ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОФИСНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ (ВДТ)

Часть 3

Требования к визуальному отображению информации

Издание официальное

БЗ 8—2000/232

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр сертификации электрооборудования «ИСЭП», Московским институтом электроники и математики и ВНИИстандарт

ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартам № 407

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 21 мая 2003 г. № 150-ст

3 Настоящий стандарт представляет собой аутентичный текст международного стандарта ИСО 9241-3—92 «Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к визуальному отображению информации» с учетом Дополнения 1—2000

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 2003

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

Содержание

1 Область применения 1
2 Термины и определения 1
3 Общие принципы 3
4 Требования к техническим характеристикам 3
5 Технические требования и рекомендации 3
5.1 Проектное расстояние наблюдения 3
5.2 Угол линии визирования 3
5.3 Угол наблюдения 3
5.4 Высота знака 3
5.5 Ширина штриха 5
5.6 Отношение ширины знака к его высоте 5
5.7 Модуляция растра и коэффициент заполнения 5
5.8 Формат знака 5
5.9 Постоянство размера знака 5
5.10 Интервал между знаками 5
5.11 Интервал между словами 5
5.12 Интервал между строками 6
5.13 Линейность 6
5.14 Ортогональность 6
5.15 Яркость изображения 6
5.16 Яркостный контраст 7
5.17 Баланс яркостей 7
5.18 Блики 7
5.19 Полярность изображения 7
5.20 Однородность яркости 8
5.21 Кодирование яркостью 8
5.22 Кодирование миганием 8
5.23 Временная нестабильность (мелькание) 8
5.24 Пространственная нестабильность (дрожание) 8
5.25 Цвет изображения на экране 8
6 Условия измерений и принятые соглашения 8
6.1 Условия измерений 8
6.2 Требования к фотометрическим измерениям 9
6.3 Установка яркости изображения 12
6.4 Расположение мест измерений 12
6.5 Расстояния на экране дисплея 13
6.6 Специальные измерения 13
7 Оценка соответствия ВДТ 17
Приложение А Аналитические методы предсказания мелькания экрана 18
Приложение Б Эмпирический метод оценки временной и пространственной нестабильности изображения (мелькания и дрожания) на экране 22
Приложение В Визуальные характеристики и испытание на комфортность 23
Приложение Г Библиография 31

Общие положения

ИСО (Международная организация по стандартизации) — это всемирная федерация национальных органов по стандартизации (членов ИСО). Работа по подготовке международных стандартов обычно проводится техническими комитетами ИСО. Каждый из членов ИСО, заинтересованный в той тематике, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, взаимодействующие с ИСО, также принимают участие в работе. ИСО тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией (МЭК) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, направляются на отзыв членам ИСО. Для публикации проекта стандарта в качестве международного стандарта требуется одобрение по крайней мере 75 % членов ИСО, участвовавших в голосовании.

Международный стандарт ИСО 9241-3 подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 159 Эргономика, Подкомитетом SC 4 Эргономика интерактивных систем.

Международный стандарт ИСО 9241 состоит из следующих частей под общим заглавием «Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ) »:

часть 1. Введение;
часть 2. Руководство по требованиям к выполняемым задачам;
часть 3. Требования к визуальному отображению информации;
часть 4. Требования к клавиатуре;
часть 5. Требования к планировке рабочего места и позе пользователя;
часть 6. Требования к окружающей среде;
часть 7. Требования к отображению информации при наличии отражений;
часть 8. Требования к отображаемым цветам;
часть 9. Требования к устройствам ввода, не содержащим клавиатуру;
часть 10. Принципы диалога;
часть 11. Руководство по обеспечению удобства пользования;
часть 12. Представление информации;
часть 13. Руководство пользователя;
часть 14. Диалоговые меню;
часть 15. Командные диалоги;
часть 16. Диалоги прямого обращения;
часть 17. Диалоги посредством заполнения стандартных форм.

Требования приложения В настоящего стандарта являются обязательными, приложений А, Б и Г — справочными.

Введение

На производительность труда и комфорт пользователей, работающих в офисных системах, оказывают влияние представление информации на видеодисплейных терминалах (ВДТ) и условия на рабочем месте.

Удовлетворение индивидуальных требований пользователя зависит от конкретного применения ВДТ. Рекомендации и требования настоящего стандарта основаны на эргономических принципах, изложенных в ИСО 6385 [1].

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОФИСНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫХ ТЕРМИНАЛОВ (ВДТ)

Часть 3

Требования к визуальному отображению информации

Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).
Part 3. Visual display requirements

Дата введения 2004—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к качеству изображения на стадии разработки и оценки одноцветных и многоцветных ВДТ. Требования представлены в виде перечня технических характеристик, а их оценка обеспечивается методами испытаний и измерениями. Требования базируются на использовании знаков латинского и греческого алфавитов, кириллицы, а также арабских цифр.

Другие факторы, влияющие на производительность труда и комфорт, т. е. кодирование, формат и стиль представления информации, за исключением вопросов, касающихся визуальных характеристик, в настоящем стандарте не рассматриваются.

Настоящий стандарт применяют при эргономическом проектировании электронных дисплеев, используемых для решения офисных задач. Офисные задачи включают такие виды деятельности, как ввод данных, обработка текста, запросы в интерактивном режиме, но не включают других специфических применений, таких как компьютерное проектирование или управление производственными процессами.

Требования для таких применений планируется издать отдельно.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте использованы следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **угол наблюдения:** Угол между линией визирования и линией, ортогональной к поверхности экрана ВДТ в точке, где линия визирования пересекает поверхность экрана.

2.2 **шрифт со сглаженной ступенчатостью:** Алфавитно-цифровые знаки, в начертании которых применена техника сглаживания контуров знаков.

2.3 **интервал между знаками:** Расстояние между ближайшими точками соседних по горизонтали знаков.

2.4 **интервал между строками:** Расстояние между ближайшими точками соседних по вертикали знаков.

2.5 **интервал между словами:** Расстояние по горизонтали между ближайшими точками соседних слов.

2.6 **кодирование миганием:** Представление информации с изменяющейся во времени яркостью изображения.

2.7 **формат знака:** Число элементов по горизонтали и по вертикали в матрице, используемой для формирования отдельного знака.

2.8 **высота знака:** Расстояние между верхним и нижним краями прописной буквы без акцентирующего знака.

2.9 **постоянство размера знака:** Постоянство размера отдельного знака, представленного в различных местах экрана.

Издание официальное

2.10 **ширина знака:** Расстояние по горизонтали между краями прописной буквы в самой широкой части (исключая засечки шрифта).

2.11 **отношение ширины знака к высоте:** Отношение ширины знака к его высоте.

2.12 **проектное расстояние наблюдения:** Расстояние или диапазон расстояний (нормируемые поставщиком) между экраном и глазами оператора, при которых изображение на дисплее удовлетворяет требования настоящего стандарта к размеру знака, модуляции растра, коэффициенту заполнения, пространственной нестабильности (дрожанию) и временной нестабильности (мельканию).

2.13 **диакритические знаки:** Модифицирующий значок рядом со знаком, указывающий на его фонетическое отличие от непомеченного знака.

2.14 **яркость изображения:** Яркость экрана, создаваемая его излучением и отраженным от него светом, соответствующая яркости знаков при светлом изображении на темном фоне и яркости фона для темных изображений на светлом фоне.

2.15 **коэффициент заполнения:** Отношение площади пикселя, отведенной для отображения информации, к полной площади пикселя.

2.16 **полярность изображения:** Соотношение между яркостью фона и изображением. Представление светлых изображений на темном фоне обозначают как негативную полярность, а темных изображений на светлом фоне — как позитивную полярность.

2.17 **разборчивость:** Визуальные характеристики знака или символа, которые определяют легкость его распознавания.

2.18 **линия визирования:** Линия, соединяющая точку фиксации зрения и центр зрачка.

2.19 **линейность:** Однородность растра, при которой строки и столбцы воспринимаются прямыми и сплошными.

2.20 **баланс яркостей:** Соотношение яркостей воспроизводимого изображения и его ближайшего окружения или яркостей последовательно наблюдаемых поверхностей.

2.21 **кодирование яркостью:** Информация, представленная не зависимыми во времени различиями яркостей изображения.

2.22 **яркостный контраст:** Соотношение между высшей $L_н$ и низшей L_L яркостями, которое определяет характеристику обнаружения, выражаемое либо как контрастная модуляция C_m:

$$C_m = \frac{(L_H - L_L)}{(L_H + L_L)},$$

либо как контрастное отношение CR:

$$CR = \frac{L_H}{L_L}.$$

2.23 **однородность яркости:** Равенство яркостей участков изображения, которые должны иметь одинаковую установленную яркость.

2.24 **ортогональность:** Вид геометрической упорядоченности или перпендикулярность строк и столбцов относительно друг друга.

2.25 **пиксель:** Наименьший элемент изображения, к которому возможна адресация; для многоцветных дисплеев это наименьший элемент изображения, способный воспроизводить полный цветовой диапазон.

2.26 **модуляция растра:** Относительное пространственное изменение яркости от максимальных до минимальных значений в режиме, когда все пиксели находятся во включенном состоянии.

2.27 **удобочитаемость:** Характеристики текста, которые позволяют легко различать, распознавать и интерпретировать группы знаков.

2.28 **пространственная нестабильность (дрожание):** Восприятие непреднамеренных пространственных изменений в изображениях.

2.29 **ширина штриха знака:** Расстояние между краями штриха знака; для многопиксельного штриха — расстояние между наружными краями штриха знака.

2.30 **временная нестабильность (мелькание):** Восприятие непреднамеренных изменений яркости во времени.

3 Общие принципы

Система работ в офисе (рабочая система) представляет собой единое целое. Система включает в себя рабочее место с ВДТ, окружающую среду, структуру задач, организационные отношения и социологические факторы. Характеристики ВДТ должны рассматриваться во взаимосвязи с другими элементами рабочей системы, а не как набор отдельных визуальных требований.

Конструктивные элементы рабочей системы часто взаимодействуют друг с другом так, что оптимизация параметров одного из них приводит к ухудшению параметров другого. Например для дисплеев на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ) следует находить компромисс для достижения приемлемого баланса между такими параметрами, как яркость знака и резкость изображения.

Рабочая система должна соответствовать индивидуальным потребностям человека. В конкретной ситуации это может быть достигнуто с помощью проектирования по заказу или с помощью обеспечения соответствующих регулировок.

Для достижения эффективности и комфорта при визуальном восприятии информации в условиях офиса качество изображения должно быть значительно выше пороговых значений для каждого стимула.

4 Требования к техническим характеристикам

Целью настоящего стандарта является формулирование таких требований к ВДТ, выполнение которых обеспечивает разборчивость изображения, удобочитаемость текста и комфортность пользования [см. раздел 7 (проверка соответствия) и раздел 2 (определения)].

