

UDC 612.014.32.001.8

Mental Fatigue Evaluation

Valery V. Rozhentsov

Volga State University of Technology, Russian Federation

Dr. (Technical), Professor

E-mail: VRozhentsov@mail.ru

Abstract. The article offers the method for evaluation of mental fatigue, based on the method of paired light pulses. Ten pre-trained test men with normal vision, aged 18–20 participated in the experiment. Testees were showed subsequent paired light pulses at a 200 ms interval, divided by initial interpulse interval of 70 ms, recurring at the fixed time interval of 1 s. Testees determined the threshold interpulse interval, at which the two pulses in a pair merged into one, three times, using the method of successive approximation. Then testees solved algebraic equations with several unknowns for two hours. The threshold interpulse interval was determined three times every 20 minutes in the course of equations solving. The degree of mental fatigue DMF was calculated, using the formula: $DMF_i = (TPI_i - TPI_0) 100\% / TPI_i$; $i = 1, 2, \dots, n$, where DMF_i is the degree of mental fatigue at the i -th measurement; TPI_i is average arithmetic duration of threshold interpulse interval at the i -th measurement; TPI_0 is average arithmetic duration of threshold interpulse interval before algebraic equations solving; n is the dimension of threshold interpulse interval measurement in the course of algebraic equations solving. After 20 minutes of work, the degree of mental fatigue of one of the testees was 9.5 %, rose to 21 % by the end of the first hour and exceeded 39 % by the end of the second hour. Similar dynamics of mental fatigue was observed in all testees, but its development and the degree of fatigue are individual. To prevent fatigue and ensure high level of efficiency one should set the individual schedule and rest pauses duration during mental activity.

Keywords: mental fatigue; evaluation; paired light pulses.

Введение. Проблема контроля утомления как определенного функционального состояния человека, имеет более чем полуторавековую историю. Ее решению посвящены труды известных специалистов в области физиологии, таких как М.И. Сеченов (1863–1907), В.М. Бехтерев (1914–1920), И.П. Павлов (1927), К.Д. Ушинский (1950), П.К. Анохин (1975, 1978–1980) и др.

Как отмечают В.П. Загрядский и З.К. Сулимо-Самуйло [1], при исследовании феномена утомления многими авторами подчеркивается, что динамика его развития при физической и умственной работе принципиально не отличается. Утомление при умственной работе может быть обнаружено по тем же функциональным сдвигам в вегетативной сфере, которые характеризуют утомление при мышечной деятельности. Поэтому исследователи обращают больше внимания на общие черты, чем на специфические различия в механизмах утомления от физической и умственной работы.

Однако, по мнению А.В. Карпенко [2], проблема количественной оценки уровня умственного утомления на основании физиологических показателей является одной из наиболее сложных. Необходимость учета малых сдвигов таких показателей породила стремление искать чувствительные корреляты умственной работоспособности путем одновременной регистрации многих показателей физиологического состояния организма. Такой подход, учитывающий активность многих физиологических систем, представляет большие возможности для интерпретации данных, однако его методическая реализация достаточно сложна и во многих случаях остается доступной только при экспериментальных исследованиях.

Ряд исследователей отмечает, что в отношении умственной работоспособности значительно информативнее регуляторные системы. Данные об активности симпатoadrenalовой, гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной систем в процессе умственной деятельности позволяют считать их перспективным источником информации для оценки умственной работоспособности. Однако исследованиям активности регуляторных систем

организма ввиду их малой доступности в процессе любой деятельности посвящена небольшая часть работ по физиологии труда [3].

Согласно классификации трудовой деятельности, умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующие преимущественного напряжения сенсорного аппарата и активизации психических процессов [4]. Поэтому при утомлении, связанном с умственной деятельностью, более выраженные и четкие функциональные сдвиги наблюдаются в центральной нервной системе, высшей нервной деятельности, анализаторах и психической деятельности [1].

