

Е. А. ВОРОНЦОВ

## К ВОПРОСУ ОБ АТТЕСТАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Представлены теоретические основы оценки субъективной погрешности наведения зрительным анализатором поверителя средств измерения. Рассмотрены основные характеристики движений глаз поверителя, задачи зрительного анализатора.

*Ключевые слова:* саккады, дрейф, тремор, зрительный анализатор, техническое зрение, поверка.

Целью настоящей работы является изучение движения глаз специалиста (поверителя) при поверке геодезических средств измерений. Это, в свою очередь, необходимо для выработки критериев объективной оценки профессиональных качеств поверителей, что позволит повысить уровень обеспечения единства измерений. Порядок аттестации физических лиц в качестве поверителей установлен правилами по метрологии [1]. К первичной аттестации допускаются лица, получившие специальную подготовку и имеющие стаж работы в поверочных подразделениях, или лица, имеющие высшее образование в области метрологии и измерительной техники и имеющие практический стаж работы в поверочных подразделениях. Периодическая аттестация проводится не реже одного раза в 5 лет, к ней допускаются лица, прошедшие в межаттестационный период соответствующую специальную подготовку.

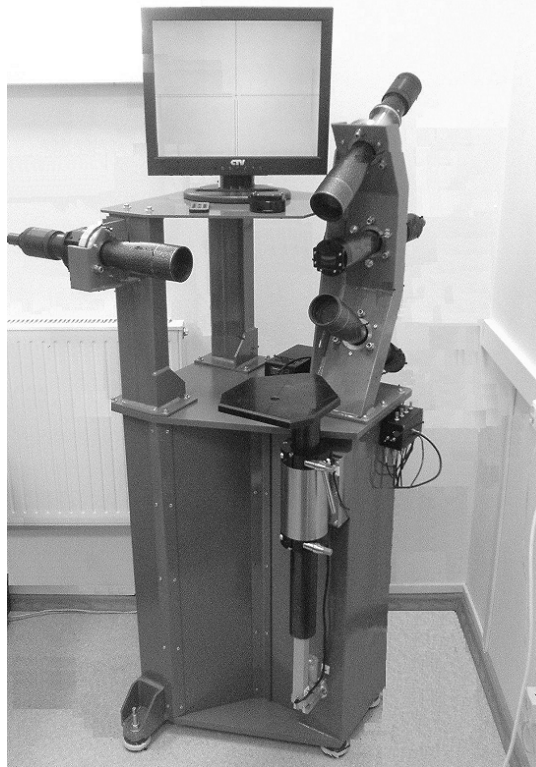
Для проведения аттестации Государственная метрологическая служба, Государственный научный метрологический центр или метрологическая служба юридического лица создают

комиссию из высококвалифицированных специалистов-метрологов, имеющих стаж работы по поверке соответствующих видов (типов, групп) средств измерений (СИ) не менее 5 лет. Аттестационная комиссия осуществляет контроль проведения поверки средств измерений работником, по результатам которого составляется акт проверки соблюдения требований нормативных документов при проведении поверки средств измерений.

Однако в федеральном законе № 102 „Об обеспечении единства измерений“ к квалификации поверителей СИ не предъявляются требования. Таким образом, профессиональные качества поверителя оцениваются субъективно.

Основным рабочим органом поверителя при исполнении должностных обязанностей является зрительный анализатор, который, однако, при профессиональной аттестации не исследуется. Для объективной оценки (аттестации) поверителей предлагается использовать информационно-измерительный комплекс с системой технического зрения.

Основой комплекса является универсальный автоматизированный коллиматорный стенд (УКС), предназначенный для поверки геодезических и маркшейдерских средств измерений (рис.1). Он может использоваться в метрологических лабораториях и сервисных центрах по ремонту геодезических средств измерений, а также для определения и контроля метрологических характеристик геодезических и маркшейдерских средств измерений.



*Рис. 1*

Система технического зрения стенда состоит из видеокамеры, персонального компьютера и специализированного программного обеспечения, она позволяет исследовать и учитывать саккастические движения глаз при совмещении сеток нитей и наведении поверяемых СИ.