5 Технические требования и рекомендации

5.1 Проектное расстояние наблюдения

Проектное расстояние наблюдения для выполнения обычных офисных задач должно быть не менее 400 мм. В некоторых случаях (например при работе с ярлыками программируемых клавиш на сенсорных экранах) проектное расстояние наблюдения может быть уменьшено до 300 мм.

Параметры рабочих мест — по ИСО 9241-5 [2]. Организация рабочего места должна обеспечивать работу с ВДТ в пределах проектного расстояния наблюдения. Если в процессе работы требуется считывание с экрана значительного по объему текста, то рабочее место должно быть организовано так, чтобы обеспечивать работу с ВДТ на расстоянии, при котором угловой размер знаков по высоте равен приблизительно 20′ — 22′. Соотношение между проектным расстоянием наблюдения и высотой знака для значений высоты знаков в пределах примерно 2,0—5,0 мм — в соответствии с рисунком 1.

Требования к расстоянию наблюдения (и другие требования настоящего стандарта) основываются на использовании знаков латинского и греческого алфавитов, кириллицы и арабских цифр. Настоящий стандарт будет изменен после определения требований к разборчивости и удобочитаемости более сложных наборов знаков, особенно идеографических.

5.2 Угол линии визирования

ВДТ должен быть установлен так, чтобы те участки экрана, которые наблюдают в течение продолжительного времени, можно было наблюдать под углом линии визирования, между горизонталью и линией, проведенной на 60° ниже горизонтали (рисунок 2). Это требование применяют ко всему рабочему месту.

5.3 Угол наблюдения

Изображение на экране дисплея должно быть разборчивым при угле по крайней мере не менее 40° от нормали к плоскости, касательной к поверхности экрана дисплея, измеренном в любой плоскости. При несоблюдении этих условий изготовитель должен указать угол наблюдения, а положение дисплея должно легко изменяться так, чтобы изображение было разборчивым (рисунок 3).

5.4 Высота знака

Для большинства задач предпочтительным является угловой размер знака в пределах от 20′ до 22′ по высоте. Угловой размер знака должен быть не менее 16′ по высоте.

В тех случаях, когда удобочитаемость не является основным показателем для выполняемой задачи, допускается использовать знаки меньшего размера (например для подстрочных примечаний, верхних и нижних индексов).

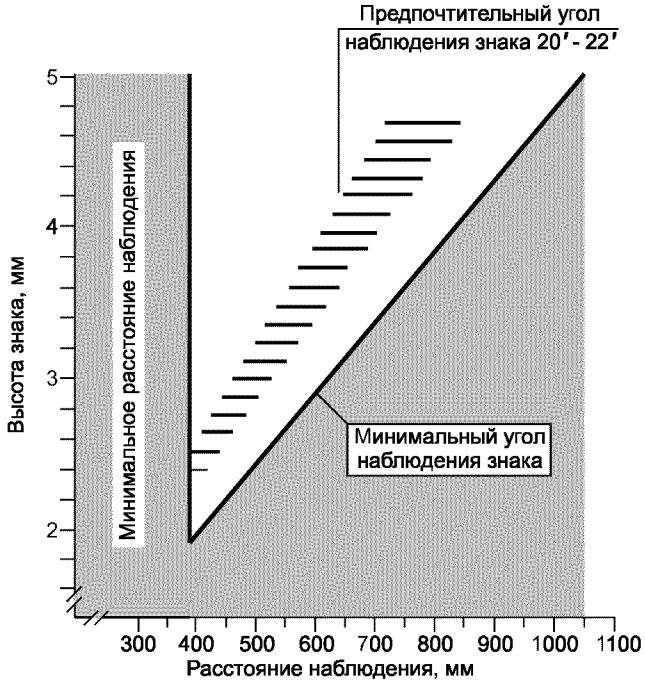


Рисунок 1 — Соотношение между проектным расстоянием наблюдения и высотой знака

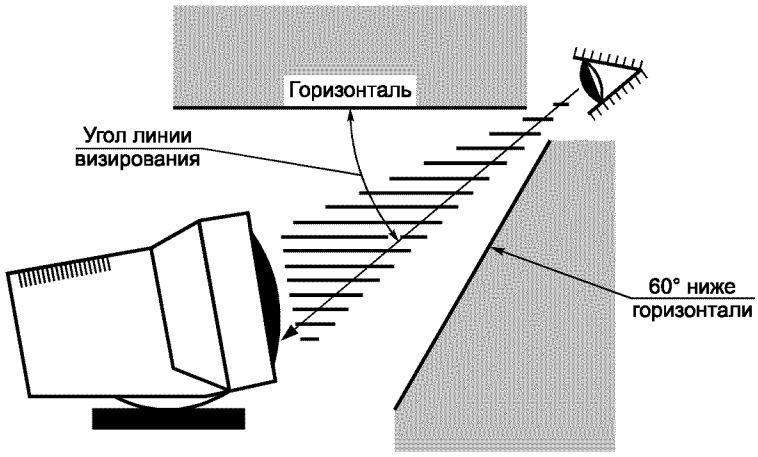


Рисунок 2 — Угол линии визирования

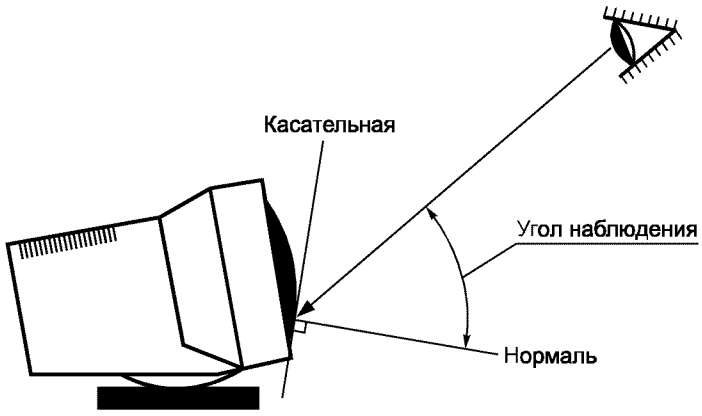


Рисунок 3 — Угол наблюдения

5.5 Ширина штриха

Ширина штриха должна быть от $^1/_6$ до $^1/_{12}$ высоты знака.

Примечание — В общем случае бóльшая ширина штриха предпочтительна при позитивной полярности изображения, а меньшая — при негативной.

5.6 Отношение ширины знака к его высоте

Для достижения оптимальной разборчивости и читаемости рекомендуется отношение ширины знака к его высоте от 0,7:1 до 0,9:1. Однако по другим параметрам (например длина строки, соразмерное распределение интервалов) отношение должно быть от 0,5:1 до 1:1.

5.7 Модуляция растра и коэффициент заполнения

5.7.1 Модуляция растра

Для ЭЛТ с плотностью пикселей менее 30 пикселей на градус (в направлении, перпендикулярном к растру, и на расстоянии, равном проектному расстоянию наблюдения), модуляция яркости C_m в направлении, перпендикулярном к соседним линиям растра, не должна превышать 0,4 для одноцветных ЭЛТ и 0,7 — для многоцветных, при условии, что все пиксели находятся во включенном состоянии.

Примечание — Для достижения лучшей разборчивости изображения рекомендуется, чтобы C_m не превышала 0,2 для обоих типов дисплеев.

5.7.2 Коэффициент заполнения

Для матричных дисплеев с плотностью пикселей менее 30 пикселей на градус при проектном расстоянии наблюдения коэффициент заполнения должен быть не менее 0,3.

5.8 Формат знака

Матрица знака 5 × 7 пикселей (ширина × высоту) должна использоваться как минимальная для отображения цифр и прописных букв.

Матрица знака 7 × 9 пикселей должна использоваться как минимальная для задач, требующих продолжительного чтения текста или для обеспечения разборчивости отдельных букв, например для корректуры.

Матрица знака должна быть увеличена сверху, по крайней мере, на два пикселя в случае использования диакритических знаков. Для строчных букв матрица знака должна быть увеличена снизу (интервал между строками), по крайней мере, на два пикселя для размещения нижних выносных элементов (рисунок 4).

Для матриц знаков с бóльшей плотностью пикселей число пикселей, используемых для диакритических знаков, должно соответствовать печатному тексту.

Матрица знака 4×5 пикселей должна использоваться как минимальная для отображения нижних и верхних индексов, а также для отображения числителей и знаменателей дробей на одном знакоместе. Она может также использоваться для отображения алфавитно-цифровой информации, не имеющей отношения к решаемой оператором задаче, например информации об авторском праве.

Для техники отображения, не использующей точечные матрицы, должны быть обеспечены эквивалентные формы знаков.

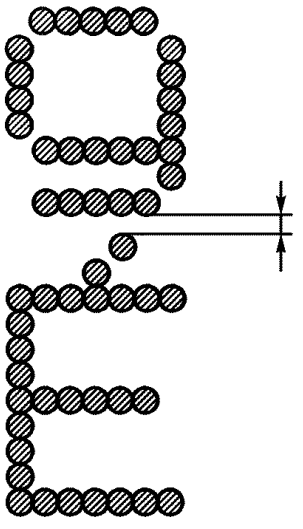


Рисунок 4 — Интервал между строками

5.9 Постоянство размера знака

Высота и ширина отдельного знака, относящегося к определенному знаковому шрифту, не должны меняться более чем на ±5 % от высоты знака (6.6.1), независимо от места его отображения на экране.

5.10 Интервал между знаками

Для шрифтов, не имеющих концевых засечек, интервал между знаками должен быть не менее ширины одного штриха или одного пикселя (рисунок 5). Для знаков с засечками интервал между засечками соседних знаков не должен быть меньше одного пикселя.

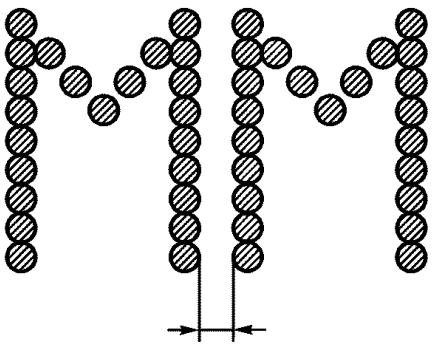


Рисунок 5 — Интервал между знаками

5.11 Интервал между словами

Минимальный интервал между словами должен быть не менее ширины одного знака (для соразмерных шрифтов следует использовать прописную букву «N».

5.12 Интервал между строками

Минимальный интервал между строками текста должен равняться одному пикселю. Интервалы между строками не должны содержать элементов диакритических знаков, но в них могут помещаться символы подчеркивания (рисунок 4).