В качестве возможных индикаторов умственного утомления рассматриваются самые различные параметры показателей функционирования нервной системы: электроэнцефалограмма, электрокардиограмма, кожногальваническая реакция, вызванные потенциалы, плетизмограмма, реограмма и т.д. [5] Главное достоинство этих методов – объективность и возможность количественного выражения данных. В то же время для оценки функционального состояния человека при умственной деятельности широкое распространение получили методы, основанные на определении способности человека перерабатывать информацию: бланковые тесты, компенсаторное слежение, хронорефлексометрия, счет в различных вариантах и т.д. К числу их достоинств относятся доступность и чувствительность к изменениям умственной работоспособности. Однако в ряде случаев даже существенные изменения функционального состояния не приводят к изменению умственной продуктивности. Поэтому справедливо замечание о том, что такого рода тесты не отражают физиологическое обеспечение умственной деятельности [6].

Длительная интенсивная умственная деятельность приводит к чрезмерному психофизиологическому напряжению с последующим формированием неблагоприятных функциональных состояний и профессионального стресса. Последний способствует росту общесоматической патологии, среди которых: сердечно-сосудистая заболеваемость, хронические заболевания репродуктивной системы, метаболический синдром, выраженный в абдоминальном ожирении, синдром нервно-эмоционального перенапряжения и др. [7]. Поэтому поиск методов контроля умственного утомления остается важной и актуальной задачей.

Цель исследования. Разработка метода оценки умственного утомления с использованием парных световых импульсов.

Материалы и методы исследования. В эксперименте приняли участие 10 предварительно обученных испытуемых, мужчин в возрасте от 18 до 20 лет с нормальным зрением. Испытуемым предъявляли последовательность парных световых импульсов длительностью 200 мс, разделенных начальным межимпульсным интервалом, равным 70 мс, повторяющихся через постоянный временной интервал, равный 1 с [8]. Излучателем служил светодиод желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3 мкд, размещаемый в районе ближайшей точки ясного видения. Измерения выполняли бинокулярно в помещении, оборудованном в соответствии с требованиями СНиП [9] в первой половине дня с 9 до 12 часов с использованием устройства предъявления световых импульсов, управляемого компьютером. Временные диаграммы таких импульсов и их ощущений описаны ранее [10].

Методом последовательного приближения [11] испытуемые трижды определяли пороговый межимпульсный интервал, при котором два импульса в паре сливались в один. Далее испытуемые в течение двух часов выполняли решение систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными. В процессе решения уравнений периодически, через каждые 20 минут работы, трижды определяли пороговый межимпульсный интервал. Степень умственного утомления СУУ вычисляли по формуле:

$$\text{СУУ}_i = (\text{ПМИ}_i - \text{ПМИ}_0) 100\% / \text{ПМИ}_i; i = 1, 2, \dots, n,$$

где СУУ_i - степень умственного утомления при i -м измерении; ПМИ_i - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала при i -м измерении; ПМИ_0 - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала до начала решения систем алгебраических уравнений; n – число измерений порогового межимпульсного интервала во время решения систем алгебраических уравнений.

Результаты исследования и их обсуждение. Данные вычисленных среднеарифметических значений порогового межимпульсного интервала и значений степени зрительного утомления с указанием времени измерения для одного из испытуемых представлены в таблице.

Таблица.

Результаты вычислений порогового межимпульсного интервала и степени зрительного утомления

Время измерения, час., мин	9.00	9.20	9.40	10.00
Среднеарифметическое значение ПМИ, мс	6,7	7,4	7,8	8,5
Степень умственного утомления, %	-	9,5	14,1	21,2
Время измерения, час., мин	10.20	10.40	11.00	-
Среднеарифметическое значение ПМИ, мс	8,9	9,8	11,1	-
Степень умственного утомления, %	24,7	31,6	39,6	-

На рис. 1 представлен график динамики порогового межимпульсного интервала в процессе решения уравнений, на рис. 2 – степени зрительного утомления.

