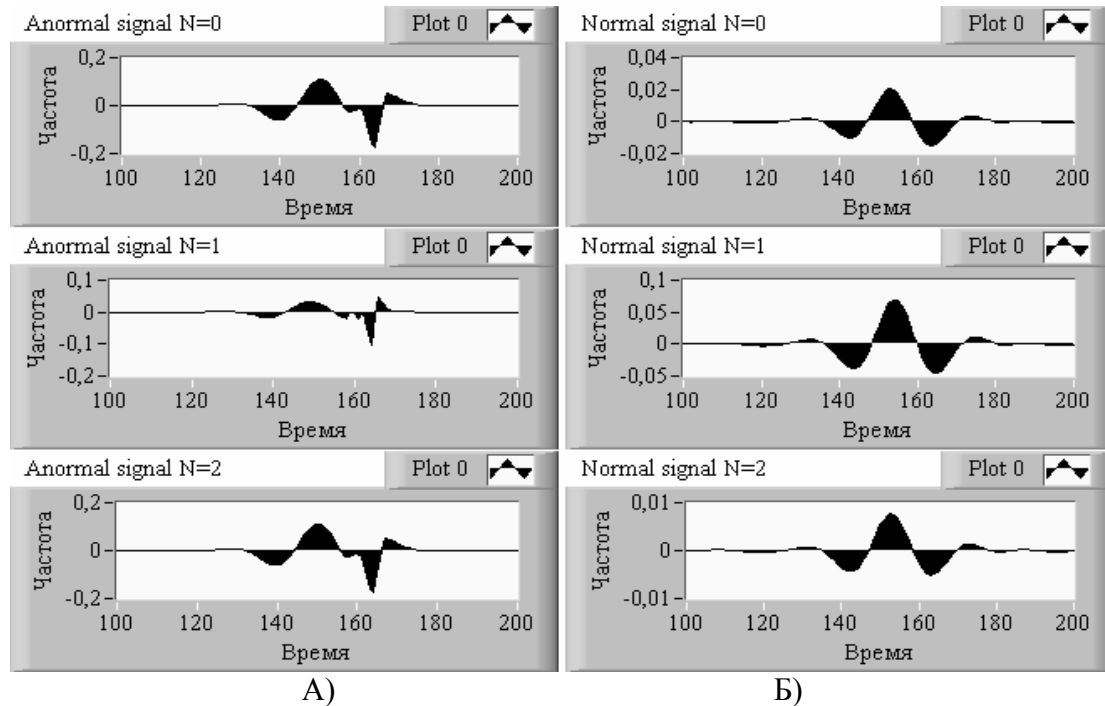


Рисунок 5 – Площади QRS комплексов двух кардиосигналов со степенями разложения $N=0,1,2$ (А – аномальный сигнал, Б – нормальный сигнал)

Контроль этой величины, позволит избежать аварий, вызванных произвольным кратковременным сном водителя.

Выводы. В работе проанализированы особенности основных методов и средств, используемых для анализа состояния водителя автомобиля, а также принципы их работы. Показано, что для более полного и достоверного анализа необходимо использовать данные, полученные при регистрации ЭКГ водителя. Предлагается при обработке сигнала ЭКГ использовать метод основанный на вейвлет-преобразовании.

Список литературы: 1. Сайт <http://www.rg.ru>. 2. Сайт <http://mercedes.net/news/120808093346.php>. 3. Сайт <http://www.neurocom.ru/ru2/auto/vigiton.html> 4. Сайт http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_psychology 5. Павлючик Л.Ф. Методики психофизиологического состояния человека и его адаптации Тези доповідей до IV університетської НППСК маністрантів 6. Орлов В.Н. Руководство по ЭКГ. – М.: Медицина, 2004. 7. Архипов Г.И. Лекции по математическому анализу. – М.: Высшая школа, 2000. 8. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во ООО «Модус+», 1999. 9. Истомина Т.В. Применение теории вейвлетов в задачах обработки информации. – Пенза, 2000. 10. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – М.: Ижевск: РХД, 2001.