

УДК 623.4.024

**Сравнительный анализ наשלемых систем индикации и очков виртуальной реальности и особенности их проектирования**

# 03, март 2012

Фалеев Д.С.

*Студент,  
кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы»*

*Научный руководитель: Рожков О.В.,  
д. т. н., профессор кафедры «Лазерные и оптико-электронные системы»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[Faleev2@yandex.ru](mailto:Faleev2@yandex.ru)

**Введение**

Более 90% информации человек получает через зрение. Основную её часть мозг получает из показаний внешней среды (например, если лежит снег, то на улице холодно, если солнце заходит – значит, вечер). Для уточнения и упрощения снятия этой информации в результате прогресса техники появились первые несложные индикаторы – термометр и часы.

В конкретном случае (при управлении боевым самолетом) летчику необходимо знать (как минимум) скорость, высоту, крен и тангаж. Данную информацию летчик получает от спидометра, альтиметра и авиационного горизонта. Проблема заключается в том, что летчик при этом отрывает взгляд от закабинного пространства, а в условиях посадки или воздушного боя это создает сложности и дополнительную опасность, а также увеличивает требования к отбору и подготовке пилотов. Конечно, некоторые показания могут быть переданы по звуковому каналу, но для того, чтобы показать глиссаду или выделить местонахождение противника – необходимо использовать индикатор на лобовом стекле (ИЛС) или наשלемую систему индикации (НСИ).

Первые ИЛС появились в 1958 году в Великобритании, улучшив собой механические прицельные приспособления. Используя информацию о линейной и угловой скорости, а также показание гироскопа ИЛС изображал расчетную точку попадания снаряда. В то время (до появления самонаводящихся ракет) все воздушные сражения проводились на близком расстоянии и ИЛС давало большое преимущество. В 1970 годах, благодаря улучшению качества изображения, ИЛС могло отображать основную пилотажную информацию, авиационный горизонт и глиссаду. Сейчас на ИЛС может еще выводить показания с тепловизора, а также выделять наземные и воздушные цели.

Первые НСИ давали летчикам преимущество за счет ускоренного наведения прицельных систем на маневрирующую цель. Поворачивая голову и накладывая визирную метку на цель, летчик давал команду системам целеуказания ОЛС или

РЛС. При этом ТГСН ракеты поворачивалась на цель и в случае ее захвата и выполнения условий стрельбы можно было сразу выполнять пуск.

Первые НСИ могли отображать только прицельную метку и назывались нашлемными системами целеуказания (НСЦ). Первые НСЦ не обеспечивали точность прицеливания, необходимую для применения пушек и НУРС. Сейчас НСИ способны отображать полную пилотажную информацию и проецируют изображение в оба глаза, благодаря чему можно отказаться от ИЛС.

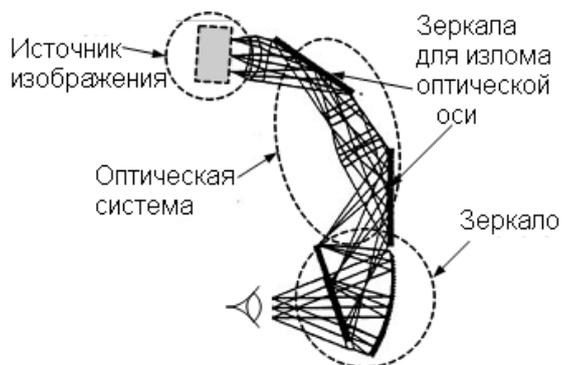


Рисунок 1. Общая схема НСИ и фотография Torow1.

Практически все НСИ, ИЛС и очки виртуальной реальности построены по одной схеме:

1. источник изображения – дисплей высокой яркости;
2. оптическая система проекционного типа (нашлемные образцы имеют зеркала и призмы для излома оптической оси);
3. полупрозрачное зеркало (комбинер), совмещающее изображение с дисплея и излучение, пришедшее от переднего фона.

Примечание: В некоторых очках, являющихся заменой монитора или медиапроигрывателя, а также массовых образцах, предназначенных для работы пехоты или пожарных, зеркало комбинера полностью отражающее (глухое).

Дисплей должен обладать высокой яркостью изображения, поскольку излучение проходит через серию из нескольких линз (обычно 5 – 8) и оставаться видимым на фоне яркого неба – до  $10^5$  люкс. Желательно иметь яркость не менее  $4500 \text{ кд/м}^2$ , а также широкий диапазон по яркости, чтобы не ослеплять летчика при ночных полетах. В настоящее время более 60% нашлемных дисплеев используют жидкокристаллический дисплей (ЖК). Набирают популярность светодиодные дисплеи, обладающие большей яркостью и контрастом.