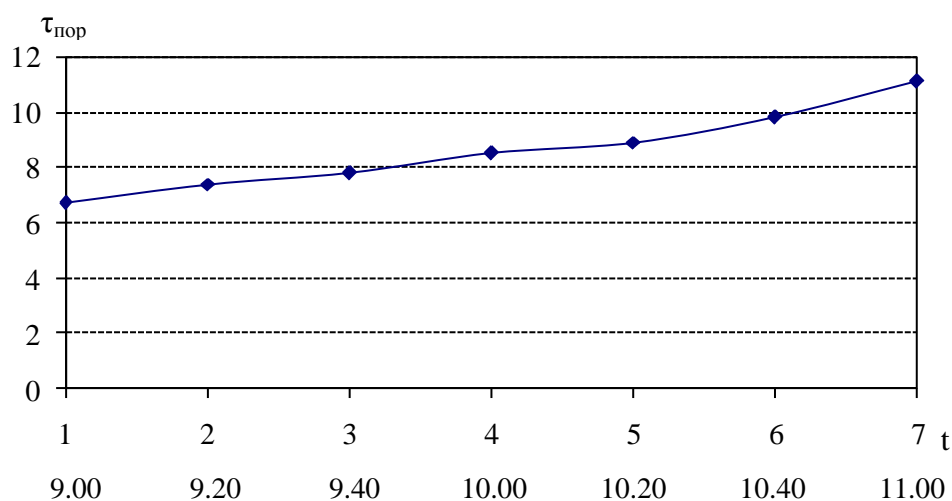


Рис 1. Усредненные значения порогового межимпульсного интервала испытуемого. По горизонтальной оси – время измерения, час, мин; по вертикальной оси – пороговый межимпульсный интервал, мс.

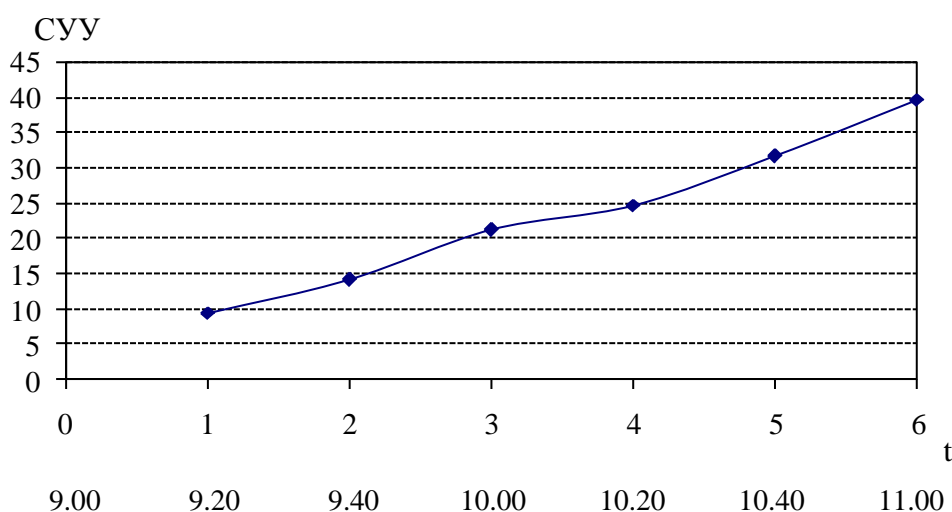


Рис. 2. Динамика зрительного утомления испытуемого. По горизонтальной оси – время измерения, час, мин; по вертикальной оси – степень зрительного утомления, %

Физиологами неоднократно производилась попытка найти надежный физиологический показатель умственного утомления. При этом оказалось, что показатели обмена веществ не отражают состояния умственной работоспособности, а критерии, основанные на средних уровнях физиологических показателей, не являются надежными и воспроизводимыми и непригодны для использования в практических целях [6, 12]. Однако Т.С. Копосова и соавт. [13] отмечают, что даже при такой, казалось бы, легкой умственной деятельности, как чтение про себя, обмен веществ в организме ребенка повышается на 16 %, а при чтении вслух – на 46 %. Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением (например, ответ с места, ответ у доски или на экзамене, выполнение контрольной работы и т.п.), вызывает у ребенка увеличение количества глюкозы в крови на 30–40 %. У лиц, занимающихся интенсивным умственным трудом, изменяется состояние вегетативной нервной системы, оцениваемое по индексу Кердо [14].

