АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ИНДИКАЦИИ

И. Ф. Огороднейчук, Ю. К. Худенский, Ф. Я. Евсеев, А. И. Бых

Харьков

Устройства отображения информации находят применение в системах административного управления производственными предприятиями, при управлении различными производственными процессами, в системах управления полетами и морскими объектами [1]. Так как в настоящее время не существует полностью автоматизированных таких систем и присутствие человека-оператора в одном из ее звеньев является обязательным, то требования к элементам данного звена должны определяться психофизиологическими возможностями человека-оператора [2, 3, 4, 5, 6].

Прежде чем анализировать устройства отображения с этой точки зрения, рассмотрим существующие индикаторные устройства. Их можно разбить на два класса [1]:

а) Индикаторные устройства индивидуального пользования—предназначены для одного наблюдателя.

б) Индикаторные устройства коллективного пользования—предназначены для группы наблюдателей.

Основным различием между ними является размер создаваемого изображения. Для первого класса он редко превышает 500×500 *мм*. Во втором классе устройств этот размер колеблется от 1×1 *м* до 4×4 *м*. В свою очередь, каждый класс можно разбить на четыре подкласса, отличающиеся своим назначением [10, 11, 13, 14].

1. **Сигнальные индикаторные устройства** — предназначены для сигнализации состояния того или иного устройства и выполняются обычно на лампочках накаливания. Сигнализация осуществляется либо за счет изменения цвета лампочки, либо за счет подсвета соответствующих надписей. Характер изменения информации статический, так как смена информации происходит сравнительно редко.

2. **Табло** — предназначены для вывода количественной информации. Отображение информации осуществляется обычно при помощи цифр, реже — букв или символов. Характер изменения информации — статический.

3. **Мнемосхемы** — предназначены для отображения состояния комплекса систем или устройств в виде надписей или различных геометрических фигур, напоминающих конфигурацию представляемого комплекса. Информация меняется также относительно редко.

4. **Индикатор рабочего места оператора** — предназначен для воспроизведения тактической обстановки, конкретной обстановки или положения на производственном предприятии или системе административного управления. Характер изменения информации — динамический, так как информация может меняться от 10 *сек* при работе с радиолокационной станцией и до 1 *сек* при работе с ЦВМ. Этот подкласс можно разбить на несколько видов, в зависимости от источника информации, с которым сопрягается данный индикатор.

Например, индикатор рабочего места оператора на подвижном объекте может иметь 4 разновидности:

а) индикатор радиолокационных станций,

б) индикатор гидроакустических станций,

в) индикатор тактической обстановки — источником информации является ЦВМ,

г) видеопросмотровое устройство — отображение информации осуществляется с помощью телевизионных систем.

Остановимся несколько подробнее на существующих способах и методах индикации, применяемых для создания индикаторных устройств индивидуального и коллективного пользования. Сигнальные индикаторные устройства из-за их простоты рассматривать не будем.

I. Индикаторные устройства индивидуального пользования

Табло и мнемосхемы выполняются с помощью следующих способов: лампочек накаливания, электролюминесцентных панелей (порошковых люминофоров), газоразрядных приборов (лампочки «Никси»). Табло могут быть выполнены также на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ).

Современные индикаторы рабочего места оператора выполняются только с помощью электронно-лучевых трубок различных типов.

В настоящее время возникла потребность в увеличении полезной площади индикаторных устройств индивидуального пользования. Они являются промежуточными между I и II классами и называются планшетами.

Для построения планшетов используются проекционные системы с линзовыми и зеркально-линзовыми объективами [48], а также ЭЛТ с темновой записью (скиатроны). Основным недостатком планшетов является резкое ухудшение характеристик индикаторов (яркости, контрастности), а также уменьшения срока службы его из-за применения ЭЛТ с повышенной яркостью.

II. Индикаторные устройства коллективного пользования.

В индикаторах коллективного пользования (большие и средние экраны) существующие в настоящее время методы построения систем отображения информации можно классифицировать следующим образом: телевизионная проекция информации и оптическая проекция информации с использованием независимого источника света [1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 46].

Метод телевизионной проекции с кинескопами достаточно хорошо исследован, а техника изготовления телевизионных проекторов достигла большого совершенства. В целом ряде задач этот метод удовлетворяет поставленным требованиям и обеспечивает воспроизведение заданного объема информации с сохранением минимально приемлемого качества. Однако он не может обеспечить высокую световую эффективность при воспроизведении информации на большом экране, а техника телевизионных проекторов находится на пределе, определяемом качеством люминофоров и конструкциями проекционных телевизионных ЭЛТ.