Оптическая система в целом должна обладать достаточным пространственным разрешением, угловым полем и обеспечивать согласованность выходного зрачка системы и входного зрачка глаза. Так как разрешающая способность глаза составляет примерно  $1''$ , для идеальной НСИ с полем зрения  $40^\circ$  разрешающая способность должна составлять не менее 2400 пикселей.

Размер выходного зрачка обычно принимают равным зрачку глаза, обеспечивающему максимальное разрешение –  $d=2,5...3 \text{ мм}$ . В некоторых НСИ используется волоконно-оптическая шайба (ВОШ), позволяющая скомпенсировать кривизну поля. При разработке оптической системы также надо учитывать повышенные требования к эксплуатации - наличие ударов, вибрации и большой диапазон температур. Также гражданские модели должны иметь настройку диоптрий – регулировку, компенсирующую погрешности зрения пользователя.

## 2. Описание некоторых образцов нашлемных дисплеев

НСИ и ИЛС, появившиеся до 2006 года, всесторонне описаны и проанализированы в <sup>[1]</sup>. Рассмотрим два из них на предмет использования в качестве прототипа.

### 2.1. НСИ Q-sight от BAE systems<sup>[2]</sup>

Особенностью данного НСИ является специальная плоскопараллельная пластинка комбинера, являющаяся одновременно световодом и элементом, объединяющим изображение, проходящее сквозь эту пластину, и изображение, которое создается в самом приборе. После LCD монитора излучение преобразуется в квазипараллельный пучок и попадает в пластинку-комбинер под углом полного внутреннего отражения (ПВО). Благодаря дифракционной решетке, находящейся внутри пластинки, пучки отклоняются и нарушают условие ПВО; таким образом, широкий параллельный пучок попадает в глаз и создает представление, что изображение находится в бесконечности.



Рисунок 5. Первый прототип НСИ с ДОЭ и современный Q-sight.

В 50-х годах были начаты первые эксперименты, в 70-х годах был представлен первый образец, а в 2007 году НСИ был принят на вооружение. Данный прибор отличается простотой и миниатюрностью, а также большим размером выходного зрачка, что позволяет считывать информацию без предварительного совмещения зрачков.

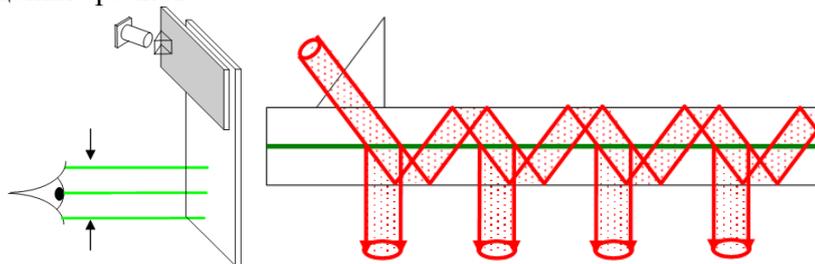


Рисунок 6. Схематическое представление НСИ Q-sight (слева) и его физический принцип действия (справа).

Дифракционный элемент (комбинер) представляет собой тонкий слой бихромированной желатины (светочувствительный реагент), запрессованной между двумя пластинками из стекла или пластика. При экспозиции определенной интерференционной картины от лазера в этом слое образуются периодические участки с несколько отличающимися показателями преломления («слабая» фазовая дифракционная решетка).

### 2.2. Очки виртуальной реальности HEAD (head eye adaptive display) от Digilens<sup>[3]</sup>

Отличительной особенностью данных очков является сверхвысокое разрешение 1920x1080 (Full HD) с полем зрения 60°x20°. Данные характеристики были получены благодаря развитой технологии создания брегговских решеток, переключаемых под действием электрического сигнала.

В основе данной дифракционной решетки лежит слой из жидкого кристалла с вкраплениями из чистого фотополимера, запрессованный между 2 пластинками из стекла или пластика. Также на всей площади с обеих сторон нанесены прозрачные электроды. В результате облучения фотополимера интерференционной картиной от лазера в нем образуются упорядоченные полимерные цепи.