По данным исследований ряда авторов напряженная умственная работа вызывает изменения состояния организма, отражающиеся на показателях сердечной деятельности и артериального давления [15]. При усвоении нового материала у школьников повышается частота сердечных сокращений на 6–18%, увеличивается длительность сердечных циклов [16]. Решение трудных арифметических задач вызывает продолжительное повышение артериального давления и существенное изменение сердечной деятельности вплоть до нарушений ритма. Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, вызывает у ребенка учащение пульса на 14–30 ударов, повышение систолического давления крови на 20–30 мм рт. ст. [13].

В результате анализа периодических составляющих сердечного ритма при напряженной умственной работе Р.М. Баевский (1975, 1984) выявил удлинение периодов в диапазоне 0,5-2,0 мин, А.О. Навакатикян и соавт. (1979, 1984) – аналогичную тенденцию в диапазоне 1,5-2 часа. В.И. Кудрявцева и В.А. Сычев (1976) обнаружили, что индикатором проявления раннего утомления может служить сдвиг пиков спектра сердечного ритма в низкочастотную область [17]. Однако, по мнению С.А. Косилова и Л.А. Леоновой, реакции сердечно-сосудистой системы на умственный труд недостаточно определены, хотя более типично для умственного труда увеличение ЧСС и уровня АД. Так учащение пульса в начальном периоде работы наблюдается у режиссеров телевидения и переводчиков при синхронном переводе. В то же время имеются данные об урежении пульса через несколько часов однообразной умственной работы, например, у диспетчеров и инженеров-экономистов [12].

По данным Т.М. Сенициной и Р.П. Чекурды при умственном напряжении одновременно с учащением сердцебиений наблюдается увеличение частоты дыхания [18]. З.М. Юлдашев и Ю.И. Сенкевич [19] отмечают, что умственное утомление может проявляться нарушением ритма дыхания, которое характеризуется возникновением частых вставочных вдохов, укорочении дыхательных периодов, частой сменой характера дыхания.

Однако при утомлении, связанном с умственной деятельностью, более выраженные и четкие функциональные сдвиги наблюдаются в центральной нервной системе [1]. Тестируя утомление, оценивают состояние кратковременной памяти, используя методики: определение времени реакции, поиск сигнала в шуме, опознание цифр, определение отсутствующей цифры и др. [5] Для изучения особенностей внимания и репродуктивного мышления используют бланковую методику «сложение и вычитание» [20]. По данным И.В. Бухтиярова и соавт., выполнивших комплекс физиологических и психологических исследований, именно компьютерные программы психологического тестирования заслуживают особого внимания [21].

При этом установлено, что дети с низкой подвижностью нервных процессов существенно уступают по умственной работоспособности детям с высокой подвижностью. Эти различия являются достоверными на протяжении всего учебного года и в разные периоды учебной недели и учебного дня [22]. Изменения параметров функционального состояния центральной нервной системы под действием интенсивной умственной нагрузки проявляется не одинаково у носителей разных вариантов генов DAT1, DRD2 и COMT [23].

Для анализа развития умственного утомления, как отмечают С.А. Косилов и Л.А. Леонова, эффективным считается метод определения критической частоты световых мельканий, который успешно применялся многими авторами (М.А. Грицевский, 1959;

З.М. Золина, 1968; Simonson, 1947; Grandjean, 1947, 1959; А.И. Киколов, 1960, 1967 и др.) [12]. Однако изменения значения КЧСМ обычно невелики по абсолютной величине, что приводит к необходимости повышения точности измерений. Методы, методики и технические решения, предложенные для повышения точности измерения критической частоты световых мельканий, рассмотрены ранее [24-27].

В то же время более точные результаты исследований, по сравнению с методом КЧСМ, можно получить методом парных световых импульсов [28, 29]. Вопросы использования метода рассмотрены в работах [30-33].

Использование метода парных световых импульсов позволило установить, что уже через 20 минут решения систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными степень умственного утомления испытуемого достигает 9,5 %, возрастая к концу первого часа до 21 % и к концу второго часа – более 39 %. Аналогичная динамика умственного утомления наблюдалась у всех испытуемых, однако его развитие и степень утомления индивидуальны. Это позволяет, с целью профилактики утомления и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность необходимых перерывов для отдыха в процессе умственной деятельности.

