

**Заключение**

1. Рассмотрена модификация метода центроида с целью повышения быстродействия определения координат центра тяжести нелинейной фигуры после системы нечеткого вывода.

2. Разработан алгоритм определения координат центра тяжести (выход нечеткого регулятора).

**Список литературы**

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М. : Мир, 1976. – 167 с.
2. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
3. Смирнов В. А., Хасанова А. А. Особенности реализации системы управления на нечеткой логике // Изв. Челябинского науч. центра. – 2003. – Вып. 4(21).
4. Бермант А. Ф., Абрамович И. Г. Краткий курс математического анализа. – 8-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1973. – 720 с.

*T. S. Legotkina*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Perm State Technical University

*Y. N. Khizhnyakov*, Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Perm State Technical University

**A Modified Centroid Method**

*An approximate algorithm for calculating coordinates of the center of gravity of non-linear join sets when performing defuzzification is considered. Application of the algorithm will increase the speed, accuracy and efficiency of defuzzification of a fuzzy process control.*

**Key words:** defuzzification, centroid method, center of gravity of nonlinear shapes.

УДК 621.317.3:004.3

**И. В. Петухов**, кандидат технических наук, доцент, Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ ИНЕРЦИОННОСТИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКА\*

*Предложены новый способ определения инерционности зрительного восприятия и структура устройства для проведения экспериментальных исследований. Установлено, что инерционность зрительного восприятия составляет от 50,8 до 53,8 мс.*

**Ключевые слова:** человек-оператор, человекомашинные системы, инерционность зрительного восприятия, время зрительного восприятия.

**Н**есмотря на активное внедрение средств вычислительной техники и систем автоматического контроля, человек-оператор по-прежнему остается необходимым элементом практически любой системы. При этом наблюдается все большее усложнение деятельности оператора в силу возросшей нагрузки на воспринимающие, опознающие и принимающие решение его системы.

Одним из важнейших этапов деятельности оператора является этап восприятия информации, успешность выполнения которого является необходимым условием успешности принятия операторского решения.

Инерционность зрительной системы человека определяет временные аспекты процесса зрительного восприятия и ограничивает пропускную способность зрительного канала по скорости.

Исследованию инерционности зрительного восприятия человека посвящено значительное количество работ, опубликованных как в отечественных на-

учных изданиях, так и за рубежом. В то же время остаются неисследованными вопросы повышения точности и достоверности оценки инерционности зрительного восприятия, временных различий при восприятии различных цветов и их взаимосвязь с эргономическими требованиями.

Целью исследования является разработка нового способа оценки инерционности зрительного восприятия человека повышенной достоверности и технических средств для его практического осуществления.

**Теоретический анализ**

Сегодня для оценки инерционности зрительного восприятия наиболее часто используются следующие интегральные параметры:

- критическая частота световых мельканий (КЧСМ) [1] – частота перехода от видимости мельканий к ощущению их субъективного слияния;
- время зрительного восприятия (ВЗВ) – период с момента начала экспозиции тестового короткого стимула до включения маскирующего раздражителя,

© Петухов И. В., 2011

Получено 29.11.10

\* Приведенные в статье результаты получены при поддержке гранта по аналитической ведомственной целевой программе «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» № 2.1.2/4841.

когда последний уже не может помешать осознанию тестового стимула [2].

Наибольшее распространение среди названных показателей получила КЧСМ, являющаяся помимо всего прочего многофакторным индикатором психофизиологического состояния и отражающая текущий уровень активации центральной нервной системы человека.

В то же время методу КЧСМ присущ ряд недостатков, существенно ограничивающих его использование. Так, результаты измерений КЧСМ получают при действии последовательной маскировки, вызванной ритмической последовательностью световых импульсов, затрудняющей процесс переработки зрительной информации. Кроме того, по результатам анализа литературных данных установлено, что значение КЧСМ зависит от многих факторов, в том числе и от длительности предъявляемых световых импульсов [3]. Следовательно, при изменении частоты световых мельканий происходит изменение длительности световых импульсов, что приводит к изменению КЧСМ и точности ее определения.

ВЗВ определяется посредством предъявления парных световых импульсов фиксированной длительности, что и определяет преимущества данного метода в сравнении с КЧСМ.

Для измерения ВЗВ используют способ, основанный на методе парных световых импульсов. При этом, как следует из анализа литературных источников, используют световые импульсы желтого цвета [4]. Кроме того, установлено, что при измерении временных параметров инерционности зрительного восприятия в целом чаще всего используют три цветовых стимула (красный, синий, зеленый) [3, 5].