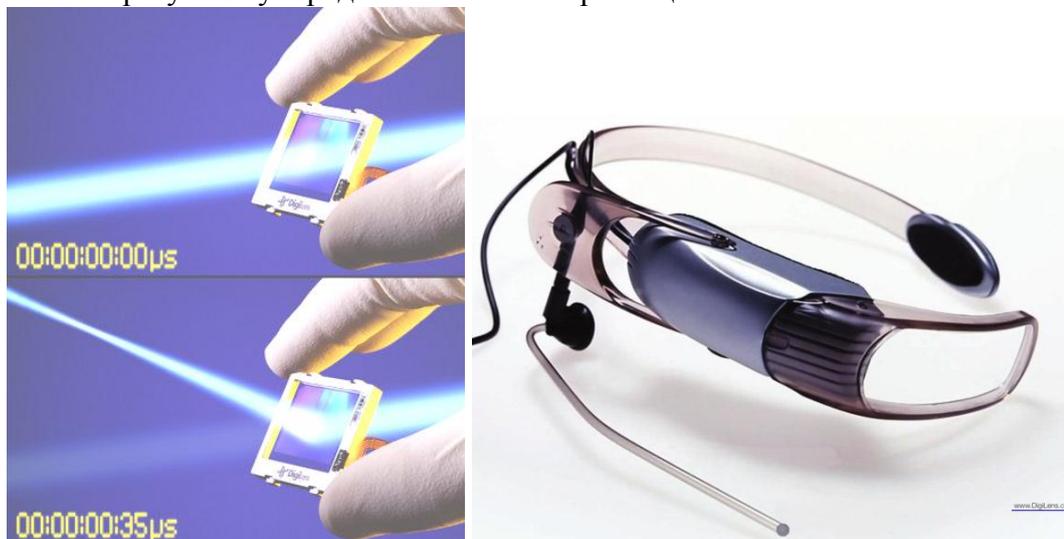


Рисунок 7. Электрически переключаемая брегговская решетка в действии и фотография готового образца.

Под действием высокочастотного, но относительно слабого напряжения решетка почти полностью (98%) отклоняет и фокусирует поляризованное излучение для одной длины волны. Таким образом, для получения полноцветного изображения необходимо сложить три таких пластинки и подавать на них излучение каждого из основных цветов (RGB) последовательно. Толщина такого модулятора всего лишь 0.8 мм. Несмотря на то, что Digilens не наладила серийного производства самих очков, данные «решетки» уже выпускаются и доступны заказа.

### 3. Особенности разработки НСИ

Выполненная разработка построена на основе действующего прототипа НСИ – Integrated Helmet and Display Sighting System (интегрированная система прицеливания и отображения), разработанной компанией IHADS (Honeywell) и используемой на вертолете Апач.

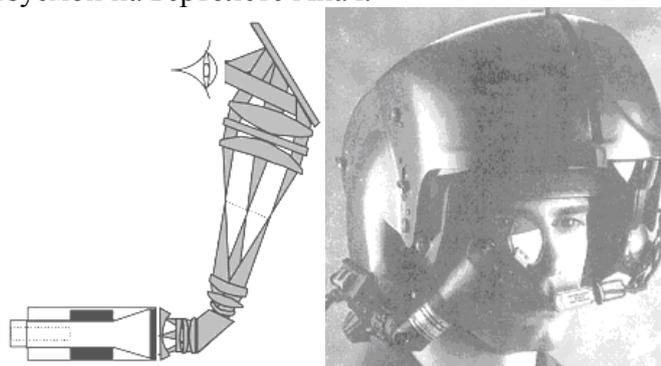


Рисунок 2. Оптическая схема и фотография НСИ IHADS.

В качестве дисплея была выбрана ЭЛТ, а в качестве зеркала (комбинера) - стеклянная пластинка.

Расчет производился в обратном ходе лучей (справа налево на рис.3); диаметр зрачка был принят 2.5мм, угловое поле 40°. Оптимизация проводилась для длины волны 555 нм, спектральный диапазон был ограничен  $\pm 15$  нм. Критерием



Рисунок 4. Проблемы совместимости ЭЛТ дисплея.

Кроме того следует отметить, что при использовании ВОШ выражение  $N=D/2R$  для определения разрешения становится не вполне точным и реальное разрешение получается больше.

Список литературы:

1. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы: Курс лекций / Под ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 504 с.
2. Cameron A. The application of holographic optical waveguide technology to the Q-Sight family of helmet-mounted displays / A. Cameron // Head- and Helmet-Mounted Displays XIV: Design and Applications. Proceedings of the SPIE. – 2009. – №7326.
3. Digilens HEAD technology // IHS Jane's Simulation and Training Systems 2010-2011. IHS Jane's. – 2011.
4. I. Moir Military Avionics Systems / I. Moir A.G. Seabridge. – USA: John Wiley & Sons. 2006. – 542 с.