

Медико-диагностические экспертные системы для оценки адекватности адаптивной реакции организма на воздействие экстремальных факторов

А.И. ВЛАСОВ

А.М. КОНЬКОВА

Центральный научно-исследовательский институт "Комета".
Специализированное конструкторское бюро-65
"Спортивно-медицинские системы"

ЦНИИ "Комета" — головной институт в области создания военно-космических систем — был образован в 1973 г.

За прошедшие годы в институте накоплен большой опыт создания систем и средств обнаружения, космической связи и обработки получаемой информации на высокопроизводительных вычислительных комплексах, большая часть которых также разработана в ЦНИИ "Комета".

Наряду с созданием военных систем в институте проводились работы и по конверсионной тематике, например, был разработан один из первых отечественных образцов носимых кардиографических аппаратов "Лента", создан носимый многофункциональный кардиограф, по параметрам не уступающий лучшим мировым аналогам. Большие работы проводятся и в области создания средств и методов иридодиагностики. В последние годы ведутся разработки в области спортивной медицины. Созданные в рамках конверсии высокоэффективные экспертные системы, радиоэлектронные средства обеспечения комфорта и безопасности отражают последние достижения мировой и отечественной науки в данных областях.

Особый интерес представляют медико-диагностические экспертные системы, в которых используются разнообразные базы данных и знаний, представляющие человека как высокоорганизованную биосистему, способную обучаться и приспосабливаться к изменениям условий обитания.

Между окружающей средой и человеком существуют сложные и многочисленные связи. Характер влияния окружающей среды определяется как силой, так и длительностью воздействия соответствующего фактора. Воздействие, по силе или длительности превышающее определенный порог, может рассматриваться как экстремальное. Таковы предельные и сверхпредельные физические и психологические нагрузки.

Изменения в биосистеме под действием экстремальных факторов носят функциональный и структурный характер. Приспособляемость к среде, выживание осуществляется благодаря умению биосистемы в ответ на экстремальное воздействие переорганизоваться на всех уровнях. Многочисленные функциональные связи подобной перестройки лежат в основе развития защитной неспецифической адаптивной реакции организма на соответствующее воздействие.

Развитие процесса адаптации, его характер и адекватность воздействию на организм экстремальному фактору определяются энергетическими потребностями организма.

Функционирование биосистемы как открытой стационарной динамической системы [1] определяется [2,3] уровнем энергопродукции, характеризующим ее на входе, и уровнем оттока, характеризующим ее на выходе, а также состоянием метаболизма (напряженностью, интенсивностью, синхронизацией фаз).

Разработка электронных систем, позволяющих регистрировать отдельные процессы жизнедеятельности и управлять ими, началась достаточно давно. Наиболее эффективными сегодня являются различные модификации экспертных медицинских систем. Большинство из них изготавливается в стационарном варианте и ориентировано в основном на клиническое применение. Из систем такого класса следует отметить медико-диагностические системы фирмы Siemens (Германия), системы Infanta, Vasa Cor, Image Expert и др. фирмы "Фрегат" (Россия) [4], разнообразные автоматизированные рабочие места врачей, например, фирмы Marko Hard, и т. п., из систем комплексной диагностики — иридодиагностические комплексы и электронные экспертные системы, базирующиеся на данных древневосточной медицины.

Используя основы традиционной трехтысячелетней восточной медицины, сотрудники инновационной медицинской фирмы СЕТ (Россия) создали систему компьютерной пульсодиагностики, которая позволяет проводить экспресс-анализ основных функциональных систем организма (легких, селезенки, сердца, почек, печени и т.п.), выявляющий более 12 параметров пульсовой волны. Используя данные диагностики в реальном масштабе времени и информацию, заложенную в системе, можно сделать вывод о:

- функциональной активности органа;
- наличии хронических или острых патологических процессов;
- гармоничности протекания процессов;
- степени воздействия эмоциональных и психических факторов на функционирование органов и систем организма.