Метод оптической проекции информации с использованием независимого источника света свободен от данного недостатка. С помощью этого метода построены следующие системы:

а) система с промежуточным фильмом,

б) ксерографическая система,

в) система «Эйдофор», [47],

г) проекционная система с использованием фотохромных материалов,

д) механическая вычерчивающая система.

Проекционные системы с промежуточным фильмом и ксерографические системы, использующие пространственную модуляцию света, обеспечивают высокую эффективность, а также автоматическую запись изображений.

В системе с промежуточным фильмом изображение проецируется на кинопленку, которая затем проявляется, закрепляется и подается в проектор, где проецируется на экран. Ксерографическая система строится по этому же принципу, только вместо пленки в качестве носителя изображения в ней используется селеновая пластина. Однако эти системы не нашли широкого распространения из-за сложности и малой надежности аппаратуры, большого расхода пленки или селеновых пластин и запаздывания воспроизведения информации на время до 30 *сек*.

Проекционные системы с дифракционными модуляторами типа «Эйдофор» являются перспективными из-за неограниченной возможности увеличения светового потока. Они построены на следующем принципе: электронный луч попадает на масляную пленку вращающегося в трубке барабана, создает на нем потенциальный рельеф, который отражает луч света, падающего на масляную пленку, иначе, чем поверхность пленки, на которой не было потенциального рельефа и отраженный луч подается на экран. Недостатками такой системы является сложность трубки типа «Эйдофор», а также наличие форвакуумных насосов, поддерживающих необходимую степень вакуума в трубке.

За рубежом появились опытные образцы систем с применением фотохромных материалов. Под действием ультрафиолетового излучения тонкая прозрачная пленка с фотохромным покрытием темнеет в местах попадания излучения. Просвечивая пленку источником света с другой длиной волны через объектив, получают изображение. Стирание информации осуществляется инфракрасным светом.

Недостатком данных систем отображения является недолговечность фотохромных материалов и сложность изготовления ЭЛТ с ультрафиолетовым излучением.

В механических вычерчивающих системах в качестве носителя изображения используется металлическая пленка, на которой при помощи электрического разряда наносится информация. Недостатком такой системы являются громоздкость и относительно малое быстродействие.

Из краткого анализа индикаторных устройств коллективного пользования видно, что общим для них является:

— наличие ЭЛТ,

— наличие механических устройств

и, как следствие этого, — большие габариты и малая надежность. Кроме этого, такие системы не могут быть использованы на подвижных объектах в условиях повышенной температуры, влажности, вибрации и т. д.

Построение систем отображения 1 и 2 классов осуществляется на совершенно различных принципах, что приводит к большой номенклатуре изделий, используемых при решении конкретных задач отображения.

Современная автоматика и вычислительная техника развивается в направлении микроминиатюризации, поэтому существует реальная угроза того, что индикаторные устройства, выполненные на ЭЛТ, на фоне ЭВМ, выполненных на ИС, будут выглядеть неоправданно большими [41]. Тенденция к построению индикаторных устройств на ЭЛТ телевизионного типа со 110° отклонения электронного луча не позволяет радикально решить вопрос микроминиатюризации индикаторных устройств, поэтому перед исследователями стоит вопрос создания принципиально новых способов индикации.

Уже сейчас наметился ряд новых способов, с помощью которых возможно построение принципиально новых систем отображения, а именно:

1. На основе оптических квантовых генераторов [17—20].
2. Химические способы с использованием [21—32]:
   а) жидких кристаллов,
   б) электрохромных материалов,
   в) электрофлорных композиций.
3. Применение магнитных пленок [36, 37, 38].
4. Применение тонкопленочных люминофоров [8, 39, 40, 41, 44].
5. Использование разрядов в газовой среде [33, 34, 35].
6. Использование кристаллических излучающих диодов [35, 43, 45].
7. Использование феррокерамики [42].

Такое обилие способов построения индикаторов ставит на повестку дня вопрос о классификации их с целью сравнения между собой для выбора наиболее приемлемого способа индикации при решении конкретной технической задачи. Как указывается в монографии [1] формальная схема классификации для визуальных систем отображения в настоящее время не разработана. Авторы [1] предлагают рассматривать индикаторные устройства с точки зрения рабочих параметров и способа обработки информации. Они приводят перечень основных рабочих параметров индикаторов, по которым можно производить сравнение приборов различных систем:

яркость,
коэффициент контрастности,
способность к изображению полутонов (световых градаций),
затемнение и флуктуации,
способность к изображению цветовых тонов,
разрешающая способность,
графическая точность,
скорость записи,
время записи,
время установления,
частота смены кадров,

накопление,
кривая затухания,
время и метод стирания,
интегрирование,
размеры экрана индикатора.

