

Предлагаемый способ относится к медицине и может быть использован для оценки функционального состояния (ФС) лиц операторских видов труда, в частности, водителей транспортных средств.

Известен способ оценки ФС организма человека путем определения реакции на движущийся объект (РДО) посредством остановки равномерно вращающейся со скоростью 1 об/с стрелки на заранее обусловленном делении круговой шкалы, при котором вычисляют процентное соотношение точных и ошибочных ответов, а также их среднюю величину. Считается, что высокому функциональному уровню организма соответствует преобладающий процент точных ответов, состоянию повышенной возбудимости - нарастание процента ошибок опережающего характера при одновременном росте их средней величины, а глубоким стадиям утомления и состоянию сонного торможения - нарастание процента ошибок "запаздывания" и средней величины этих ошибок [1].

Недостатком известного способа является то, что, во-первых, результаты исследования РДО не всегда дают четкое распределение характера ошибок и их значений, что затрудняет интерпретацию полученных данных; во-вторых, взаимозависимость показателей РДО (например, низкий процент точных реакций обуславливает высокий процент ошибочных или преобладающий процент опережающих в составе ошибочных реакций обратно пропорционален проценту запаздывающих реакций) делает их избыток нецелесообразным, а саму процедуру оценки результатов исследования РДО достаточно громоздкой и преимущественно описательной; в-третьих, отсутствие интегрального показателя РДО не позволяет дать оценку текущему ФС организма с помощью одного числового выражения, имеющего конкретный физиологический смысл, и, в-четвертых, известный способ не достаточно информативен и не обеспечивает должной точности.

Наиболее близким по существу заявляемого технического решения является способ оценки утомления организма путем определения спектральной мощности автоколебаний временных интервалов РДО, в результате чего по увеличению мощности медленноволновой компоненты в общем спектре диагностируют утомление [2].

Недостатком известного способа является то, что он отражает в общем виде только преобладание тех или иных реакций на движущийся объект ошибочного характера, преимущественно запаздывающих ответов, и в связи с этим является даже менее информативным, а, значит, и менее точным, по сравнению со способом [1]. По этой же причине значение мощности спектра автоколебаний временных интервалов РДО не может носить интегральный характер.

Общим недостатком для обоих известных способов является то, что основным критерий качества выполнения этой функциональной пробы, которым является точность реакций, как правило, выпадает из списка определяющих признаков РДО. Тогда как результаты проведенных исследований ряда авторов [3] показали, что правильность ответов является более точным и легко интерпретируемым показателем утомления по сравнению, например, с величиной латентного периода. С другой стороны оба способа не учитывают физиологических особенностей прослеживаемого движения глаз человека [4], что обуславливает случайный характер ответных реакций и снижает тем самым точность обоих способов. Суть одной из них заключается в том, что цель, движущаяся по окружности, может быть плавно прослежена, если время полуоборота не превышает 1 с. Во всех же без исключения способах пробы РДО выполняют на скорости, превышающей в 2 раза физиологические возможности нервно-мышечного аппарата глаз при реализации указанной функции, т.е. 1 об/с. Из того же источника [4] известно, что длительные непрерывные прослеживания возможны при скоростях, не превышающих 30-40 град/с (Dodge et al., 1934; Westheimer, 1954; А.Л. Ярбус, 1965). а в течение коротких отрезков времени и соответственно на коротких участках глаз может проследивать целую скорость 100-200 град/с. Однако, для последнего случая траектория цели должна быть достаточно протяженной, чтобы глаз успел подстроиться под скорость и положение цели (Crawford, 1960; А.Л. Ярбус, 1965). Известно также, что при частоте 1,25 Гц следящие движения глаз полностью нарушаются (Levy-Schoen, 1969).

В основу изобретения поставлена задача оценки ФС организма путем определения интегрального показателя (ИП) РДО посредством регистрации РДО на различных фиксированных скоростях движения светового сигнала по окружности на экране дисплея, например, 0,625, 0,500, 0,375, 0,250, 0,125, 0,050 об/с, и вычисления значения предельной скорости (V_{lim}), при которой количество точных реакций принимают как максимальное при заданном уровне значимости, например, 85%, а также быстроты стабилизации точных ответов при изменении режима движения светового сигнала на обратный (N_{min}). При этом в качестве ИП РДО принимается именно предельная скорость (V_{lim}), поскольку при таких условиях реализации методики ошибочные реакции сведены к минимуму и могут практически не учитываться в интегральной оценке результатов РДО, что приводит к повышению точности оценки ФС организма.