Достоинствами данной экспертной системы являются возможность в короткий срок оценить функциональное состояние всех основных систем организма человека и ее абсолютная безопасность (исключены любые формы инвазивного воздействия на пациента), недостатками — относительная некомфортность тестирования и необходимость достаточно высокой квалификации обслуживающего медицинского персонала.

Иридодиагностика основана на распознавании болезней по изменениям радужных оболочек глаз [5]. Оценивая изменения в разных точках радужной оболочки, специалист определяет месторасположение патологических очагов, проводит анализ отдельных органов, систем и организма в целом. Разработанный в НПАО "Исинтек" ЦНИИ "Комета" стационарный иридодиагностический комплекс включает в себя персональный компьютер со встроенным видеотерминалом с видеопроцессором и специальным вычислительным устройством, манипулятор "мышь", устройство для иридоскопии и анализа глазного дна, систему ввода и записи видеoinформации, цветной монитор, фоторегистратор, устройство ввода изображений со слайдов. Благодаря эффективной экспертной системе данный комплекс способен проводить раннюю доклиническую диагностику заболеваний, оценку сопротивляемости, церебрально-висцеральной конституции и наследственного статуса, предрасположенности к онкологическим заболеваниям организма и многое другое. Основные недостатки системы — относительная некомфортность тестирования и необходимость достаточно высокой квалификации обслуживающего персонала.

Проводятся работы по созданию компактных и относительно дешевых компьютерных иридодиагностических комплексов [5] для поликлиник, диспансеров, амбулаторий. Для участковых врачей и врачей скорой помощи создаются переносные иридодиагностические комплексы (рис. 1) на базе компьютеров Notebook с независимым электропитанием.

Большая часть европейских, японских, американских и российских медико-диагностических комплексов, в состав которых входят встроенные экспертные системы, позволяющие, используя базы данных и знаний, формировать рекомендации для пациентов, еще не получили достаточного распространения в России из-за очень высокой стоимости и сложности

технического обслуживания; необходимости, как правило, в специалистах высокого класса для интерпретации полученных результатов; в ряде случаев — некомфортности тестирования (дыхательная маска, забор проб крови, наклейка электродов на пациента и т.п.).

Эти системы в основном предназначены для стационарного использования и диагностики уже имеющихся изменений в организме. Контроль в реальном масштабе времени текущих изменений функционально-структурного состояния организма при помощи данных системы мешают в основном из-за их применения и отсутствия функций экспертной системы, позволяющих оценивать адекватность адаптивной реакции организма [3].

Для диагностики в реальном масштабе времени требуются универсальные и более компактные системы, такие как портативные спорт-тестеры финской фирмы Polar Electro, выполненные в виде "наручных часов" и измеряющие и запоминающие частоту сердечных сокращений (ЧСС). Они удобны в работе, имеют суточную память, значительный ресурс. Основным недостатком при их применении для текущей диагностики является то, что ЧСС не всегда адекватно отражает состояние организма и имеет крайне низкие общефизиологические диагностические возможности.

Более полную информацию о состоянии пациента позволяет получать компактная система фирмы Metronics (США), представляющая собой прибор величиной с пачку сигарет, позволяющий измерять ЧСС и температуру кожи. В случае выхода величин измеряемых параметров за заранее заданные пределы система выдает сигнал. Основной ее недостаток — ограниченные диагностические возможности, наличие только регистрирующих функций.

В настоящее время очень остро встал вопрос создания компактной системы, которая регистрировала

бы структурно-функциональные изменения в организме человека в реальном масштабе времени с высокой степенью адекватности оценки, была бы предельно проста в эксплуатации и автоматически формировала бы необходимые рекомендации для пациента. Такие высокие требования к системам подобного класса предъявляются спортсменами-профессионалами и любителями, операторами электронных средств, например, авиадиспетчерами, для которых критично изменение их психофизического состояния, эти требования обусловлены также необходимостью проведения экспресс-ди-