Указанные параметры не являются независимыми и в связи с этим могут быть подразделены на основные и вспомогательные.

Необходимо указать, что попытка классифицировать индикаторные устройства только с учетом психофизиологических возможностей человека-оператора, т. е. по рабочим параметрам, является неполной, так как она не учитывает основных требований к индикатору, как к радиоэлектронному устройству. С нашей точки зрения, технические требования к индикаторному устройству необходимо разбить на две группы критериев.

I. Критерии оценки индикатора с точки зрения психофизиологических возможностей человека-оператора (т. е. по основным рабочим параметрам):

1) Яркость (*нт*).
2) Контрастность (коэффициент световых градаций).
3) Способность к изображению полутонов.
4) Способность к изображению цветовых тонов.
5) Разрешающая способность (*лин/мм*).
6) Частота смены кадров (*гц*).
7) Время записи (*сек*).
8) Способ и время стирания (*сек*).

II. Группа критериев:

1) Способность к унификации, т. е. возможность построения с помощью данного способа табло, мнемосхем, индикаторов рабочего места оператора, больших экранов.
2) Надежность системы.
3) Эффективность $\frac{вт}{элемент}$
4) Долговечность (*час*).
5) Возможность сопряжения с интегральными схемами.
6) Способность работы при различных климатических и механических воздействиях: $t° = -40 \div 60°$, влажность 98%—95%, вибрация $2g$, 20—25 *гц*.
7) Технологичность изготовления.
8) Возможность осуществления внутренней памяти.

Первая группа критериев является общей для всех типов индикаторной аппаратуры, тогда как вторая группа может изменяться в различной степени в зависимости от комплекса аппаратуры, с которым она используется.

В таблице представлены значения основных рабочих параметров оптимального индикатора, а также приведены данные наиболее разработанного способа отображения информации на основе ЭЛТ.

В последующих работах авторами будет проведено сравнение новых наиболее перспективных способов отображения информации согласно данной классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронные системы отображения информации под ред. Дж. Ховарда. Воениздат, 1966.
2. Инженерная психология. Сб. статей, перевод с анг. Изд-во «Прогресс», М., 1964.
3. Система «Человек-машина». Изд-во «Наука», М., 1965.