Сущность заявляемого способа заключается в том, что посредством остановки равномерно вращающейся стрелки на заранее обусловленном делении круговой шкалы, дополнительно регистрируют точность ответных реакций на фиксированных скоростях движения по окружности светового сигнала от 0,1 до 1,0 об/с, вычисляют предельную скорость, при которой количество точных реакций принимают как максимальное при заданном уровне значимости, выполняют контрольный тест на точность остановки движущегося на расчетной предельной скорости светового сигнала, изменяют направление его движения на обратное, определяют точность ответных реакций, фиксируют количество выполненных проб до появления устойчивой реакции, например, в виде следующих подряд двух точных ответов и рассчитывают показатель комплексной оценки (ПКО) функционального состояния организма по формуле:

$$ПКО = 0,35(e^{V_{lim}} + e^{0,01N_{min}}),$$

где: V_{lim} - предельная скорость движения по окружности светового сигнала;

N_{min} - минимальное количество выполненных проб в режиме обратного движения светового сигнала до появления устойчивой реакции,

и при значении ПКО 0,4-1,0 судят о состоянии высокой работоспособности, при 0,2-0,39 - о начальных

явлениях утомления, а при 0,19 и менее - о выраженных явлениях утомления.

Новым в заявляемом способе является то, что дополнительно регистрируют точность ответных реакций на фиксированных скоростях движения по окружности светового сигнала от 0,1 до 1,0 об/с, вычисляют предельную скорость, при которой количество точных реакций принимают как максимальное при заданном уровне значимости, выполняют контрольный тест на точность остановки движущегося на расчетной предельной скорости светового сигнала, изменяют направление его движения на обратное, определяют точность ответных реакций, фиксируют количество выполненных проб до появления устойчивой реакции и рассчитывают показатель комплексной оценки (ПКО) функционального состояния организма по формуле

$$ПКО = 0,35(e^{V_{lim}} + e^{0,01N_{min}}),$$

где V_{lim} - предельная скорость движения по окружности светового сигнала;

N_{min} - минимальное количество выполненных проб в режиме обратного движения светового сигнала до появления устойчивой реакции, и при значении ПКО 0,4-1,0 судят о состоянии высокой работоспособности, при 0,2-0,39 - о начальных явлениях утомления, а при 0,19 и менее - о выраженных явлениях утомления

Результат, который может быть получен при осуществлении предлагаемого способа, заключается в возможности более точной оценки ФС организма за счет определения в процессе выполнения одного функционального теста не только уровня функционирования (в терминах классической физиологии - силы нервных процессов), но и подвижности нервных процессов (смена режима движения светового сигнала на обратный аналогично переделке положительного двигательного рефлекса на отрицательный), что и делает этот способ более информативным и точным по сравнению с прототипом.

Изменение ФС организма, наступающего в процессе работы, сопровождается в первую очередь функциональными сдвигами со стороны центральной нервной системы, для оценки ФС которой и используется РДО. Несмотря на общепризнанность данной методики она имеет один существенный недостаток, связанный, как уже отмечалось, с несоответствием скоростных режимов кругового вращения стрелки (или движения светового сигнала по окружности) физиологическим возможностям нервно-мышечного аппарата глаз. Именно это несоответствие, по-видимому/и является причиной вероятностной природы реакций на точность, что проявляется в разнонаправленности и значительном разбросе показателей РДО, поскольку в этих условиях включаются другие механизмы фиксации глазом движущейся цели, основанные на скачках или саккадах, скорость которых может колебаться в широком диапазоне - от 100 до 400 мс (Rashbass, 1961, цит. по [4]).

Наши данные показывают, что по мере увеличения количества выполненных проб на точность остановки вращающейся со скоростью 1 об/с стрелки, например, до 100-150 предъявлений, число запаздывающих и опережающих реакций, как правило, начинает выравниваться, а точные ответы приобретают близкий к устойчивому характер. Подобные соотношения всегда наблюдаются в условиях, когда скорость вращения стрелки значительно превышает 0,5 об/с.

Однако, ниже скорости 0,5 об/с отчетливо прослеживается зависимость количества точных реакций от скорости движения светового сигнала (или вращения стрелки). Этот показатель РДО оказался очень чувствительным к изменениям ФС организма, будучи высоким (0,45 об/с) до работы и относительно низким (0,21 об/с) в конце работы или, например, после приема алкоголя (0,12 об/с).

Дополнительное выполнение пробы в режиме обратного движения светового сигнала увеличивает информативность способа оценки ФС, поскольку отражает особенность нейродинамических процессов, развивающихся в коре головного мозга в процессе выполнения функциональной нагрузки. В отмеченных ниже случаях (после работы и после приема алкоголя) количество проб на точность реакции прогрессивно падало от 2-3 в исходном состоянии до 5-6 и 7-8 соответственно.