Систематизацию сведений о движениях глаз необходимо начать с ответа на вопрос: каков главный фактор, определяющий эти движения? Возможно, таким фактором является зрительная стимуляция: появление зрительного стимула в поле зрения приводит к установочному скачку глаз; перемещающийся зрительный объект вызывает следящие движения глаз. Форма объекта может определять траекторию движения глаза. Однако результаты исследований [2] показывают, что свойства зрительного объекта не являются определяющим фактором, поскольку при одном и том же объекте траектории движений глаз могут быть существенно

различными. На рис. 2 представлены записи движений глаз при решении разных задач: *а* — рассматривать прямоугольники; *б* — обвести глазами контуры прямоугольников; *в* — определить пропорции сторон прямоугольников.

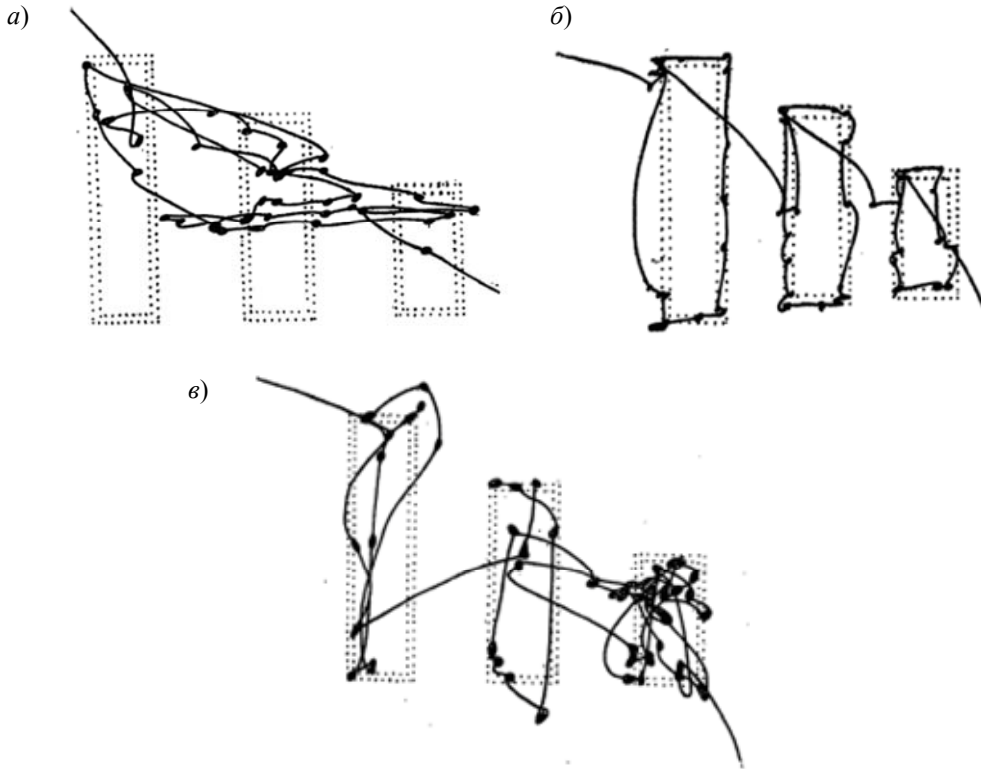


Рис. 2

Возможно, движения глаз определяются морфологической и функциональной неоднородностью сетчатки: наличием в центре сетчатки лишь небольшой по размерам области ясного видения — фовеа, однако было установлено [3, 4], что в ряде экспериментов глаза остаются неподвижными при экспозиции зрительного объекта, значительно превосходящего размеры фовеа, и тем не менее информация об объекте оказывается воспринятой.



Рис. 3

Результаты других экспериментов показывают, что глаза совершают многочисленные движения при оперировании с объектами, меньшими области фовеа (рис. 3).

При оценке зрительного анализатора необходимо рассмотрение следующих задач.

**1. Задачи фиксации неподвижного объекта.** Фиксация — основная форма глазодвигательной активности, при которой происходит прием зрительной информации. При задаче фиксировать точку глаза совершают ряд произвольных микродвижений: тремор, дрейф, скачки.

Тремор наименее изучен. Это связано с высокой частотой и малой амплитудой движения: минимальные абсолютные смещения глаза при треморе составляют 1 мкм.