Заключение. Предложен способ оценки умственного утомления, позволяющий дать количественную оценку его степени. Анализ динамики степени утомления позволяет, с целью его профилактики и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность перерывов в процессе умственной деятельности.

Примечания:

1. Загрядский В.П. Методы исследования в физиологии труда / В.П. Загрядский, З.К. Сулимо-Самуйло. Л.: Наука, 1976. 93 с.

2. Карпенко А.В. Использование статистических характеристик сердечного ритма для оценки умственной работоспособности / А.В. Карпенко // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 3. С. 426-431.

3. Карпенко А.В. Колебательная структура психофизиологических показателей как источник информации о продуктивности умственной деятельности / А.В. Карпенко // Физиология человека. 1988. Т. 14, № 5. С. 730-738.

4. Раздьяконова Е.А. Безопасность жизнедеятельности и умственный труд / Е.А. Раздьяконова // Вологодские чтения. 2004. № 47. С. 30-31.

5. Зинченко В.П. Психометрика утомления / В.П. Зинченко, А.Б. Леонова, Ю.К. Стрелков. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 109 с.

6. Буров А.Ю. Оценка функционального состояния операторов по показателям умственной работоспособности / А.Ю. Буров // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 2. С. 281-288.

7. Байгужин П.А. Способы оптимизации напряженности умственного труда как фактора профессионального стресса (обзор) / П.А. Байгужин // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2012. № 3. С. 378-396.

8. Патент РФ №2008142353/14; 20.04.2010. Роженцов В.В. Способ определения степени умственного утомления // Патент России № 2386385. 2008. Бюл. № 11.

9. СНиП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 1995. 30 с.

10. Роженцов В.В. Способ повышения достоверности определения времени восстановления зрительной системы / В.В. Роженцов // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2010. Т. 10, № 3. С. 47-50.

11. Роженцов В.В. Исследование критической частоты слияния мельканий методом последовательных приближений / В.В. Роженцов, Т.А. Корнюшина, А.А. Фейгин // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 5. С. 52-55.

12. Косилов С.А. Работоспособность человека и пути ее повышения / С.А. Косилов, Л.А. Леонова. М.: Медицина, 1974. 240 с.

13. Копосова Т.С. Вариабельность сердечного ритма при умственной нагрузке у городских и сельских школьников / Т. С. Копосова, С. Ф. Лукина, И. А. Савенкова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2008. № 1. С. 24-30.

14. Стоянов А.Н. Значение оптико-вегетативной системы для клинической нейровегетологии / А. Н. Стоянов, А. С. Сон // Международный неврологический журнал. 2010. № 5. С. 24–26.

15. Влияние напряженной умственной работы в стрессорных условиях на сердечную деятельность, гемодинамику и кровообращение головного мозга / Б. М. Федоров, Е. Н. Стрельцова, Т.В. Себекина и др. // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 1. С. 65-71.