Установлены достоверные различия значений КЧСМ на желтый, зеленый, синий и красный цвета [6, 7], обнаружена зависимость значения КЧСМ на различных цветах от состояния зрительного анализатора (ЗА) [8].

Очевидно, что для достоверного определения интегрального временного параметра инерционности, такого как ВЗВ, необходимо учитывать различия в восприятии различных цветов.

#### Способ оценки инерционности зрительного восприятия

Для исследования инерционности зрительного восприятия операторской предложено использование метода оценки с использованием парных световых стимулов.

Известно, что зрительная система человека представляет собой два канала передачи информации – палочковый и колбочковый путь. При этом известно также, что инерционность палочкового и колбочкового пути различна, что объясняется, в частности, разницей в их строении и организации, связях и количестве клеток [5].

Очевидно, что для определения интегральной временной характеристики, такой как ВЗВ, необходимо определение характеристики каждого из каналов ЗА. Тогда для определения инерционности ЗА

человека необходимо определить инерционность палочковой и колбочковой системы человека.

Известно, что палочки определяют ночное видение, высокочувствительны к слабому свету и имеют максимальную чувствительность к сине-зеленой части спектра, в то время как колбочки обладают максимальной чувствительностью к желто-зеленой части спектра [5].

Согласно этому предлагаемый способ определения инерционности зрительного восприятия осуществляется следующим образом [9]. Испытуемому предъявляют последовательность двух световых импульсов синего цвета заданной длительности, равной  $\tau_n = 50$  мс, разделенных паузой  $t_n$ , повторяющихся через постоянный временной интервал порядка  $T = 1,5$  с, как показано на рис. 1. Начальную длительность паузы между двумя световыми импульсами задают равной  $t_{n1} = 150$  мс (рис. 2, интервал времени  $T_0-T_1$ ).

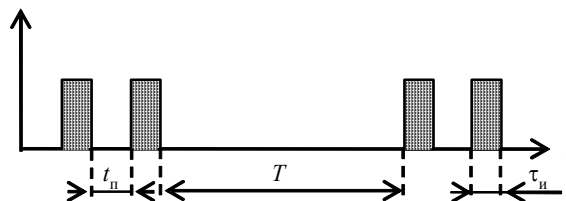


Рис. 1. Временная диаграмма предъявляемых импульсов

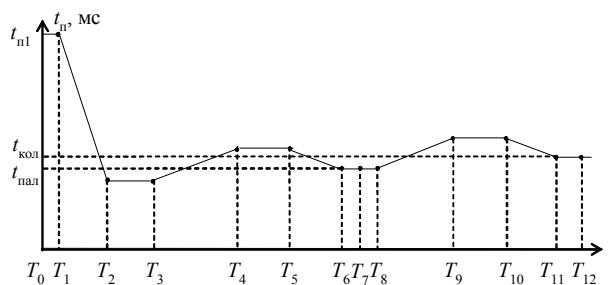


Рис. 2. Временная диаграмма изменения длительности паузы  $t_n$  при определении инерционности зрительного восприятия

На первом этапе измерений уменьшают длительность паузы  $t_n$  со скоростью  $v_1$  порядка 20 мс/с (рис. 2,  $T_1-T_2$ ), пока испытуемый не определит оценочно субъективное слияние двух световых импульсов в один (рис. 2,  $T_2$ ). Далее длительность паузы  $t_n$  увеличивают со скоростью  $v_2$  (рис. 2,  $T_3-T_4$ ), до ощущения раздельности световых импульсов (рис. 2,  $T_4$ ) и затем снова уменьшают (рис. 2,  $T_5-T_6$ ) до момента слияния световых импульсов (рис. 2, момент времени  $T_6$ ) и фиксируют полученное значение. Сумма длительности паузы  $t_n$  между световыми импульсами  $t_{\text{пал}}$  и длительности светового импульса  $\tau_n$  принимают за ВЗВ палочкового пути  $t_{\text{взв.пал}}$  (рис. 2,  $T_7$ ).

Далее испытуемому предъявляют последовательность двух световых импульсов желтого цвета заданной длительности, равной  $\tau_n = 50$  мс, разделенных паузой  $t_{\text{пал}}$  (рис. 2,  $T_7-T_8$ ).

Аналогичным образом определяют момент субъективного слияния двух световых импульсов в один (рис. 2,  $T_{11}$ ). Сумму длительности паузы  $t_{п}$  между световыми импульсами  $t_{кол}$  и длительности светового импульса  $t_{и}$  принимают за ВЗВ колбочкового пути  $t_{взв.кол}$  (рис. 2,  $T_{12}$ ).