4. Б. Ф. Ломов. Человек и техника. Изд-во «Сов радио». М., 1966.
5. О. А. Конопкин. Скорость передачи человеком информации в зависимости от темпа предъявления сигналов. Диссертация, М., 1966.
6. В. Н. Пушкин. Оперативное мышление в больших системах. Изд-во «Энергия», М., 1965.
7. Хоббс. Способы индикации в технических системах отображения 70-х годов. Техн. перевод НИИТЭИР № 73, 1965.
8. В. П. Деркач, В. М. Корсунский. Электролюминесцентные устройства. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1968.
9. Иванов, Клюев, Коркошко и др. Устройства отображения информации, под ред. Усикова, ВКАС, 1966.
10. 5th, National Symposium on Information Display". Калифорния, США, 1965.
11. 9th, National Symposium on Information Display". Лос-Анжелос, США, 1968.
12. Є. Хейли. Фотохромная динамическая индикация. Воениздат. М. О., М., 1966.
13. Раков. Индикаторные устройства радиолокационных станций. Судпромгиз. Л., 1962.
14. В. Т. Фролкин. Индикаторные устройства. Оборонгиз, М., 1959.
15. Миллер, Куракин. Приемные электронно-лучевые трубки. Изд-во «Энергия». М., 1964.
16. Bjelland H. J. «EPJC Display». Third. National Symposium on Information Display", 1964.
17. А. В. Кондрашков. Электрооптические дальномеры. Геодезиздат. М., 1959.
18. Darne F. R. Fifth National Symposium on Information Display, 1965.
19. Новый шаг на пути создания цветных систем отображения данных с большим экраном. «Электроника», 1966, № 15.
20. Кенциг, Вернер. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. Перевод с англ. Изд-во иностр. лит. М., 1960.
21. R. A. Marcus. Electrochimica acta, v. 13, 995, 1968 г.
22. N. S. Hush. Electrochimica acta, v. 13, 1005, 1968 г.
23. La Fond. Missiles and rockets., № 15, 27, 1964 г.
24. Электрохимические преобразователи информации под ред. Луковцева, Изд-во «Наука», 1966.
25. U. S. Patent, № 312806, 3. Mar., 1964 г.
26. J. R. Alburger, Elecfronics Industrics, v. 16, 50, 1957.
27. R. E. Visco, E. A. Chandros. Electrochimica acta, v. 13, 1968.
28. A. Zweig, J. Chem. Am. Soc, v. 88, 2864, 1966 г.
29. Плоские телевизионные экраны на жидких кристаллах. «Радиоэлектроника за рубежом», 1968, № 35.
30. A. Zweig, A. K. Hoffman, D. L. Maricle and A. H. Maurer. J. Am. Chem. Soc., v. 60, p. 261, 1968 г.
31. Визуальное наблюдение картины поля. «Электроника», 1968, № 13.
32. «Электроника», 1965, № 21, стр. 50.
33. Плоский телевизионный индикатор на газоразрядных элементах. «Радиоэлектроника за рубежом», 1968, № 49.
34. Разработка плазменных индикаторных панелей. «Радиоэлектроника за рубежом», 1968, № 43.
35. Использование плазмы для индикации. Полупроводниковые цифровые индикаторы. «Электроника», 1968, № 15.
36. Световой луч рисует и пишет. «Электроника», 1968, № 3.
37. Цветное индикаторное устройство. «Зарубежная радиоэлектроника», 1969, № 12.
38. Индикатор на элементах железо-иттриевого граната. «Радиоэлектроника за рубежом», 1969, № 8.
39. Плоские электролюминесцентные индикаторы. «Радиоэлектроника за рубежом», 1967, № 2.
40. Многослойная стеклянная панель для радиолокационных индикаторов и телевизоров. «Радиоэлектроника за рубежом», 1968, № 4.
41. В. М. Корсунь, С. А. Костылев. «Оптика и спектроскопия», 1963, 15, 6, 826.
42. Новый принцип построения индикаторных устройств. «Электроника», 1968, № 24.
43. Интегральная схема со светоизлучающими диодами. «Электроника», 1968, № 21.
44. Электролюминесцентные устройства повышенной яркости. «Электроника», 1968, № 1.
45. Арсенид — галлиевый люминесцентный индикатор. «Электроника», 1968, № 22.
46. Г. Х. Гуд, Р. Э. Макол. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. М., «Советское радио», 1962.
47. «Техника кино и телевидения», 1957, № 1, 27.
48. Д. Д. Максутов. «Астрономическая оптика». М., Гостехиздат, 1946.
49. Инженерно-психологические требования к системам управления. ВНИИТЭ. М., 1967.

Таблица

№ п/п.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Способ отображения	Яркость (НТ)	Контрастность	Способность к изображению полутонов	Способность к изображению цветовых тонов	Разрешающая способность (*лин/мм*)	Частота смены кадров (при регенерации), *гц*	Время записи (*сек*) информации при наличии внутренней памяти	Способ и время стирания (*сек*) информации при наличии внутренней памяти	Возможность осуществления внутренней памяти	Способность к унификации: а) табло; б) мнемосхема; в) индикатор рабочего места оператора; г) большой экран	Надежность	Эффективность $\frac{вт}{элемент}$	Долговечность (*час*)	Возможность сопряжения с интегральными схемами	Технологичность изготовления %	Способность работы при различных климатических и механических воздействиях
2	ЭЛТ	$30 \div 50$	$\geqslant 10:1$	имеется	3 цвета [1]	2,5—5	50	$\leqslant 10^{-3}$	$\leqslant 10^{-2}$	возможна	++ | + а) б) в) г)	0,95 на 100 *ч*	$< 10 \cdot 10^{-6}$	$100 \div 3000$	нельзя	$\approx 50\%$	+
1	Оптимальный способ отображения информации	35^{+15}_{-10}	10 : 1	[1]	[1]	$\geqslant 2$ [1]	50	$\leqslant 10^{-3}$	$\leqslant 10^{-2}$	[1]	+ а) + б) + в) + г)	$\geqslant 0{,}9999$	$\geqslant 1 \cdot 10^{-6}$	$\leqslant 10\,000$	возможно	100 %	Диапазон $t°$: $-40° \div +65°$ ($\geqslant 24$ *ч*); влажность: 95—98 %; вибрация: 20—25 *гц*; 2*g* (> 30 *мин*).

Примечания: а) Яркость (*нт*) определяется при внешней освещенности 20 *лк*;
б) Оценка технологичности проведена сугубо ориентировочно, а технологичность — 100% принята для случая полной механизации процесса изготовления.
в) Эффективность оптимального способа рассчитана для случая:
$S_{эл.} = 0{,}25$ *мм*²; $\lambda = 555$ *мм*; светоотдача — 25%;