16. Дьячкова Г.И. Сердечный ритм при эмоциональном напряжении у детей / Г.И. Дьячкова // Педиатрия. 1999. № 8. С. 25–28.
17. Навакатилян А.О. Физиология и гигиена умственного труда / А.О. Навакатилян, В.В. Крыжановская, В. В. Кальниш. К.: Здоров'я, 1987. 148 с.
18. Синицина Т.М. Частота сердечных сокращений и дыхания при различной успешности выполнения умственной работы / Т. М. Синицина, Р. П. Чекурда // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 2. С. 199-203.
19. Юлдашев З.М. Автоматизация систем дистанционного контроля утомляемости учащихся и преподавателей / З.М. Юлдашев, Ю.И. Сенкевич // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 4. С. 62-68.
20. Методика оценивания умственной работоспособности и надежности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С.В. Кирий, Ю.А. Кукушкин, А.В. Богомолов и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 1-2. С. 50-56.
21. Бухтияров И.В. Валидизация оценки профессионального стресса у работников офисов / И.В. Бухтияров, М.Ю. Рубцов, П.В. Чесалин // Экология человека. 2012. № 11. С. 20-26.
22. Аюрова Э.Б. Умственная работоспособность детей с различной подвижностью основных нервных процессов / Э.Б. Аюрова // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 1. С. 146-150.
23. Влияние генетических вариаций в дофаминергической системе на утомление человека: гендерные аспекты / Н.В. Малюченко, Ю.В. Щеголькова, М.А. Куликова и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2010. № 2. С. 187-193.
24. Роженцов В.В. Точность измерения критической частоты световых мельканий / В.В. Роженцов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2003. № 4 (32). С. 17-20.;
25. Роженцов В.В. Исследование влияния длительности импульсов на точность определения критической частоты световых мельканий / В.В. Роженцов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2003. № 10. С. 479-480.
26. Роженцов В.В. Методика измерений и точность определения критической частоты слияния световых мельканий / В. В. Роженцов // Вестник офтальмологии. 2004. Т. 120, № 5. С. 29-31.;
27. Роженцов В.В. Обеспечение точности измерений критической частоты световых мельканий / В. В. Роженцов // Медицинская техника. 2008. № 1. С. 8-10.
28. Петухов И.В. Точность оценки критической частоты световых мельканий и времени восстановления зрительного анализатора / И.В. Петухов, В.В. Роженцов // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 5. С. 24-28.;
29. Sysoev I.I. The Possibility of Using Physiological Parameters Boxers in Preparation / I.I. Sysoev, M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 26, № 8-1. P. 1153-1158.
30. Роженцов В.В. Оценка скорости возбудительных процессов нервной системы спортсмена / В. В. Роженцов, М. М. Полевщиков // Спортивный психолог. 2010. № 2(20). С. 74-77.
31. Полевщиков М.М. О возможности количественной оценки времени вработывания и развития выносливости / М.М. Полевщиков, В.В. Роженцов // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 3. С. 40-41.
32. Rozhentsov V.V. Accuracy of Vision Time Evaluation / V.V. Rozhentsov, M.M. Polevshchikov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 33, № 11-1. P. 1911-1914.
33. Полевщиков М.М. Функциональная диагностика методом анализа скорости нервных процессов / М.М. Полевщиков, В.В. Роженцов, В.Е. Афоньшин // Спортивная медицина: наука и практика. Научно-практический журнал. 2013. № 1(10). С. 222-223.

References:

1. Zagryadskii V.P. Metody issledovaniya v fiziologii truda / V.P. Zagryadskii, Z.K. Sulimo-Samuilo. L.: Nauka, 1976. 93 s. (In rus.)
2. Karpenko A.V. Using statistical characteristics of heart rate to assess mental capacity // Fiziologiya cheloveka. 1986. Т. 12, № 3. S. 426-431. (In rus.)
3. Karpenko A.V. The vibrational structure of psychophysiological indicators as a source of information on the productivity of mental activity / A.V. Karpenko // Fiziologiya cheloveka. 1988. Т. 14, № 5. S. 730-738. (In rus.)
4. Razd"yakonova E.A. Life safety and mental work / E.A. Razd"yakonova // Vologdinskie chteniya. 2004. № 47. S. 30-31. (In rus.)
5. Zinchenko V.P. Psikhometrika utomleniya / V.P. Zinchenko, A.B. Leonova, Yu.K. Strelkov. M.: Izdvo Mosk. un-ta, 1977. 109 s. (In rus.)
6. Burov A.Yu. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya operatorov po pokazatelyam umstvennoi rabotosposobnosti / A.Yu. Burov // Fiziologiya cheloveka. 1986. Т. 12, № 2. S. 281-288. (In rus.)