При дрейфе происходят плавные смещения глаз. Средняя скорость дрейфа — 5—6 '/с, максимальная — 30 '/с (максимальной скорости дрейф достигает несколько раз в секунду). Часть дрейфов может быть отнесена на счет конвергенции и дивергенции. Причиной дрейфа считается общая нестабильность двигательного аппарата глаз [4].

Скачки, или саккадические движения (саккады), обоих глаз при фиксации в отличие от тремора и дрейфа строго согласованы; они происходят одновременно и в одном направлении, обычно противоположном предшествующему дрейфу. По мнению Т. Корнsvита [4], основная функция скачков — исправление ошибки фиксации, наступившей в результате дрейфа.

**2. Задачи слежения за движущимся объектом.** При наблюдении за движущимся объектом возникают плавные движения глаз. Глаза сопровождают объект, следят за ним, отсюда название — следящие, или прослеживающие, движения глаз. В результате фовеальная область сетчатки постоянно удерживается, или фиксируется, на объекте, поэтому эти движения называются динамической фиксацией.

Степень отклонения проекции точки от центра фовеа, т.е. точность слежения, составляет в среднем  $5-6'$  и совпадает с точностью статической фиксации.

**3. Задачи перевода взора, или наведения глаз, на объект.** Перевод взгляда в заданную точку происходит скачкообразно. При поиске, чтении, рассматривании сложных объектов скачки обеспечивают перемещение фовеального зрения.

Продолжительность и скорость скачков определяются их амплитудой (углом поворота глаз) и не зависят от направления, положения глаз перед скачком, от субъективной установки наблюдателя на замедление или ускорение скачка [3]. Зависимость продолжительности скачка  $T$  от его амплитуды  $\alpha_0$  выражается эмпирической формулой:

$$T = 0,021\alpha_0^{2,5} [\text{с}].$$

Таким образом, время скачка измеряется сотыми долями секунды: от 0,01—0,02 с для минимальных скачков до 0,07 — для скачков порядка  $20^\circ$ .

**Временные характеристики саккадических движений глаз.** Ставилась задача экспериментально исследовать временные характеристики саккадических движений глаз, которые включены в зрительный процесс, т.е. выступают уже в качестве не самостоятельных действий, а вспомогательных зрительных перцептивных актов.

При исследовании зрения важную роль играет предел возможностей зрительного анализатора в различных условиях наблюдения и при выполнении наблюдателем разных задач. Дифференциальный порог также называют минимально заметной разницей (JND — the just noticeable difference), что отражает суть измеряемой величины — наименьшее значение параметра, при котором два объекта достоверно различаются. Абсолютные пороги отражают минимальное количественное значение параметра стимула, необходимое для возникновения зрительного ощущения, и измеряются в условиях обнаружения. Абсолютные и дифференциальные пороги определяются в конкретных условиях наблюдения для конкретных параметров стимула.

В качестве оценки зрительного анализатора поверителя предлагается использовать площадь геометрической фигуры, образованной траекторией движения глаз поверителя. Данная фигура получена при совмещении поверителем сетки нитей (перекрестия) поверяемого прибора и сетки нитей коллиматорной трубы стенда (см. рис. 1).

На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что задача оценки субъективной ошибки зрительного анализатора поверителя является комплексной и требует изучения ряда механизмов и процессов, происходящих в зрительном анализаторе поверителя. Следует отметить, что данная задача недостаточно исследована в контексте повышения уровня обеспечения единства измерений, в частности, поверки геодезических средств измерений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПР 50.2.012 – 94. Порядок аттестации поверителей средств измерений.
2. Даниличев В. Ф. Современная офтальмология. СПб: Питер, 2000. 320 с.
3. Бондарко В. М., Данилова М. В., Красильников Н. Н., Леушина Л. И., Невская А. А., Шелепин Ю. Е. Пространственное зрение. СПб: Наука, 1999. 218 с.
4. Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд-во МГУ, 1978. 256 с.

***Сведения об авторе***

***Евгений Александрович Воронцов*** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии; E-mail: voroncov\_evgenii@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
мехатроники

Поступила в редакцию  
29.02.12 г.