С целью обобщения результатов исследования РДО по показателю предельной скорости и количеству выполненных проб в обратном режиме движения светового сигнала рассчитывают показатель комплексной оценки (ПКО) ФС согласно формуле:

$$ПКО = 0,5(e^{V_{lim}} + e^{0,01N_{min}}),$$

Где V_{lim} - предельная скорость движения по окружности светового сигнала, при которой количество точных реакций принимают как максимальное при уровне значимости, например, 85%;

N_{min} - минимальное количество выполненных проб в режиме обратного движения светового сигнала до появления устойчивой реакции в виде следующих подряд, например, двух точных ответов (скорость переделки двигательной реакции),

0,35 - коэффициент пропорциональности.

В основе предложенного показателя лежит установленная зависимость между различными индикаторами силы нервной системы и скорости переделки двигательной реакции. Коэффициент корреляции между этими показателями по данным ряда авторов колеблется от 0,395 до 0,6 (И.В.Равич-Щербо, 1954; Е.Ф.Мелихова, 1964). С.И.Молдавская (1964) отметила также наличие тесной зависимости между переделкой условных рефлексов и работоспособностью корковых клеток.

Полученные таким образом, значения ПКО распределяются от 1,0 до 0,1, и соответствуют высокой работоспособности, начальным или выраженным явлениям утомления в зависимости от фиксированных диапазонов, а именно: 1,0-0,4, 0,39-0,2, или 0,19 и менее.

В конкретном случае ПКО составил в исходном состоянии 0,83, после работы снизился до 0,47, а через 60 мин после приема алкоголя (150,0) - до 0,31 (таблица, с.7).

Оценку ФС организма заявленным способом осуществляют с помощью компьютерной технологии.

Процедура исследования состоит из двух этапов.

Испытуемый удобно усаживается перед экраном дисплея на расстоянии 90 см таким образом, чтобы плоскость экрана была перпендикулярна зрительной оси, и получает инструкцию, в соответствии с которой он должен как можно точнее останавливать с помощью кнопки движущийся световой сигнал по окружности

дисплея в заранее обусловленном месте (т.н. маркер).

На первом этапе с использованием программного обеспечения на экране дисплея в начале высвечиваются точки, определяющие траекторию движения светового сигнала по окружности. Потом устанавливают маркер, выбирают последовательность режимов движения светового сигнала, начиная с максимального, например, 0,625, 0,500, 0,375, 0,250, 0,125, 0,050 об/с, и количество проб для каждого режима движения, например, 20, после чего приступают к выполнению теста.

После выполнения проб на всех или выборочных режимах движения светового сигнала на основе полученных результатов в автоматическом режиме получают расчетным путем предельную скорость, при которой количество точных реакций принимают как максимальное при заданном уровне значимости (например, 85%). Первый этап завершают выполнением испытуемым контрольного теста РДО на полученной расчетным путем предельной скорости, что позволяет, если необходимо, вносить соответствующие коррективы в ее значение.

Второй этап заключается в определении скорости стабилизации точных ответов при изменении режима движения светового сигнала на обратное по результатам контрольного теста. При этом маркер автоматически также принимает на экране дисплея противоположное положение для обеспечения равных условий продолжительности прослеживающего движения глаз. Этап считают завершенным, когда фиксируется два следующих друг за другом точных ответов.

Всю процедуру проведения исследований РДО осуществляют в автоматическом режиме. После окончания исследований на основе полученных результатов дают заключение о текущем ФС и соотносят его со значениями ПКО, на основе чего диагностируют одно из трех состояний: высокая работоспособность, начальные или выраженные явления утомления. Результаты высвечиваются на экране дисплея, а в случае необходимости сопровождаются развернутым комментарием.

Перед первым этапом исследований испытуемый проводится в обязательном порядке кратковременную тренировку на максимальной скорости движения светового сигнала по окружности как в прямом, так и в обратном направлениях.

Ниже приводятся примеры изменения ФС организма после производственной нагрузки и после приема алкоголя (150,0).

Пример. ФС организма испытуемого по результатам исследования РДО в исходном состоянии, после производственной нагрузки и после приема алкоголя (150,0).

№	Показатели РДО	Исходные данные (фон)	После работы	Через 60 мин после приема алкоголя
1.	А. Общепринятые: Точные реакции, %	10	—	—
2.	Опережающие реакции, %	50	50	40
3.	Величина ошибки, мс	$65 \pm 0,15$	$30 \pm 0,35$	$15 \pm 0,20$
4.	Запаздывающие реакции, %	40	50	60
5.	Величина ошибки, мс	$35 \pm 0,15$	$50 \pm 0,25$	$70 \pm 0,30$
6.	Б. Предлагаемые: Предельная скорость, (V _{lim}), мс	0,45	0,21	0,12
7.	Количество выполненных проб (N _{min})	3	6	7
8.	Показатель комплексной оценки (ПКО), усл.ед.	0,83	0,47	0,31

Примечание. Число проб на точность остановки движущегося по окружности светового сигнала в каждой из 3-х серий составило 100.