5.13 Линейность

Должны выполняться следующие два условия:

а) разность длин различных строк или столбцов не должна превышать 2 % длины строки или столбца;

б) смещение знака по горизонтали относительно расположенного непосредственно выше или ниже знака, не должно превышать 5 % ширины знака. Смещение знака по вертикали относительно расположенных справа и слева знаков не должно превышать 5 % высоты знака (рисунок 6).

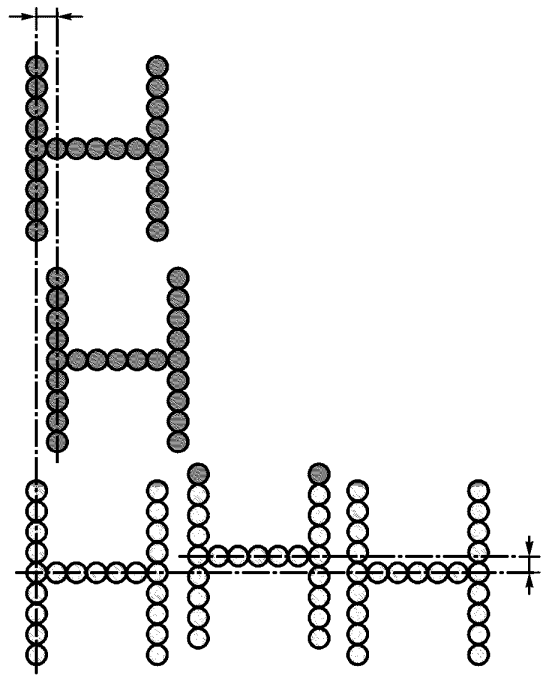


Рисунок 6 — Линейность

5.14 Ортогональность

Область адресации на экране должна быть прямоугольной, при этом должны выполняться следующие условия (рисунок 7):

а) отношение разности длин между горизонтальными границами области адресации $|H_1 - H_2|$ к их средней длине 0,5 $(H_1 + H_2)$ не должно превышать 0,02;

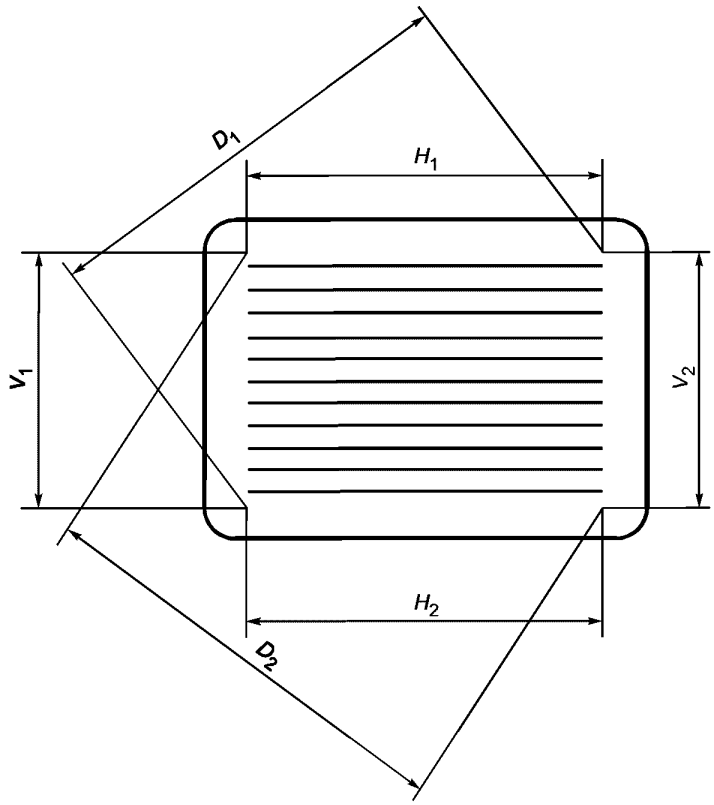
б) отношение разности длин между вертикальными границами области адресации $|V_1 - V_2|$ к их средней длине 0,5 $(V_1 + V_2)$ не должно превышать 0,02;

в) отношение разности длин диагоналей $|D_1 - D_2|$ к их средней длине 0,5 $(D_1 + D_2)$ не должно превышать 0,04 отношения средней длины коротких сторон (вертикальных или горизонтальных в зависимости от ориентации области адресации) к средней длине длинных сторон (горизонтальных или вертикальных)

5.15 Яркость изображения

Исходя из ограничений, связанных с остротой зрения, яркость изображения должна быть не менее 35 кд/м^2. Для дисплеев, на которые распространяются требования 5.7.2 (коэффициент заполнения), это условие должно выполняться для пикового значения яркости. При кодировании яркостью значение 35 кд/м^2 относится к нижнему уровню кодирования яркостью.

Примечание — Операторы часто предпочитают значительно более высокие уровни яркости (например 100 кд/м^2), особенно в условиях высокой внешней освещенности.



Горизонталь: $\frac{|H_1 - H_2|}{0{,}5\,(H_1 + H_2)}$; вертикаль: $\frac{|V_1 - V_2|}{0{,}5\,(V_1 + V_2)}$; диагональ: $\frac{|D_1 - D_2|}{0{,}5\,(D_1 + D_2)}$

Рисунок 7 — Ортогональность

5.16 Яркостный контраст

Минимальное значение яркостного контраста (C_m или CR) деталей знака, внутри знака или между знаками, непосредственно влияющее на разборчивость, должно быть

C_m = 0,5 (контрастная модуляция)

или

CR = 3:1 (контрастное отношение).

5.17 Баланс яркостей

Отношение усредненных по площади яркостей объектов, которые наблюдаются оператором в процессе работы (например экран, документ и т. д.), должно быть менее 10:1. Для стационарного поля зрения значительно бóльшее соотношение средних яркостей участка, используемого при выполнении задачи, и окружающих поверхностей (например корпус дисплея, стены комнаты и т. д.) не должно оказывать какого-либо неблагоприятного воздействия. Однако следует учитывать, что отношение 100:1 может оказать небольшое, но заметное влияние на снижение производительности.

5.18 Блики

Бликов следует избегать. Дополнительные меры, используемые для уменьшения бликов или повышения контраста, не должны приводить к нарушению требований 5.15 (яркость изображения) и 5.16 (яркостный контраст). Дополнительные требования — по ИСО 9241-7 [3].

5.19 Полярность изображения

Допускается использовать либо темные знаки на светлом фоне (позитивная полярность изо-

бражения), либо светлые знаки на темном фоне (негативная полярность изображения) при условии выполнения требований настоящего стандарта.

Пользователи используют разную полярность изображения. Если в дисплее предусмотрено переключение полярности изображений, то он должен удовлетворять требованиям настоящего стандарта для каждой полярности изображения.

Каждая полярность изображения имеет свои преимущества, например:

а) при позитивной полярности снижается восприятие зеркальных отражений, границы изображений представляются более четкими, гораздо легче достигается баланс яркостей;

б) при негативной полярности снижается восприятие мелькания изображения, значительно повышается разборчивость текста для операторов с аномально низкой остротой зрения, а знаки воспринимаются бóльшего размера.

5.20 Однородность яркости

Для изображения с предполагаемой однородной яркостью отношение усредненной по площади яркости в центре экрана к усредненной по площади яркости любого участка экрана не должно превышать 1,7:1.

Отношение пиковых яркостей элементов знака (точек или штрихов) не должно превышать 1,5:1.

Примечание — Настоящее требование не применяется к шрифтам со сглаженной ступенчатостью и к многоцветным дисплеям.

5.21 Кодирование яркостью

При использовании кодирования яркостью отношение значений яркости кодируемых участков изображения должно быть не менее 1,5:1.

5.22 Кодирование миганием

Если кодирование миганием применяют только для привлечения внимания, рекомендуется применять частоту миганий в пределах от 1 до 5 Гц с коэффициентом заполнения 50 %. Если во время мигания нужно сохранить удобочитаемость текста, то рекомендуется использовать частоту мигания в пределах от 1/3 до 1 Гц с коэффициентом заполнения 70 %. Следует предусмотреть возможность выключения мигания курсора.

5.23 Временная нестабильность (мелькание)

Изображение должно быть таким, чтобы по крайней мере 90 % пользователей не замечали мелькания.

Примечание — В настоящее время методы предсказания и измерения мельканий изображения разрабатываются. В приложениях А и Б отражено их современное состояние. После того как эти методы будут окончательно доработаны, они будут введены в настоящий стандарт в виде дополнения.

5.24 Пространственная нестабильность (дрожание)

Изображение должно восприниматься стабильным. Изображение стабильно, если максимальное изменение положения элементов изображения в плоскости экрана не превышает 0,0002 мм на один миллиметр проектного расстояния наблюдения в диапазоне частот от 0,5 до 30 Гц.

5.25 Цвет изображения на экране

Изображение на экране многоцветного ВДТ должно удовлетворять требованиям настоящего стандарта. Однако цвет изображения является достаточно сложным понятием, чтобы рассматривать его детально. Требования к цвету изображения — по ИСО 9241-8 после его введения.

6 Условия измерений и принятые соглашения

6.1 Условия измерений

6.1.1 Испытуемое оборудование

ВДТ подготавливают к испытаниям, ориентируют в одном принятом для проведения измерений направлении, прогревают в течение по крайней мере 20 мин. Испытания проводят при номинальных значениях напряжения тока и т. д. ВДТ после включения размагничивают.

6.1.2 Условия освещения

Для того, чтобы определить, удовлетворяет ли дисплей требованиям настоящего стандарта, расчетные уровни отраженной яркости суммируют с уровнем излучаемой яркости, измеренным в условиях затемненного помещения.

Для излучающих дисплеев фотометрические измерения проводят в условиях затемненного

помещения. Если измерения проводят в освещенном помещении, результаты измерений преобразуют в значения, эквивалентные условиям затемненного помещения.

Если при измерениях яркости не удается создать условия затемненного помещения, то измерения проводят в условиях освещенного помещения в следующей последовательности:

а) измеряют коэффициент отражения экрана ВДТ, используя или диффузное освещение(зеркальное отражение исключают), или световой поток, падающий под углом 45°;

б) рассчитывают отраженную яркость экрана ВДТ для принятого уровня внешней освещенности;

в) измеряют действительное значение отраженной яркости экрана ВДТ в условиях освещенного помещения;

г) для всех последующих измерений корректируют измеренное значение отраженной яркости, исходя из расчетного значения отраженной яркости.

Остальные измерения в соответствии с требованиями настоящего стандарта проводят при освещенности, используемой при первом измерении (условия освещенного помещения).

Для проведения измерений используют свет от испытательной установки или устройства, пригодного для работы с толстыми просвечивающими материалами с многократными внутренними отражениями. Свет должен быть либо рассеянным, либо падать под углом 45°. Уровни отраженной яркости рассчитывают по принятому уровню внешней освещенности в центре экрана дисплея, равному (250+250 cos A) лк, где A — угол пересечения плоскости, касательной к экрану в его центре, с горизонтальной плоскостью.