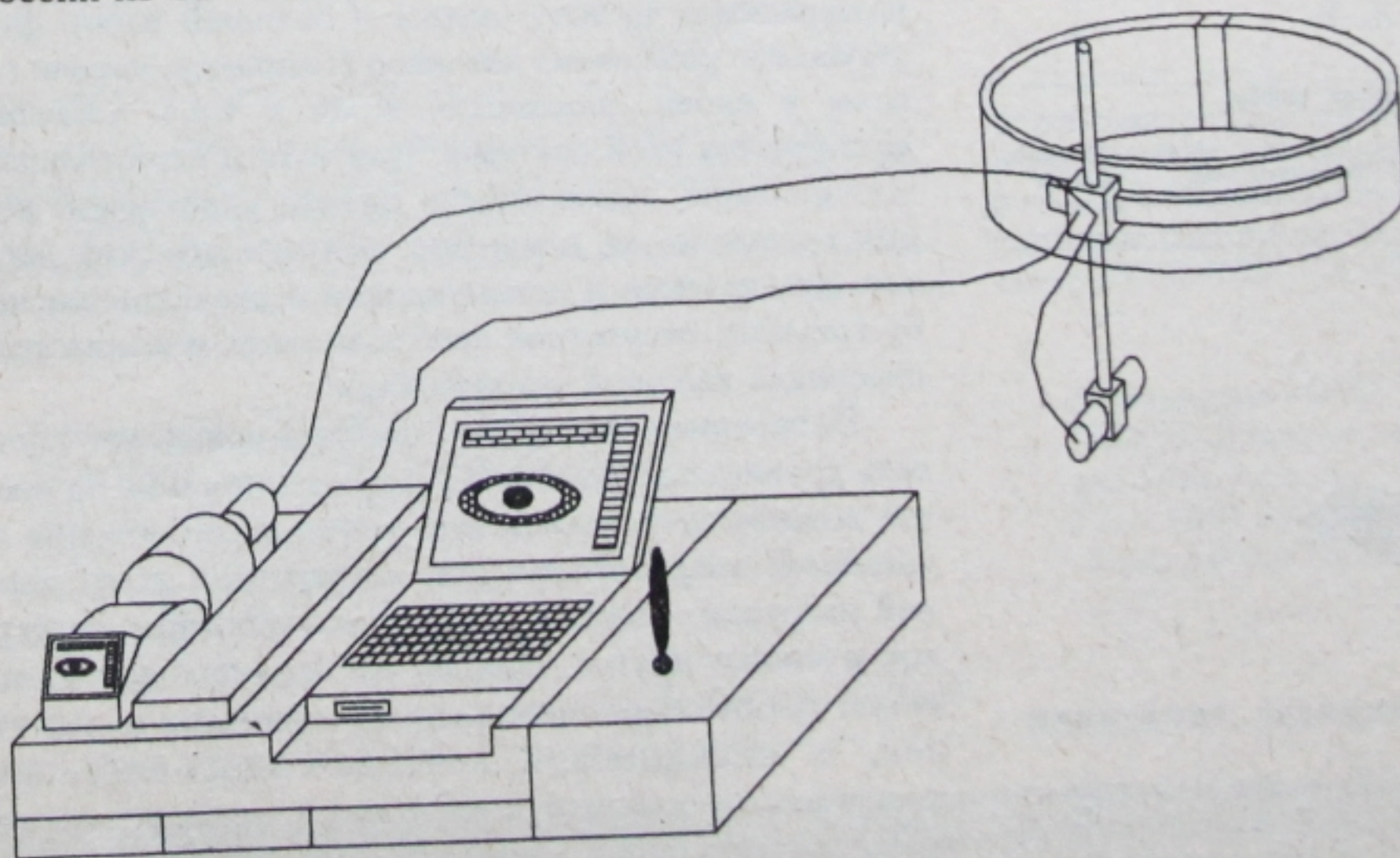


Рис. 1. Переносной иридодиагностический комплекс

агностики в экстремальных условиях (спасатели, вооруженные силы специального назначения и т.п.).