Время инерционности зрительного восприятия человека интегральное вычисляется как среднеарифметическое значение по формуле

$$t_{взв} = \frac{(t_{пал} + t_{и}) + (t_{кол} + t_{и})}{2} = \frac{t_{взв.пал} + t_{взв.кол}}{2}, \quad (1)$$

где  $t_{взв.пал}$  – время инерционности зрительного восприятия палочкового пути, мс;  $t_{взв.кол}$  – время инерционности зрительного восприятия колбочкового пути.

#### Техническое обеспечение способа оценки инерционности

Для определения ВЗВ с использованием парных световых импульсов фиксированной длительности

разработано устройство ИВЗВ, структурная схема которого представлена на рис. 3. Длительность паузы  $t_{п}$  регулируется с пульта испытуемого. Испытуемый изменяет согласно разработанной методике измерений длительность паузы  $t_{п}$  до момента возникновения субъективного ощущения слияния световых импульсов в паре, замыкает ключ на пульте испытуемого, по сигналу с которого определяется длительность паузы  $t_{п}$  и длительность импульса  $t_{и}$ , которые суммируются в блоке вычисления суммы. Выбор цвета световых импульсов осуществляется с пульта испытуемого. При этом в зависимости от положения переключателя цвета в блоке вычисления суммы формируется значение ВЗВ палочкового пути  $t_{взв.пал}$  или ВЗВ колбочкового пути  $t_{взв.кол}$ .

В блоке вычисления ВЗВ происходит вычисление значения инерционности зрительного восприятия по формуле (1), которое отображается в блоке индикации.

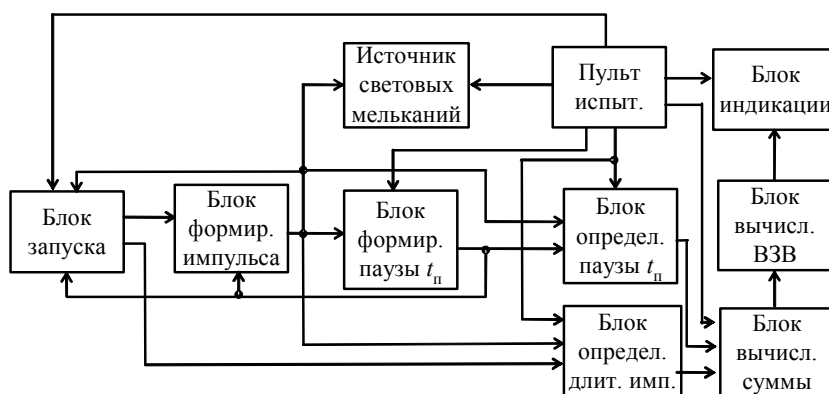


Рис. 3. Структурная схема устройства ИВЗВ

#### Результаты экспериментальных исследований

Для экспериментальной апробации разработанного способа определения инерционности зрительного восприятия проведены экспериментальные исследования в группе из 15 испытуемых от 17 до 23 лет с нормальным или скорректированным зрением. Перед измерениями все испытуемые проходили предварительное обучение.

Измерения выполнялись бинокулярно в светлое время суток в первой половине дня с 9 до 14 часов. Все испытуемые перед проведением исследований проходили 20-минутную световую адаптацию.

Излучателем служили светодиоды синего и желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3,5 мкд. Интенсивность световых импульсов регулировалась методом визуального фотометрирования и выравнивалась с интенсивностью эталонного источника при частоте световых мельканий, соответствующей индивидуальной подпороговой КЧСМ.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 4.

Анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует, что ВЗВ составляет порядка 50,8–53,8 мс, медиана 51,43 мс.

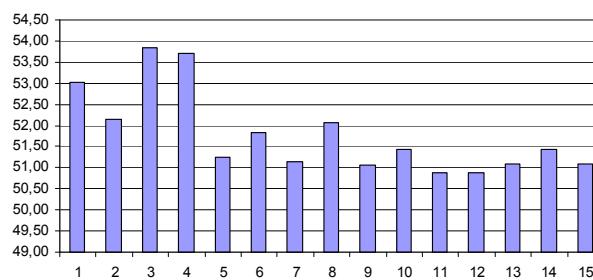


Рис. 4. Диаграмма значений ВЗВ

Таким образом, предложен новый способ оценки временных аспектов инерционности зрительного восприятия человека, позволяющий определить ВЗВ палочкового и колбочкового пути зрительного анализатора и интегральное значение ВЗВ в целом.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании интерфейсных каналов человекомашинных систем.