Для неизлучающих дисплеев должно использоваться либо диффузное внешнее освещение (предпочтительно), либо свет, падающий под углом 45°. Уровень освещенности для получения отраженной яркости, равной 35 кд/м^2, рассчитывают и указывают в протоколе соответствия.

6.2 Требования к фотометрическим измерениям

Фотометр (или эквивалентный ему прибор) интегрирует яркость на ограниченном измерительном поле в течение ограниченного времени. Постоянная времени интегрирования фотометра должна быть достаточной для того, чтобы на результаты измерений не влияла пульсация света, излучаемого ВДТ. Измерительное поле фотометра должно соответствовать условиям измерения. Фотометр точно позиционируют. Яркость измеряют фотометром, позиционированным параллельно нормали экрана ВДТ в его центре.

Принцип действия и характеристики измерителей освещенности и яркости приведены в [5].

6.2.1 Микрофотометрическое измерение яркости

6.2.1.1 Требования к фотометру

Эффективная ширина измерительного поля фотометра должна быть не более 1/8 ширины пикселя для пикселей как с непрерывным, так и с дискретным распределением яркости.

Для пикселей с непрерывным распределением яркости используют щелевую или круглую апертуру. При использовании круглой апертуры траектория измерительного поля фотометра должна проходить через центр(ы) измеряемого(ых) пикселя(ей).

Для дисплеев по 5.7 может использоваться круглая апертура.

Для пикселей с дискретным распределением яркости (особенно для многоцветных ЭЛТ с теневой маской) должен использоваться фотометр с щелевой апертурой или эквивалентный прибор. Длина щели должна быть, по крайней мере, в четыре раза больше ширины одного пикселя. Щель ориентируют параллельно длинной оси измеряемых деталей изображения.

Допускается применение прибора, специально предназначенного для измерения дисплеев. Измерения, выполненные таким прибором, должны быть эквивалентны проведенным при помощи фотометра.

6.2.1.2 Профиль яркости

Профиль яркости (зависимость яркости от положения фотометра) конкретной детали знака, группы знаков или эквивалентного тест-объекта получают сканированием измеряемых деталей знака, группы знаков или эквивалентного тест-объекта измерительным полем фотометра в направлении, перпендикулярном к длинной оси измеряемых деталей (рисунки 8 — 10 и 12 — 16).

Профиль яркости должен быть непрерывным. Для пикселей с дискретным распределением яркости проводят реконструкцию профиля яркости в следующей последовательности:

а) строят график профиля яркости с соединением пиковых значений измеренной яркости люминофорных точек одного цвета прямыми линиями (рисунок 8) либо

б) применяют числовой низкочастотный (сглаживающий) алгоритм пиковых значений профиля яркости.

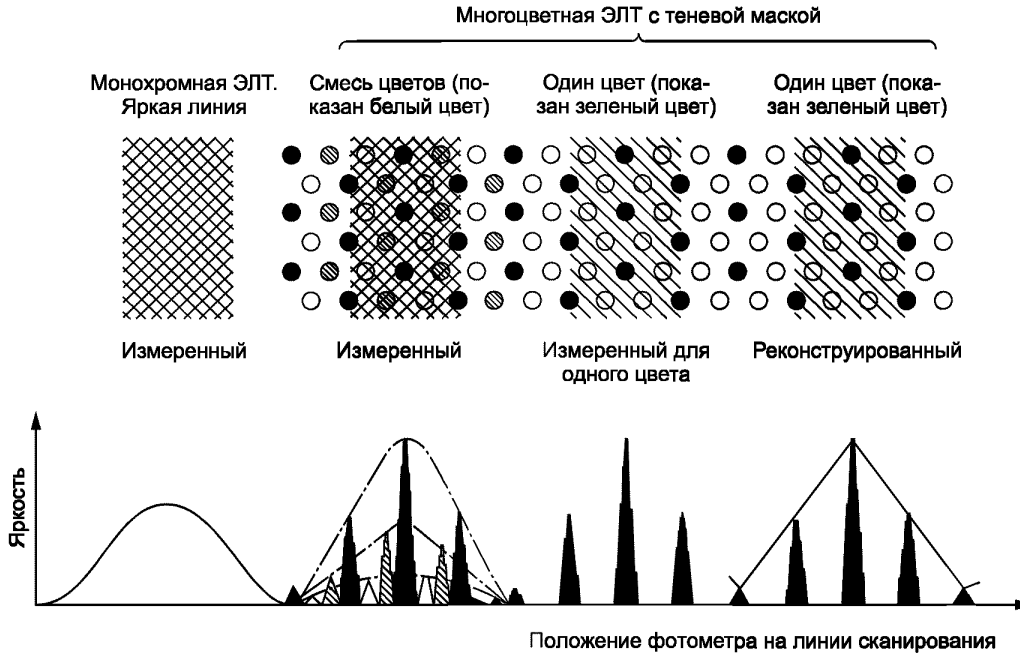


Рисунок 8 — Измеренные и реконструированные профили яркости

Примечание — Применять числовые методы, основанные на Гауссовом распределении, к измеренным пиковым значениям следует с исключительной осторожностью. Бóльшая часть измерений, предусмотренных настоящим стандартом, требует измерения деталей шириной, превышающей ширину одного пикселя. Такие детали, если они адекватно разрешаются дисплеем, не имеют Гауссового распределения в пределах своих профилей яркости.

Для определения профиля яркости следует применять коррекцию L_{COR} (для учета теневой маски и эффектов, связанных с апертурой фотометра):

$$L_{COR} = L_{1-M} \cdot \frac{L_{W-A}}{L_{1-P}},$$

$$L_{TOT} = L_{COR} + L_{REF},$$

где L_{1-P} — среднее значение пиковой яркости определяемого профиля при условии, что все пиксели в цвете, используемом для измерений, находятся во включенном состоянии. Профиль определяют в направлении, указанном для конкретного измерения;

L_{1-M} — измеренный профиль яркости (в цвете, используемом для измерений);

L_{W-A} — усредненная яркость белого цвета или цвета, используемого для установки яркости изображения (6.3);

L_{REF} — яркость отраженного света (6.1);

L_{TOT} — полная яркость (в месте отсчета).

Определение яркостей в каждом месте измерения следует проводить в темном помещении в следующей последовательности:

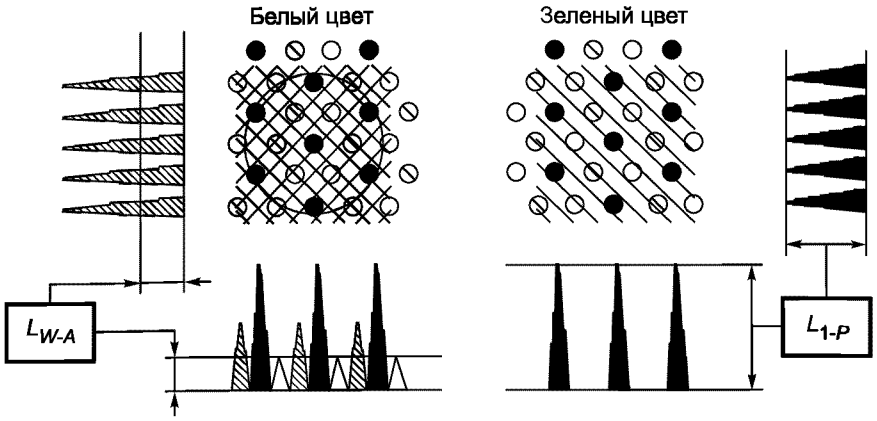
в) устанавливают в месте измерения область, состоящую из пикселей, находящихся в логическом состоянии, используемом для измерения яркости изображения (6.3);

г) измеряют усредненную яркость L_{W-A};

д) если для измерений используют один цвет (например зеленый), то устанавливают этот цвет. Измеряют щелевой апертурой профиль яркости в направлении, указанном в условиях измерения. По профилю яркости определяют среднюю пиковую яркость L_{1-P};

е) переходят к измеряемому знаку, тест-объекту или набору пикселей в том же цвете. Определяют профиль яркости L_{1-M};

ж) вычисляют скорректированную яркость L_{COR} и полную яркость L_{TOT}.



Примечания

1 Вертикальные и горизонтальные пиковые яркости не равны.

2 Значения яркости используют для коррекции измеренного профиля яркости до измеренной яркости изображения.

Рисунок 9 — Значения яркости для цветной ЭЛТ с теневой маской

6.2.1.3 Статистический анализ

Измеренный профиль яркости для многоцветных ЭЛТ с теневой маской зависит от многих факторов, включая фазу и соотношение размера электронного луча и шага маски. Поэтому ожидается, что результаты измерений будут значительно различаться. Поскольку результат конкретного измерения является вероятностным, для его интерпретации может потребоваться статистический анализ. За результат измерений принимают среднеарифметическое четырех измерений поблизости от конкретной точки. Число измерений — не менее четырех в разных местах поблизости от указанной точки измерений. Для многоцветных ЭЛТ с теневой маской приемлемым должен быть результат измерений с погрешностью ± 10 %.

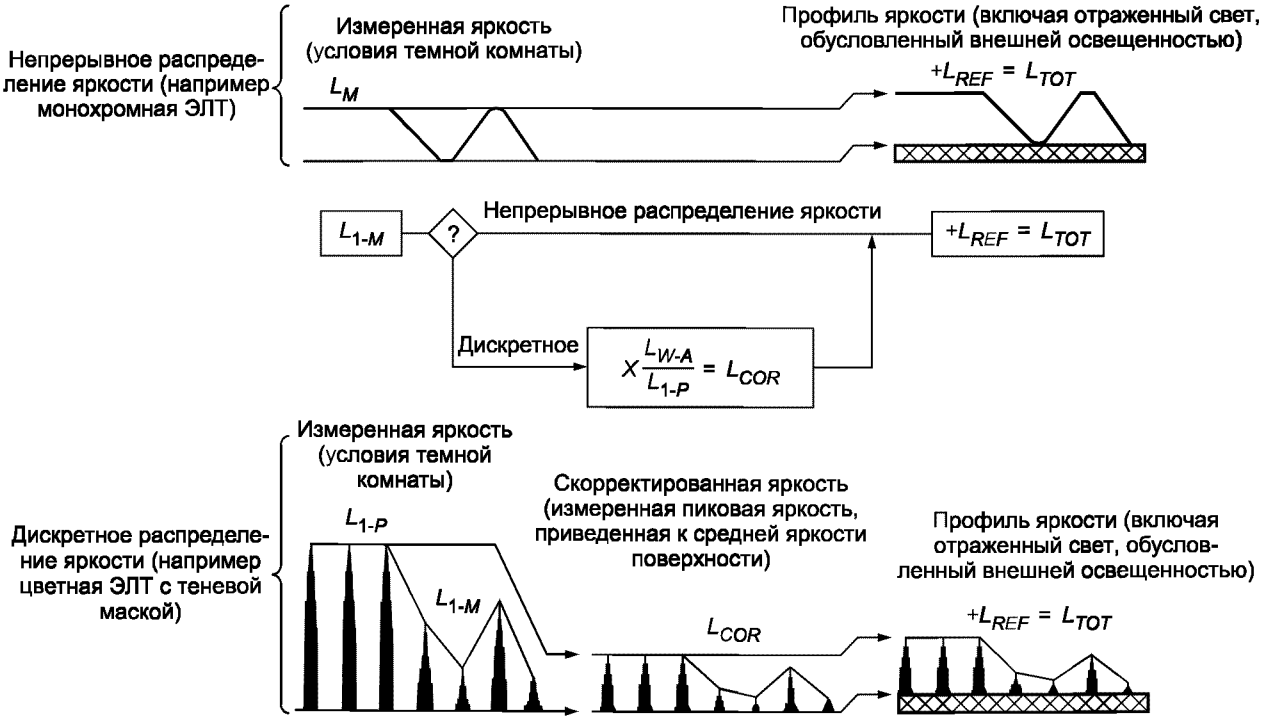


Рисунок 10 — Профили яркости для измеренной, скорректированной и полной яркости

6.2.1.4 Тест-объекты

Испытания допускается проводить на специальных тест-объектах, знаке или ином изображении, которое определено для данного испытания (см. рисунки 12, 13 и 15). Используемые тест-объекты должны иметь следующие характеристики:

а) тест-объект должен состоять из параллельных вертикальных или горизонтальных линий, образованных пикселями;

б) длина каждой линии пикселей должна быть по крайней мере на 10 % больше щелевой апертуры фотометра;

в) все пиксели в линии должны быть в одинаковом логическом состоянии;

г) логическое состояние пикселей в последующих линиях должно быть одинаковым и соответствовать состояниям, определенным для измерений вдоль траектории перемещения фотометра.

Пример — Тест-объект допускается использовать для измерения яркостного контраста. Допустим, что измерение нужно провести на строчной букве «е» (рисунок 16). Если при вертикальном перемещении апертуры фотометра через внутренний контур буквы будет обнаружено, что первый пиксель находится в состоянии «включен», второй пиксель в состоянии «выключен» и следующий за ними — в состоянии «включен», то эквивалентный тест-объект должен содержать, по крайней мере, три горизонтальные линии в состояниях «включен-выключен-включен». Это изображение может повторяться («включен-выключен-включен-выключен-включен. . .») для удобства измерений.

Примечание — Тест-объекты для определения размера знака и интервалов между знаками могут представлять собой блоки пикселей, при этом внутренние пиксели могут находиться в любом состоянии.

6.2.2 Измерение яркости изображения

Диаметр эффективного поля измерения фотометра или специального устройства для измерения характеристик изображения должен составлять приблизительно половину ширины знака.

6.2.3 Измерение усредненной по площади яркости участка экрана

Эффективное поле измерения фотометра должно покрывать приблизительно 1 % или более активной площади поверхности экрана дисплея.

6.3 Установка яркости изображения

Применяют единую установку яркости изображения и цвета для всех измерений, испытаний и расчетов, за исключением 6.2.1.3. В дисплеях с системной установкой яркости применяют программируемую яркость. В дисплеях, в которых уровень яркости устанавливает оператор, яркость должна быть не менее 35 кд/м^2. Измерения проводят по 6.2.2 и 6.6.8.

Примечание — Хотя минимальное значение яркости при испытаниях равно 35 кд/м^2, максимальное значение не устанавливают. Для практического использования выбирают значение, соответствующее реальным условиям.

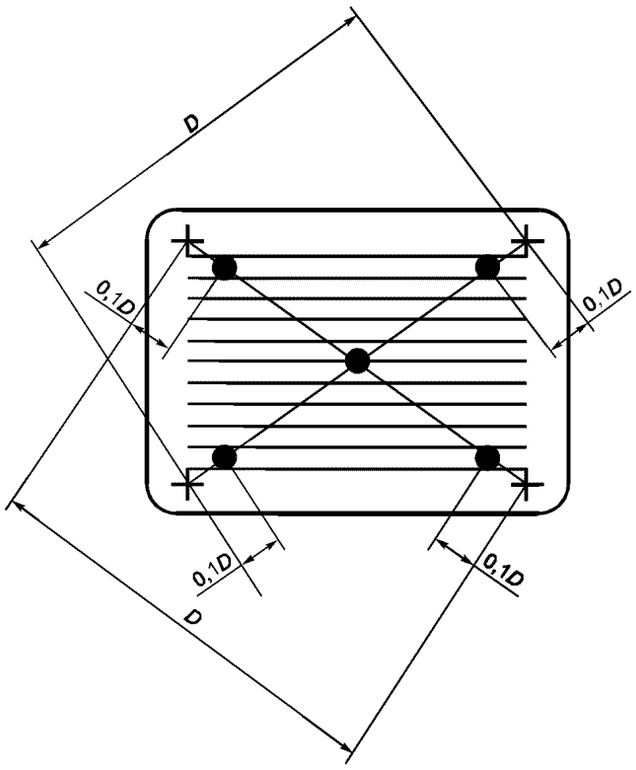


Рисунок 11 — Стандартные места измерений

6.4 Расположение мест измерений

Для проведения измерений определены пять стандартных мест (рисунок 11):

а) в центре (в месте пересечения двух диагоналей области адресации дисплея);

б) в точках на диагоналях, удаленных на 10 % длины диагоналей от углов области адресации дисплея.

Примечание — Для требований, применимых в любом месте экрана, и для требований, учитывающих только наихудший случай в любом из пяти стандартных мест измерения, в протокол включают только значение, измеренное в центре экрана, и наихудшее из измеренных значений.

6.5 Расстояния на экране дисплея

Расстояния на экране дисплея измеряют в плоскости, параллельной плоскости, касательной к экрану в его центре.

6.6 Специальные измерения

6.6.1 Размер знака

За высоту и ширину знаков конкретного шрифта принимают расстояние между параллельными краями прописной буквы без диакритических знаков (рисунок 12).

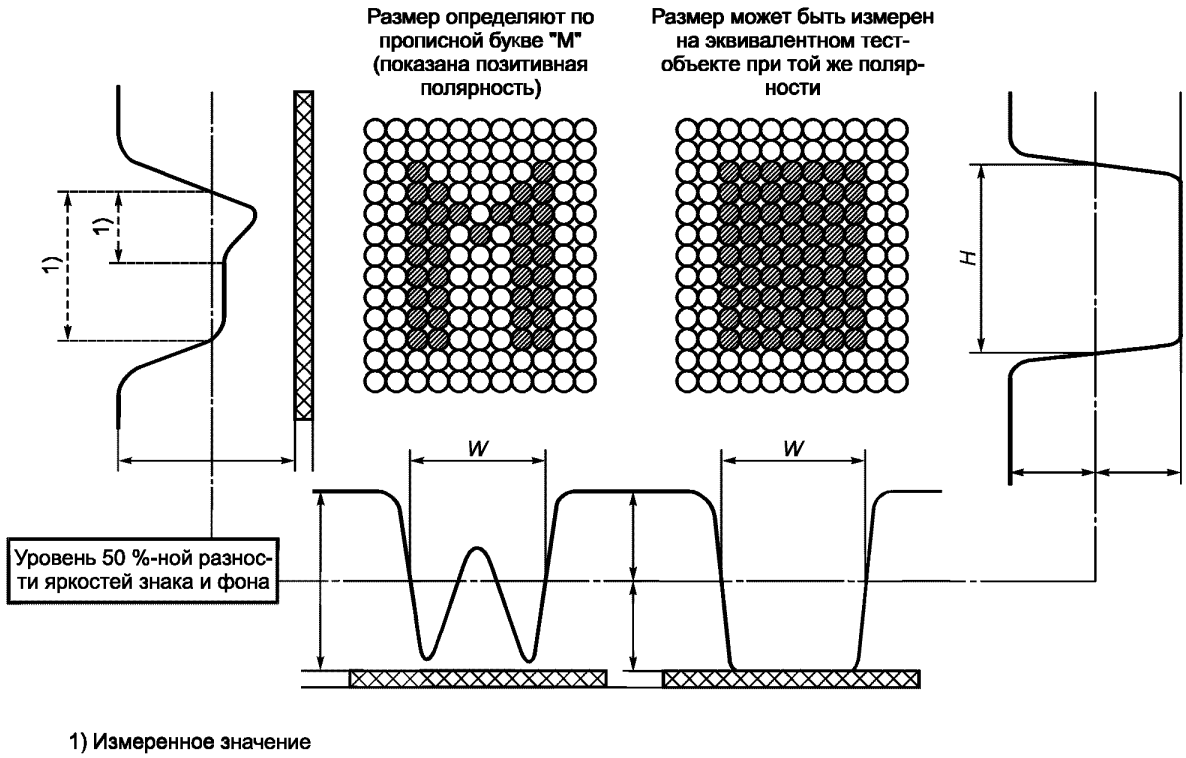


Рисунок 12 — Высота *H* и ширина *W* знака

В настоящем стандарте для измерения высоты и ширины знака следует отдавать предпочтение прописной букве «М». Однако буква «М» может оказаться непригодной для измерения высоты знака. Поэтому для измерения высоты и ширины знака допускается использовать тест-объект с таким же числом пикселей между измеряемыми деталями, как и в букве «М». Высота и ширина знаков должна определяться как среднеарифметическое результатов измерений буквы «М» или эквивалентного тест-объекта в пяти местах измерений, указанных в 6.4.

Примечание — Границу знака определяют на уровне 50 %-ной разности яркостей знака и фона. Точки на уровне 50 %-ной разности яркостей знака и фона определяют по профилям яркости, измеренным в соответствии с 6.2.1.