В основе экспертных систем, позволяющих анализировать адекватность адаптивной реакции организма на психофизические нагрузки и вырабатывающих в соответствии с этим анализом заключения о состоянии организма человека лежит метод энергетического гомеостаза, разработанный А.Ф. Коньковой и Н.Н. Озолиным [3]. На базе данного метода в СКБ-65 "Спортивно-медицинские системы" ЦНИИ "Комета" был создан ряд модификаций экспертных систем определения адекватной адаптивной реакции организма на внешние воздействия и формирования рекомендаций-советов для пациента.

Первая модификация реализована в качестве портативного носимого прибора для непрерывного мониторинга и предупреждения человека о возникающих в его организме неблагоприятных реакциях.

Один из ее вариантов — автономный прибор, носимый на руке (выполнен в форме наручных часов). Анализ данных осуществляется посредством встроенного процессора и реализованного в ПЗУ программного обеспечения. Эта система может использоваться как спортсменами-профессионалами, например, для текущего контроля за состоянием марафонца и выдачи рекомендаций по всей длине дистанции, так и выздоравливающими, которым необходима строго дозирование физическая нагрузка.

Второй вариант этой модификации объединяет посредством радиointерфейса первый вариант с пор-

тативной вычислительной системой (ВС), созданной, например, на ПЭВМ типа Notebook. При этом после предварительной обработки процессором, расположенным в часах, информация передается для дальнейшей обработки в ВС, что значительно ускоряет процесс анализа и выдачи результатов. Приведем простой пример. Спортсмен, например, теннисист, выступает с данным прибором на соревнованиях. В ходе соревнований тренер и врач имеют возможность контролировать электрокардиосигнал, температуру кожи спортсмена и окружающей среды, оценивать ЧСС, вариантность циклов сердечных сокращений (R-R интервалы), вторую производную внутренней энтропии и многое другое. Встроенное в ВС программное обеспечение позволяет анализировать все эти данные и оценивать текущую реакцию спортсмена на действие психофизических нагрузок. На основе этого формируются рекомендации, благодаря которым можно корректировать ход матча: темп игры, силу подачи и т.п. Кроме того, в перерывах между геймами и сетами это позволяет врачу применять те или иные стимулирующие или затормаживающие средства. Использование данной системы при определенной квалификации спортсмена и тренера даст возможность вести матч в заранее отработанном темпе, осуществлять его своевременную корректировку и избегать травм, возникающих вследствие чрезмерного переутомления или недостаточной разминки перед матчем. Основным недостатком данной модификации — критичность к радиопомехам.

Другая модификация системы представляет собой стационарный комплекс спортивно-медицинской диагностики (рис. 2), реализованный на базе совместимого ИМ РС/АТ компьютера с дополнительными интерфейсными устройствами и набором специальных датчиков. Основные измеряемые сигналы аналогичны сигналам, измеряемым системой первой модификации, но данная модификация имеет расширенную память, повышенную частоту опроса и больший набор функционально различных датчиков (например, уровня глюкозы в крови, влажности кожи и т.п.). Основные достоинства этой системы: простота и естественность тестирования, возможность оценки адаптивной реакции организма на изменения психофизических нагрузок; диагностика и рекомендации в реальном масштабе времени; отсутствие необходимости использования персонала высокой квалификации.

Встроенная экспертная система позволяет оценивать уровень адекватности реакции организма на внешнее воздействие, определять точки переключения механизмов энергопродукции, допустимой дозы внешней нагрузки, степень риска к воздействию перегрузок и многое другое. Данная система находит применение среди спортсменов-профессионалов и любителей, в медицинских лечебно-оздоровительных учреждениях как для контроля за текущим состоянием потенциально здоровых людей, так и для дозирования уровня физической нагрузки для выздоравливающих. Особое место данная система занимает