7. Baiguzhin P.A. Spособы optimizatsii napryazhennosti umstvennogo truda kak faktora professional'nogo stressa (obzor) / P.A. Baiguzhin // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2012. № 3. S. 378-396. (In rus.)
8. Patent RF №2008142353/14; 20.04.2010. Rozhentsov V.V. Spособ opredeleniya stepeni umstvennogo utomleniya // Patent Rossii № 2386385. 2008. Byul. № 11. (In rus.)
9. SNiP 23–05–95. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. Stroitel'nye normy i pravila Rossiiskoi Federatsii. M.: Izd-vo standartov, 1995. 30 s. (In rus.)
10. Rozhentsov V.V. Spособ povysheniya dostovernosti opredeleniya vremeni vosstanovleniya zritel'noi sistemy / V.V. Rozhentsov // Refraktsionnaya khirurgiya i oftal'mologiya. 2010. T. 10, № 3. S. 47-50. (In rus.)
11. Rozhentsov V.V. Issledovanie kriticheskoi chastoty sliyaniya mel'kaniy metodom posledovatel'nykh priblizhenii / V.V. Rozhentsov, T.A. Korniyushina, A.A. Feigin // Fiziologiya cheloveka. 2006. T. 32, № 5. S. 52-55. (In rus.)
12. Kosilov S.A. Rabotosposobnost' cheloveka i puti ee povysheniya / S.A. Kosilov, L.A. Leonova. M.: Meditsina, 1974. 240 s. (In rus.)
13. Kuposova T.S. Variabel'nost' serdechnogo ritma pri umstvennoi nagruzke u gorodskikh i sel'skikh shkol'nikov / T. S. Kuposova, S. F. Lukina, I. A. Savenkova // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2008. № 1. S. 24-30. (In rus.)
14. Stoyanov A.N. Znachenie optiko-vegetativnoi sistemy dlya klinicheskoi neirovegetologii / A.N. Stoyanov, A. S. Son // Mezhdunarodnyi nevrologicheskii zhurnal. 2010. № 5. S. 24–26. (In rus.)
15. Vliyanie napryazhennoi umstvennoi raboty v stressornykh usloviyakh na serdechnuyu deyatel'nost', gemodinamiku i krovoobrashchenie golovnogo mozga / B.M. Fedorov, E.N. Strel'tsova, T.V. Sebekina i dr. // Fiziologiya cheloveka. 1986. T. 12, № 1. S. 65-71. (In rus.)
16. D'yachkova G.I. Serdechnyi ritm pri emotsional'nom napryazhenii u detei / G.I. D'yachkova // Pediatriya. 1999. № 8. S. 25–28. (In rus.)
17. Navakatikyan A.O. Fiziologiya i gigiena umstvennogo truda / A.O. Navakatikyan, V.V. Kryzhanovskaya, V.V. Kal'nish. K.: Zdorov'ya, 1987. 148 s. (In rus.)
18. Sinitsina T.M. Chastota serdechnykh sokrashchenii i dykhaniya pri razlichnoi uspezhnosti vypolneniya umstvennoi raboty / T. M. Sinitsina, R. P. Chekurda // Fiziologiya cheloveka. 1986. T.12, № 2. S. 199-203. (In rus.)
19. Yuldashev Z.M. Avtomatizatsiya sistem distantsionnogo kontrolya utomlyaemosti uchashchikhsya i prepodavatelei / Z.M. Yuldashev, Yu.I. Senkevich // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2010. № 4. S. 62-68. (In rus.)
20. Metodika otsenivaniya umstvennoi rabotosposobnosti i nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti spetsialistov, podvergayushchikhsya vozdeistviyu avitsionnogo shuma / S.V. Kirii, Yu.A. Kukushkin, A.V. Bogomolov i dr. // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2008. № 1-2. S. 50-56. (In rus.)
21. Bukhtiyarov I.V. Validizatsiya otsenki professional'nogo stressa u rabotnikov ofisov / I.V. Bukhtiyarov, M.Yu. Rubtsov, P.V. Chesalin // Ekologiya cheloveka. 2012. № 11. S. 20-26. (In rus.)
22. Ayurova E.B. Umstvennaya rabotosposobnost' detei s razlichnoi podvizhnost'yu osnovnykh nervnykh protsessov / E.B. Ayurova // Fiziologiya cheloveka. 1986. T. 12, № 1. S. 146-150. (In rus.)
23. Vliyanie geneticheskikh variatsii v dofaminergicheskoi sisteme na utomlenie cheloveka: gendernye aspekty / N.V. Malyuchenko, Yu.V. Shchegol'kova, M.A. Kulikova i dr. // Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 2010. № 2. S. 187-193. (In rus.)
24. Rozhentsov V.V. Tochnost' izmereniya kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V.V. Rozhentsov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. 2003. № 4 (32). S. 17-20. (In rus.)
25. Rozhentsov V.V. Issledovanie vliyaniya dlitel'nosti impul'sov na tochnost' opredeleniya kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V.V. Rozhentsov // Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 2003. № 10. S. 479-480. (In rus.)
26. Rozhentsov V.V. Metodika izmerenii i tochnost' opredeleniya kriticheskoi chastoty sliyaniya svetovykh mel'kaniy / V. V. Rozhentsov // Vestnik oftal'mologii. 2004. T. 120, № 5. S. 29-31. (In rus.)
27. Rozhentsov V.V. Obespechenie tochnosti izmerenii kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V. V. Rozhentsov // Meditsinskaya tekhnika. 2008. № 1. S. 8-10. (In rus.)
28. Petukhov I.V. Tochnost' otsenki kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy i vremeni vosstanovleniya zritel'nogo analizatora / I.V. Petukhov, V.V. Rozhentsov // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2008. № 5. S. 24-28. (In rus.)
29. Sysoev I.I. The Possibility of Using Physiological Parameters Boxers in Preparation / I.I. Sysoev, M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 26, № 8-1. P. 1153-1158.
30. Rozhentsov V.V. Otsenka skorosti vzbuditel'nykh protsessov nervnoi sistemy sportsmena / V.V. Rozhentsov, M. M. Polevshchikov // Sportivnyi psikholog. 2010. № 2(20). S. 74-77. (In rus.)