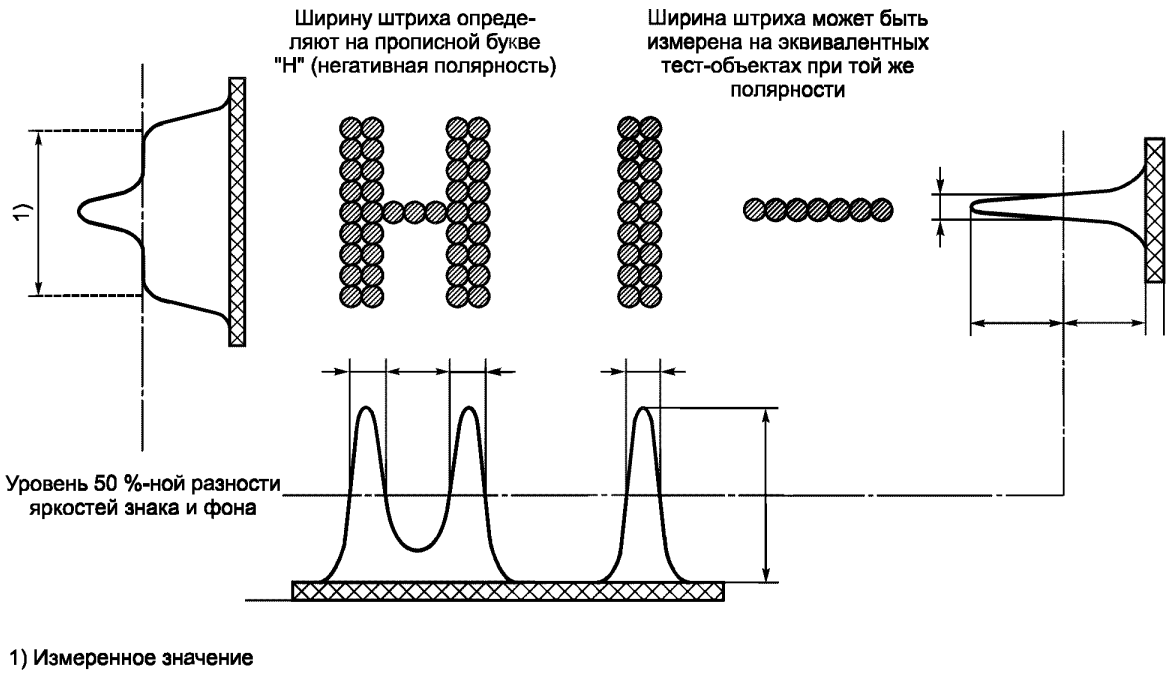
6.6.2 Отношение ширины знака к высоте

За отношение ширины знака к высоте для конкретного шрифта принимают отношение ширины к высоте прописной буквы без диакритических знаков, измеренное в соответствии с 6.6.1.

6.6.3 Ширина штриха знака

За ширину штриха знака из знакового набора принимают расстояние между точками профиля яркости контура знака, определяемыми на уровне 50 %-ной разности между максимальной яркостью контура и яркостью фона; уровень 50 %-ной разности яркостей определяют по профилю яркости, измеренному в соответствии с 6.2.1. Это расстояние измеряют вдоль линий сканирования, проходящих горизонтально через центр(ы) пикселя(ей), формирующих вертикальные штрихи, и вертикально — через центр(ы) пикселя(ей), формирующих горизонтальные штрихи. Шрифтовые засечки

в эти измерения не включают. За ширину штриха знака принимают среднеарифметическое ширины штриха знака для горизонтальных и вертикальных штрихов, отображенных в пяти местах измерения, указанных в 6.4. Прописную букву «М» используют для определения ширины вертикального штриха. Прописную букву «Н» используют для определения ширины горизонтального штриха (рисунок 13).



1) Измеренное значение

Рисунок 13 — Ширина штриха знака

6.6.4 Модуляция растра

Модуляцию растра измеряют по профилю яркости в соответствии с 6.2.1 вдоль линии, пересекающей соседние линии растра (рисунок 14). Модуляция растра представляет собой различие между значением максимума яркости L_H и значением минимума яркости L_L вдоль профиля яркости. Для многоцветных дисплеев профиль яркости должен содержать по меньшей мере девять линий.

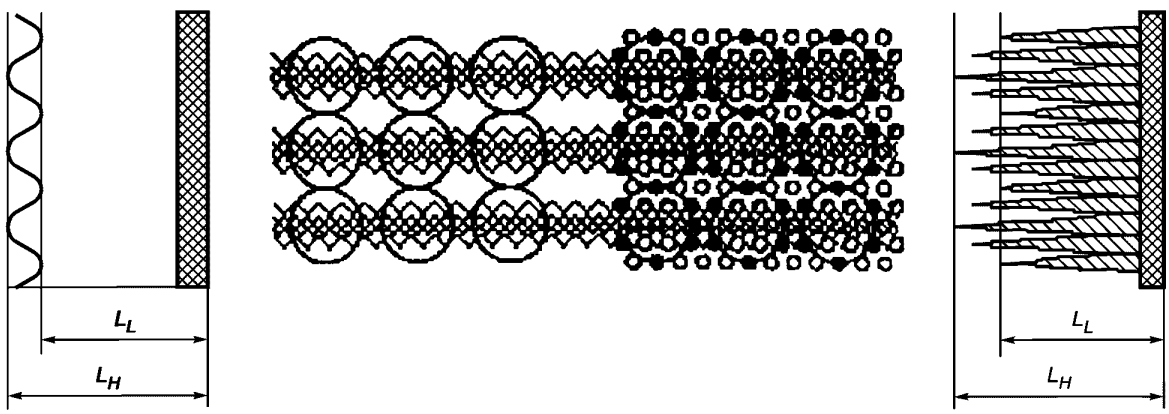


Рисунок 14 — Модуляция растра (плоское поле)

6.6.5 Коэффициент заполнения и пиковая яркость экрана дисплея

Коэффициент заполнения экрана ВДТ вычисляют умножением высоты светящейся части пикселя на его ширину и делением на площадь, отведенную для пикселя. Размер светящейся части пикселя определяют на уровне 50 %-ной разности яркостей между контурами пикселя и его фоном

по профилю яркости в соответствии с 6.2.1. Пиковую яркость экрана дисплея измеряют как пиковую яркость профиля(ей), используемого(ых) для определения коэффициента заполнения.

6.6.6 Постоянство размеров знаков

Размеры знака (высоту и ширину) измеряют в соответствии с 6.6.1, по крайней мере, в пяти точках измерения, определенных в 6.4. Размеры знака должна определять прописная буква «М».

6.6.7 Интервал между знаками

Интервал между знаками — минимальное расстояние по горизонтали между ближайшими точками соседних знаков. Интервал между знаками определяют по числу пикселей, расположенных между соседними знаками.

6.6.8 Яркость изображения

Яркость изображения измеряют как интегральную яркость знакоместа, когда все пиксели знакоместа находятся в состоянии, указанном в 6.3. Фотометр должен удовлетворять требованиям 6.2.

6.6.9 Однородность яркости

6.6.9.1 Яркость, усредненная по площади

Для измерения однородности яркости, усредненной по площади, весь экран дисплея должен быть заполнен пикселями, установленными в состояние по 6.3.

Яркость, усредненную по площади, измеряют фотометром, удовлетворяющим требованиям 6.2.

6.6.9.2 Однородность яркости элементов знака

Однородность яркости элементов знака измеряют как однородность яркости горизонтальных L_H и вертикальных L_V штрихов прописной буквы «Н» или эквивалентного тест-объекта. Однородность яркости определяют с помощью профилей яркости штрихов знака (рисунок 15).

6.6.9.3 Баланс яркости

Для измерений баланса яркости экран дисплея заполняют чередующимися прописной буквой «М» и знаком «пробел».

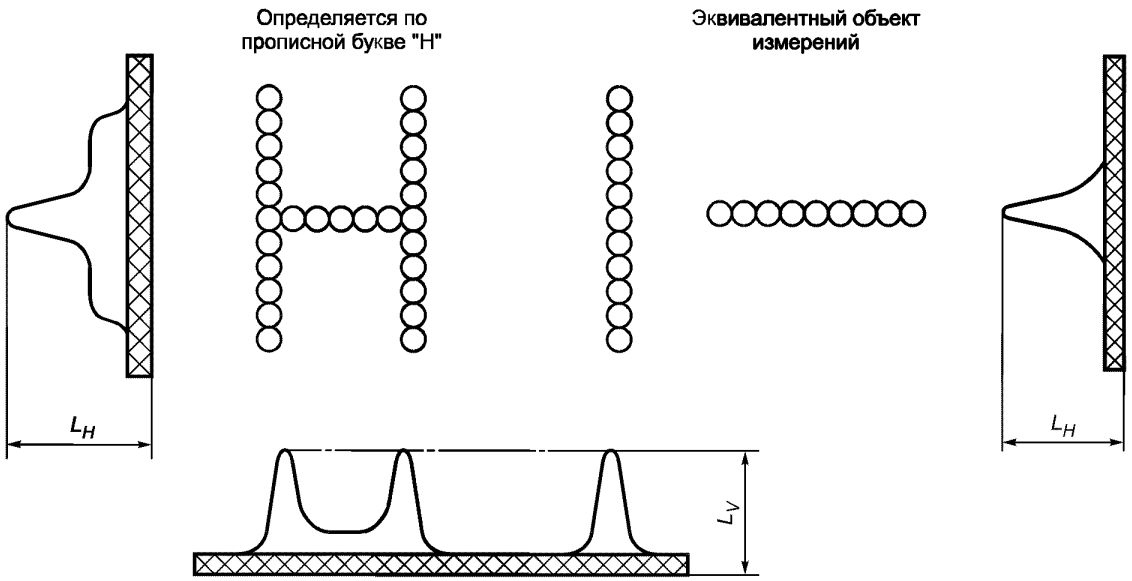


Рисунок 15 — Однородность яркости внутри знака

6.6.10 Интервал между словами

Интервал между словами — минимальное расстояние по горизонтали между ближайшими точками соседних слов. Интервал между словами определяют по числу пикселей между соседними словами.

Шрифтовые засечки (при их наличии) при оценке интервала между словами не учитывают.

6.6.11 Интервал между строками

За интервал между строками принимают минимальное расстояние по вертикали между ближайшими точками соседних знаков. Интервал между строками определяют по числу пикселей между соседними по вертикали знаками.

6.6.12 Линейность

Линейность определяют перемещением микроскопа или эквивалентного ему инструмента. Микроскоп перемещают приблизительно параллельно оси измеряемого ряда или столбца знаков. Положение знака определяют визуально или с помощью электронных приборов сравнением аналогичных деталей соседних знаков.

6.6.13 Яркостный контраст

Для измерения яркостного контраста используют детали изображения, видные как отдельные. Используют два знака (или эквивалентные тест-объекты) и каждый из них измеряют в пяти местах, указанных в 6.4. Используют следующие знаки: строчную букву «e» для измерения контраста между соседними по вертикали деталями знака и строчную букву «m» для измерения контраста между соседними по горизонтали деталями знака (рисунок 16).

Траектория перемещения фотометра при измерении контраста деталей знаков (или тест-объектов с идентичной конфигурацией пикселей) показана на рисунке 16. Контрастную модуляцию измеряют по профилю яркости, полученному в соответствии с 6.2.1, вдоль показанной на рисунке 16 траектории. Контрастная модуляция характеризует различие между максимумом L_H и минимумом L_L профиля яркости.