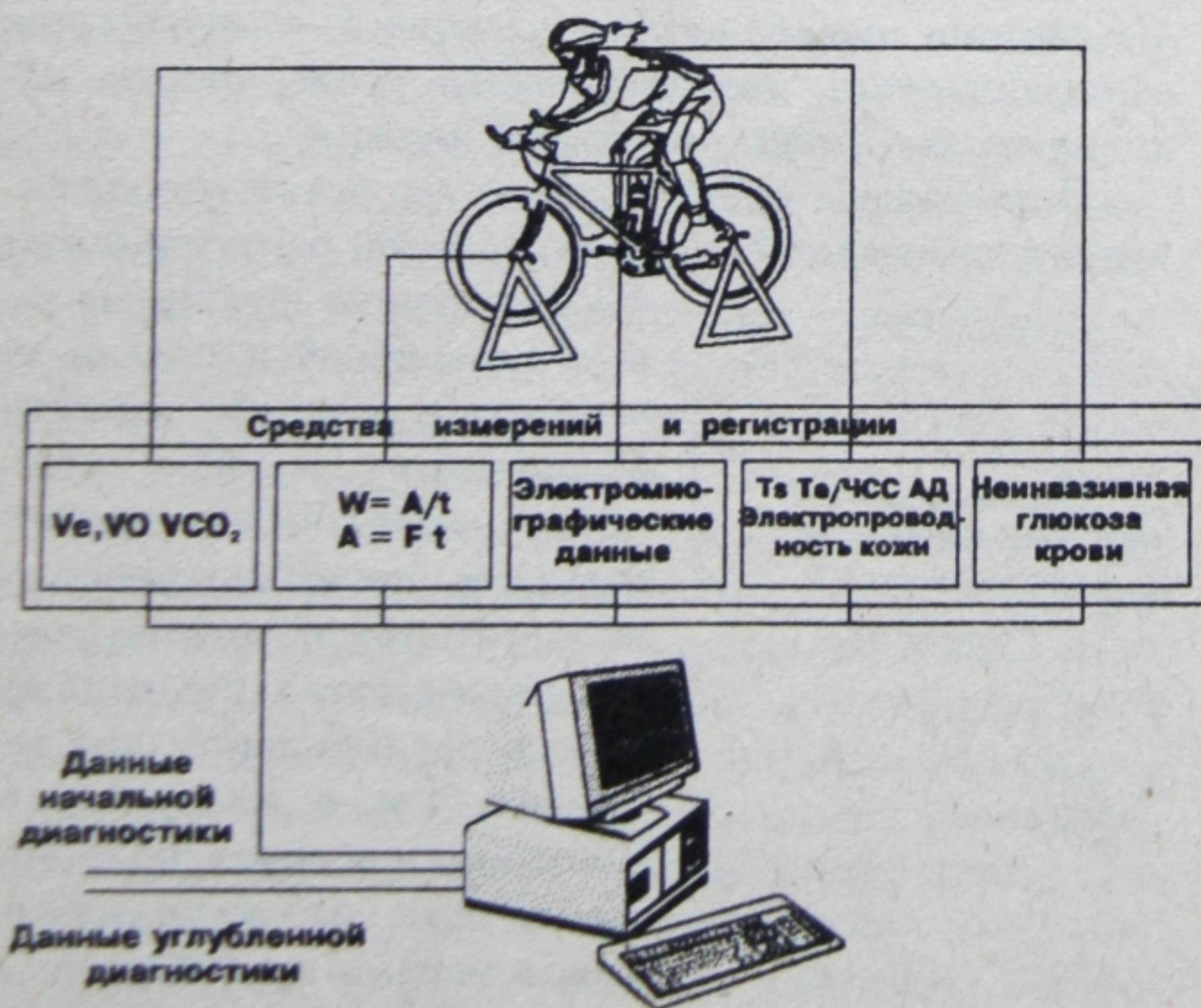


Рис. 2. Стационарный комплекс спортивно-медицинской диагностики

V_e — объем легочной вентиляции; V_0 — объем выдыхаемого кислорода; V_{CO_2} — объем выдыхаемого углекислого газа; W — мощность; A — работа; t — время; F — силовая нагрузка; $T_s, T_e/ЧСС$ — кардиографические параметры; АД — артериальное давление