#### Список литературы

1. Рожнецов В. В. Критическая частота световых мельканий: применение, способы и устройства измерения : монография. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2005. – 156 с.

2. Принятие решения и «средний член» рефлекса по И. М. Сеченову / Э. А. Костанов [и др.] // Физиология человека. – 1979. – Т. 5. – № 3. – С. 415–426.

3. Семеновская Е. Н. Электрофизиологические исследования в офтальмологии. – М.: Медгиз, 1963. – 279 с.

4. Петухов И. В., Рожнецов В. В., Алиев М. Т. Исследование точности оценок временных характеристик зрительного восприятия // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2007. – Т. 144. – № 8. – С. 236–237.

5. Шамишинова А. М., Волков В. В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. – М.: Медицина, 1999. – 416 с.

6. Чувилина М. В., Егорова Т. С., Голубцов К. В. Рефлексотерапия, массаж и мануальная терапия в лечении

миопической болезни // Информационные процессы. – 2006. – Т. 6. – № 2. – С. 110–113.

7. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека // К. В. Голубцов [и др.] // Информационные процессы. – 2006. – Т. 6. – № 2. – С. 114–122.

8. Ушкова М. К. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в профилактике функциональных нарушений зрения у работающих на персональных компьютерах: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2009. – 19 с.

9. Патент № 2372834 РФ. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека. Петухов И. В. (РФ). Оpubл. 20.11.2009. Бюл. № 32.

I. V. Petukhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Mari State Technical University

### Research of Time Aspects of Visual Perception Inertia of a Person

The new method of an estimation of inertia of visual perception and structure of the device for carrying out the experimental researches are offered. It is established, that inertia of visual perception makes from 50.8 ms up to 53.8 ms.

**Key words:** human-operator, man-machine system, inertia of visual perception, time of visual perception.

УДК 658.382

**Б. В. Севастьянов**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет  
**Р. О. Шадрин**, аспирант, Ижевский государственный технический университет

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛА ПОСТРАДАВШИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И КОЭФФИЦИЕНТА ЧАСТОТЫ ТРАВМАТИЗМА РАБОТАЮЩИХ В УДМУРТИИ

Исследованы тенденции изменения коэффициента частоты травматизма на производстве в Удмуртской Республике, разработана математическая модель прогнозирования, просчитаны прогнозируемые величины.

**Ключевые слова:** охрана труда, прогнозирование числа пострадавших, коэффициент частоты травматизма.

**П**рогноз составлен на основе показателей социально-экономического развития региона [1]. В результате анализа установлено, что наибольшее влияние на коэффициент частоты травматизма работающих оказывают:

- затраты на охрану труда на одного человека в год;
- количество обучаемых руководителей и специалистов по охране труда [2].

На основании этого построена модель прогнозирования коэффициента частоты травматизма (см. рис.):

$$K_{\text{ч}}(t) = 7,09 - 2,72 \cdot 10^{-4} \cdot S(t) - 2,97 \cdot 10^{-4} \cdot S(t-1) - 3,15 \cdot 10^{-5} \cdot E(t-1). \quad (1)$$

С использованием зависимостей (1), (2) определены прогнозируемые показатели коэффициента частоты травматизма и количество пострадавших на производстве (табл. 1):

$$m_1(t) = K_{\text{ч}}(t) \cdot L_1(t), \quad (2)$$

где  $L_1$  – среднесписочная численность работающих, по данным Удмуртстата, тыс. чел.;  $m_1$  – число

пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом, чел.

Среднесписочная численность рабочих – величина, на которую могут влиять множество факторов, и она определяется с большим разбросом [3]. В данной работе среднесписочную численность работающих определим по трендовой модели:

$$L_1(t) = \exp(6,1 - 0,028 t). \quad (3)$$

### Модель прогнозирования коэффициента частоты травматизма по отраслям экономики Удмуртской Республики

Представим коэффициент частоты травматизма в следующем виде:

$$K_{\text{ч}}(t) = \sum_{i \in \Omega} p_i(t) \cdot K_{i_i}(t), \quad (4)$$

где  $p_i(t)$  – доля работников, занятых в  $i$ -й отрасли в год  $t$ ;  $K_{i_i}(t)$  – коэффициент частоты в  $i$ -й отрасли в год  $t$ ;  $\Omega = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, N, O\}$  – лите-ра отрасли в соответствии с ОКВЭД.