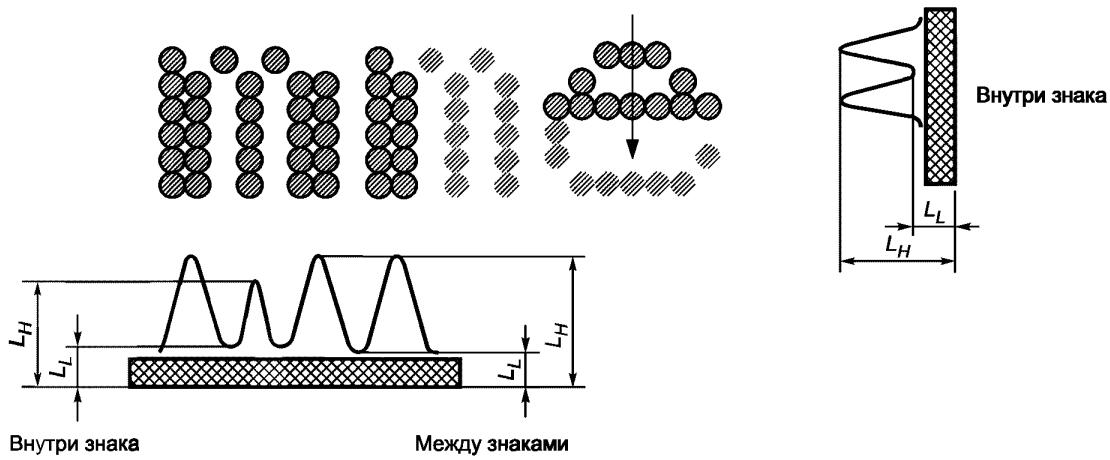


Рисунок 16 — Яркостный контраст внутри знака и между знаками и траектории перемещения фотометра

6.6.14 Пространственная нестабильность изображения (дрожание)

Для дисплеев с непрерывным распределением яркости пикселей дрожание допускается измерять микроскопом с не менее чем двадцатикратным увеличением. Перемещение изображения определяют визуально наведением визира или масштабной сетки микроскопа на крайние положения центра или края знака или тест-объекта в течение времени наблюдения.

Для дисплея любого типа допускается использовать специальное измерительное устройство. Такое устройство должно определять относительное положение знака или тест-объекта на основе их последовательного сканирования. Если используют устройство, измеряющее перемещение только вдоль горизонтальной или вертикальной оси, то меру дрожания определяют как квадратный корень суммы квадратов максимального горизонтального и вертикального смещений.

Продолжительность наблюдений — не менее 4 с. Сканирующее измерительное устройство должно накапливать результаты сканирований, число которых должно быть эквивалентно непрерывному наблюдению в течение по меньшей мере 4 с.

6.6.15 Временна́я нестабильность изображения (мелькание)

Методы предсказания и измерения мелькания в настоящее время разрабатываются. В приложениях А и Б отражено их современное состояние. После того как эти методы будут окончательно доработаны, они будут введены в настоящий стандарт в виде дополнения.

7 Оценка соответствия ВДТ

7.1 Соответствие ВДТ настоящему стандарту может быть достигнуто выполнением требований раздела 5.

В тех случаях, когда физические измерения, требуемые для выполнения раздела 5, не могут быть проведены (испытуемый дисплей изготовлен по новой технологии, которая делает метрологические измерения трудными или невозможными), соответствие достигается использованием метода испытаний и соблюдением обязательных требований, указанных в приложении В.

Примечание — Разрабатывается метод испытаний, предназначенный для ВДТ, для которых раздел 6 нельзя применить полностью. Один из примеров — дисплеи, не содержащие ЭЛТ.

Соответствие определяют с использованием устанавливаемых по умолчанию параметров, например набора(ов) знаков, цвета(ов), конфигурации(й), системных опций и установок, выполняемых оператором.

Соответствие настоящему стандарту зависит от аппаратного и программного обеспечения, а также от компонентов рабочего места. При этом индивидуальное соответствие каждого такого компонента должен указать поставщик с соблюдением действующих правил. Поставщики, использующие любую комбинацию этих компонентов, должны нести ответственность за ее соответствие.

7.2 Протокол соответствия должен содержать следующую информацию:

а) сведения о поставщиках (наименование фирмы и адрес, номер модели ВДТ и т. д.);

б) полные сведения об оборудовании для испытаний, его установках и конфигурации, постоянных и программно устанавливаемых параметрах, условиях испытаний и результатах испытаний;

в) условия эксплуатации;

г) специальные требования;

д) если применяют вариант проверки соответствия по приложению В — полные сведения о критериях, использованных для выбора испытателей и характеристиках испытателей.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Аналитические методы предсказания мелькания экрана

В настоящем приложении изложены два аналитических метода предсказания того, будет ли восприниматься экран мелькающим для принятого процента пользователей.

А.1 Аналитический метод предсказания мелькания экрана

А.1.1 Общие сведения

Настоящий метод пригоден для оценки дисплеев на этапе разработки и (как инструмент) для выбора люминофоров и частот регенерации, которые дадут в результате изображение, свободное от мелькания. При проверке на соответствие требованиям по отсутствию мелькания экрана принимают во внимание, что:

а) настоящий метод позволяет предсказать, будет ли дисплей свободным от мелькания для 90 % пользователей при заданной длительности послесвечения люминофора, частоте регенерации изображения и максимальном значении яркости изображения;

б) предсказания действительны для дисплеев с различными размерами экрана при позитивной полярности изображения (таблица А.1). Предсказания относятся к наихудшей конфигурации дисплея, когда высвечивается каждый пиксель или каждая линия растра. Поэтому настоящий метод является охранительным при проверке мелькания. Если мелькание экрана ВДТ при высвечивании каждого пикселя или линии растра отсутствует, то изображение будет свободным от мелькания, когда высвечивается приблизительно 85 % пикселей, как это происходит при отображении знаков. Однако это не означает, что если мелькание заметно при экстремальной или наихудшей конфигурации, то оно обязательно будет заметно при отображении знаков.

На основании сказанного выше в случае, если аналитический метод (см. А.1) дает отрицательный результат, в качестве контрольного следует использовать эмпирический метод оценки мелькания экрана (приложение Б).

Если использование любого из описанных в настоящем приложении методов показывает, что конкретный дисплей свободен от мелькания, то эмпирический метод оценки мелькания не применяют. Если предсказано, что дисплей будет мелькающим, то в качестве контрольного метода оценки мелькания следует использовать эмпирический метод оценки мелькания экрана, описанный в приложении Б. Если методы, описанные в настоящем приложении, подтверждают, что изображение свободно от мелькания, то его действительно можно считать свободным от мелькания. Если при помощи эмпирического метода дисплей определяют как свободный от мелькания (хотя по оценке аналитическими методами он признан мелькающим), то его также считают свободным от мелькания.

А.1.2 Аналитический метод предсказания мелькания экрана

А.1.2.1 Принцип

Метод основан на возможности предсказания обнаружения или необнаружения пользователями мелькания однородно светящегося экрана дисплея по количеству энергии на основной частоте регенерации изображения на экране, см. [7], [9], [10], [13] — [15], [17].

Вначале подсчитывают количество энергии на частоте регенерации E_{obs}. Затем количество энергии E_{obs} сравнивают с количеством энергии, которую человек воспринимает как мелькание, т. е. с предсказанным порогом мелькания $E_{pred.}$

Если $E_{obs} < E_{pred}$, то можно предсказать, что пользователи не увидят мелькание.

Если $E_{obs} \geq E_{pred}$, то можно предсказать, что пользователи увидят мелькание.

А.1.2.2 *DC*-компонент

Количество энергии на частоте регенерации можно рассчитать следующим образом:

а) преобразуют яркость экрана в единицы освещенности сетчатки (троланды);

б) определяют усредненную во времени яркость экрана L_t в соответствии с 6.1 и 6.3, где L_t — полная яркость экрана, включающая как яркость, отраженную от экрана, так и яркость, излучаемую люминофорами экрана дисплея;

в) выключают дисплей и измеряют яркость, отраженную от экрана L_r;

г) оценивают площадь зрачка наблюдателя в квадратных миллиметрах.

Площадь зрачка A является функцией яркости адаптации. По формуле из [6] оценивают диаметр зрачка и вычисляют $A = \pi d^2/4$,

где $d = 5 - 3 \text{ th } [0{,}4 \lg (3{,}183\ L_t]$;

д) *DC*-компонент изменяющейся во времени освещенности сетчатки, выраженный в троландах:

$$DC = (L_t - L_r)A. \qquad (А.1)$$

А.1.2.3 Амплитудный коэффициент

Рассчитывают амплитудный коэффициент яркости экрана на основной частоте.

Яркость экрана представляет собой серию импульсов с экспоненциально затухающим послесвечением $e^{-t/\alpha}$. Амплитудный коэффициент *Amp(f)* изменяющейся во времени яркости экрана на частоте регенерации согласно [19] рассчитывают по формуле

$$Amp(f) = \frac{2}{[1 + (2\pi\alpha f)^2]^{1/2}},$$

где α — постоянная времени экспоненты, описывающей послесвечение люминофора, с;

f — частота регенерации изображения, Гц.

Примечание — α-время, необходимое для того, чтобы яркость люминофора уменьшилась до $1/e$ (e — основание натуральных логарифмов) начального значения. Обычно указывают постоянную времени $TC_{10\,\%}$, обозначающую время, необходимое для затухания яркости до 10 % начального значения. Постоянную времени $TC_{10\,\%}$ можно преобразовать в величину α по формуле

$$\alpha = TC_{10\,\%} \cdot \frac{\ln 1/e}{\ln 1/10} = 0{,}4343\ TC_{10\,\%}.$$

А.1.2.4 Энергия на частоте регенерации

Энергию на частоте регенерации E_{obs} рассчитывают умножением постоянной составляющей освещенности сетчатки *DC* на амплитудный коэффициент *Amp(f)* на частоте регенерации по формуле

$$E_{obs} = DC \cdot Amp(f). \qquad (А.2)$$

А.1.2.5 Предсказания

Рассчитав действительное количество энергии на частоте регенерации E_{obs}, вычисляют количество энергии E_{pred}, при котором пользователи обнаруживают мелькание, по формуле

$$E_{pred} = ae^{bf}, \qquad (А.3)$$

где f — частота регенерации;

a и b — постоянные, зависящие от размера экрана дисплея.

Значения постоянных a и b для нескольких различных размеров экрана приведены в таблице А.1.

Если $E_{obs} < E_{pred}$, то предсказывают, что пользователи не увидят мелькание. Если $E_{obs} \geq E_{pred}$, то предсказывают, что пользователи увидят мелькание.

В таблице А.1 приведены значения параметров для различных размеров экранов.