31. Polevshchikov M.M. O vozmozhnosti kolichestvennoi otsenki vremeni vrabatyvaniya i razvitiya vynoslivosti / M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2010. № 3. S. 40-41. (In rus.)

32. Rozhentsov V.V. Accuracy of Vision Time Evaluation / V.V. Rozhentsov, M.M. Polevshchikov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 33, № 11-1. P. 1911-1914.

33. Polevshchikov M.M. Funktsional'naya diagnostika metodom analiza skorosti nervnykh protsessov / M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov, V.E. Afon'shin // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika. Nauchno-prakticheskii zhurnal. 2013. № 1(10). S. 222-223. (In rus.)

УДК 612.014.32.001.8

Оценка умственного утомления

Валерий Витальевич Роженцов

Поволжский государственный технологический университет, Россия
424000, г. Йошкар-Ола, Россия, пл. Ленина, 3
424031, г. Йошкар-Ола, Россия, ул. Пролетарская, д. 53, кв. 18
Доктор технических наук, профессор
E-mail: VRozhentsov@mail.ru

Аннотация. Предложен способ оценки степени умственного утомления, основанный на методе парных световых импульсов. В эксперименте приняли участие 10 предварительно обученных испытуемых, мужчин в возрасте от 18 до 20 лет с нормальным зрением. Испытуемым предъявляли последовательность парных световых импульсов длительностью 200 мс, разделенных начальным межимпульсным интервалом, равным 70 мс, повторяющихся через постоянный временной интервал, равный 1 с. Методом последовательного приближения испытуемые трижды определяли пороговый межимпульсный интервал, при котором два импульса в паре сливались в один. Далее испытуемые в течение двух часов выполняли решение систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными. В процессе решения уравнений периодически, через каждые 20 минут работы, трижды определяли пороговый межимпульсный интервал. Степень умственного утомления СУУ вычисляли по формуле: $СУУ_i = (ПМИ_i - ПМИ_0)100\% / ПМИ_i$; $i = 1, 2, \dots, n$, где $СУУ_i$ - степень умственного утомления при i -м измерении; $ПМИ_i$ - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала при i -м измерении; $ПМИ_0$ - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала до начала решения систем алгебраических уравнений; n - число измерений порогового межимпульсного интервала во время решения систем алгебраических уравнений. После 20 минут работы степень умственного утомления одного из испытуемых достигла 9,5 %, возросла к концу первого часа до 21 % и к концу второго часа превысила 39 %. Аналогичная динамика умственного утомления наблюдалась у всех испытуемых, однако его развитие и степень утомления индивидуальны. Это позволяет, с целью профилактики утомления и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность необходимых перерывов для отдыха в процессе умственной деятельности.

Ключевые слова: утомление умственное; оценка; парные световые импульсы.