Таблица А.1 — Параметры мелькания для различных размеров экранов

Угловой размер экрана θ	$CFF = m + n \ln (E_{obs})$		$E_{pred} = ae^{bf}$	
	m	n	a	b
10°	14,6	6,999	0,1276	0,1424
30°	13, 8376	8,31	0,1919	0,1201
50°	8,31	9,73	0,5076	0,1004
70°	6,783	10,034	0,53	0,0992

Примечания

1 Размер изображения, определяемый в градусах угла наблюдения экрана θ, рассчитывают по формуле

$$\theta = 2 \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{2V}\right),$$

где D — диагональ экрана, мм;

V — проектное расстояние наблюдения, мм.

Диаметр активной области типового ЭЛТ дисплея находится в диапазоне от 250 до 375 мм. Поэтому угловой размер экрана типового ЭЛТ дисплея находится в диапазоне от 28° до 41° угла наблюдения.

2 Значения параметров m и n получены с помощью линейной регрессии значений критической частоты слияния мельканий *CFF* на $\ln (E_{obs})$. Значения постоянных a и b получены с помощью линейной регрессии $\ln (E_{obs})$ на *CFF*. Если уравнения линейной регрессии рассчитывают для 100 % изменения, то $a = e^{-m/n}$ и $b = 1/n$ (соответственно).

Линейные регрессии подсчитывают для 95 % — 99 % изменения. Поэтому небольшие различия будут иметь место между эмпирическими значениями a и b и $e^{-m/n}$ и $1/n$.

И наоборот, по значению яркости экрана и, следовательно, значению DC можно рассчитать E_{obs} (А.2), а затем — частоту регенерации CFF, которая обеспечит изображение без мельканий, по формуле

$$CFF = m + n \ln (E_{obs}), \qquad (A.4)$$

где m и n— параметры, зависящие от размера изображения.

А.1.3 Пример расчета

А.1.3.1 Конфигурация дисплея

Дисплей, имеющий ЭЛТ с диагональю 280 мм, рассматривают с расстояния ≈ 500 мм. Поэтому угловой размер экрана ЭЛТ равен $2 \operatorname{arctg} \frac{280}{2 \cdot 500} = 30{,}75°$.

Яркость изображения L_t равна 100 кд/м^2, а отраженная от экрана яркость L_r равна 10 кд/м^2. Постоянная затухания послесвечения α для люминофора Р4 равна $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ с, что соответствует значению $TC_{10\ \%} = 6 \cdot 10^{-5}$ с.

А.1.3.2 Расчеты

Начав с шага в соответствии с А.1.2.2, перечисление г), вычисляют:

а) диаметр зрачка d:

$$d = 5—3 \text{ th } [0{,}4 \text{ lg } (3{,}183 \cdot 100)] = 2{,}713789 \text{ мм};$$

б) площадь зрачка A:

$$A = 3{,}14159 \cdot \left(\frac{2{,}713789}{2}\right)^2 = 5{,}7842 \text{ мм}^2;$$

в) постоянную составляющую DC:

$$DC = (100—10) \cdot 5{,}7842 = 520{,}57 \text{ троланда};$$

г) амплитудный коэффициент яркости экрана на частоте регенерации $Amp(f)$:

$$Amp(f) = \frac{2}{[1 + (2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot 6{,}2832 \cdot f)^2]^{1/2}}.$$

При частоте регенерации $f = 60$ Гц амплитудный коэффициент равен 1,99991. При частоте регенерации $f = 72$ Гц амплитудный коэффициент равен 1,99987;

д) модуляцию яркости E_{obs} при частоте регенерации изображения 60 Гц:

$$E_{obs} = 520{,}576 \cdot 1{,}9999 = 1041 \text{ троланд};$$

е) модуляцию яркости E_{pred}, требуемую для получения свободного от мелькания изображения при частоте регенерации 60 Гц:

$$E_{pred} = ae^{bf} = 258{,}58 \text{ троланда},$$

где $f = 60$ Гц, $a = 0{,}1919$, $b = 0{,}1201$ (значения параметров a и b, соответствующие угловому размеру экрана, равному 30°, приведены в таблице А.1);

ж) поскольку $E_{obs} > E_{pred}$, то при частоте регенерации 60 Гц изображение на экране дисплея будет казаться мелькающим;

з) модуляцию яркости E_{obs} при частоте регенерации 72 Гц:

$$E_{obs} = 520{,}576 \cdot 1{,}9999 = 1041 \text{ троланд},$$

а модуляция яркости, необходимая для того, чтобы изображение при частоте регенерации 72 Гц было свободным от мельканий, должна быть:

$$E_{pred} = 0{,}1919 \cdot e^{0{,}1201 \cdot 72} = 1092{,}71 \text{ троланда}.$$

Поскольку $E_{obs} < E_{pred}$, изображение при частоте регенерации 72 Гц будет свободным от мельканий.

Примечание — Если расчет выполняют для люминофора Р39 с коэффициентом затухания $\alpha = 3{,}040 \times \times 10^{-2}$ с, то при $f = 60$ Гц изображение будет свободным от мельканий.

А.2 Алгоритм предсказания мелькания экрана

А.2.1 Принцип

Для того чтобы предсказать мелькание на экране ВДТ, используют следующий алгоритм.

А.2.2 Расчет среднего значения CFF для дисплея ($\overline{CFF}$)

$\overline{CFF}$ для дисплея вычисляют по формуле

$$\overline{CFF} = 34{,}9 + 17{,}6 \lg(L_t), \qquad (A.5)$$

где L_t — яркость дисплея в соответствии с 6.3. Формула А.5 выведена на основании средних психофизических групповых данных для яркого (позитивная полярность) экрана с люминофором Р31 малого послесвечения и с учетом угла наблюдения 70°; таким образом, формула А.5 предполагает, что и периферийное поле зрения также свободно от мелькания.

А.2.3 Оценка индивидуальных различий

Стандартные отклонения σ_{int}, связанные с индивидуальными различиями, приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 — Стандартные отклонения, связанные с индивидуальными различиями

Средняя яркость экрана, кд/м^2	25	50	100	200	400
Стандартные отклонения σ_{int}, Гц	5,71	5,28	5,78	6,93	8,29

А.2.4 Определение процентного критерия

Принимают, что распределение индивидуальных свойств испытателей при измерении *CFF* является Гауссовым. Следовательно, если используют 95 %-ный критерий и подразумевают под этим, что 95 % испытателей будут воспринимать экран дисплея свободным от мелькания, то это означает, что процентный критерий соответствует 1,65 σ_{int}.

А.2.5 Расчет величины $CFF_{стандарт}$

При заданном 95 %-ном критерии значение $CFF_{стандарт}$ вычисляют по формуле

$$CFF_{стандарт} = \overline{CFF} + 1{,}65\,\sigma_{int}.$$

Если частота регенерации превышает значение $CFF_{стандарт}$, то экран считается свободным от мелькания.

Пример — Для дисплея со средней яркостью 100 кд/м^2 значение $\overline{CFF}$ равно 70,1 Гц. Поскольку значение σ_{int} равно 5,78 Гц, то

$$CFF_{стандарт} = 70{,}1 + 1{,}65 \cdot 5{,}78 = 79{,}6 \text{ Гц}.$$

Примечание — Для люминофоров с большим послесвечением (например Р39) предварительные данные показывают, что $CFF_{стандарт}$ следует устанавливать примерно на 5 Гц меньше.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Эмпирический метод оценки временно́й и пространственной нестабильности изображения (мелькания и дрожания) на экране

Б.1 Общие сведения

В качестве испытателей используют группу предполагаемых пользователей, выполняющих офисные задачи, как это определено в разделе 1 настоящего стандарта. При этом учитывают факторы, относящиеся к испытуемому оборудованию. Численность группы — не менее 20 человек.

Во время испытаний на экране должно отображаться такое же число ярких знаков на темном фоне, что и максимальное число знаков, предъявляемое при нормальном режиме работы ВДТ.

Б.2 Проведение испытаний

Испытания проводят в следующем порядке:

а) регулируют внешнее освещение так, чтобы освещенность на экране была (250 + 250 cos *A*) лк;

б) заполняют экран знаками;

в) регулируют яркость изображения до уровня, указанного в 6.3;

г) располагают дисплей на проектном расстоянии наблюдения от наблюдателя;

д) экран располагают:

1) 30° в область периферийного зрения, а затем

2) прямо перед наблюдателем.

Б.3 Протокол испытаний

Считают, что конкретный дисплей не имеет мелькания и дрожания изображения, если его воспринимают свободным от мелькания и дрожания по меньшей мере 90 % испытателей. В протокол испытаний вносят соответствующую отметку.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Визуальные характеристики и испытание на комфортность

В.1 Принцип

В.1.1 Цель и назначение испытания

Настоящее приложение содержит описание процедуры испытания визуального качества ВДТ, когда полный набор требований (раздел 5) не может быть применен, например, к новым дисплейным технологиям, таким как новые типы дисплеев на плоских панелях (электролюминесцентные дисплеи и дисплеи с автоэлектронной эмиссией). Испытание состоит из исследования и оценки визуального комфорта. Совокупность результатов испытаний рассматривают как визуальное качество ВДТ.

В.1.2 Цель и план испытаний

Цель настоящего испытания состоит в обеспечении испытания ВДТ, которые не могут быть иначе испытаны на соответствие настоящему стандарту. Этот тестовый метод изготовитель ВДТ может выбирать в случаях, когда требования, определенные в разделе 5, не могут быть проверены — испытуемый ВДТ изготовлен по новой технологии, которая затрудняет метрологические измерения или делает их невозможными (см. 7.1).

В.1.3 Обзор метода испытаний

Процедура испытаний позволяет определять эффективность передачи визуальной информации на основании эффективности поиска испытателями целей, представленных в буквенно-цифровом виде на испытуемом ВДТ, по сравнению с эффективностью выполнения теми же испытателями такой же задачи на образцовом ВДТ. Здесь эффективность означает, что пользователь способен обнаружить и распознать визуальные цели точно, быстро и без зрительного дискомфорта. Если ВДТ проходит тест на зрительный поиск и оценку рабочих характеристик, он может быть признан пригодным для других видов представления информации, таких (и не только таких) как неалфавитно-цифровые языки и деловая графика. Зависимыми переменными теста являются скорость поиска, достигнутая испытателями при выполнении задачи зрительного поиска знаков, и субъективная оценка зрительного комфорта, определяемая по заданной шкале. Совокупность результатов испытаний рассматривают как визуальное качество ВДТ. Испытание проводят в моделируемой окружающей среде офиса с испытателями, представляющими предполагаемую совокупность пользователей.

Визуальное качество ВДТ, определенного как испытуемый ВДТ, сравнивают с образцовым ВДТ, который удовлетворяет требованиям раздела 5 настоящего стандарта. Испытуемый ВДТ считают выдержавшим испытания, если скорость зрительного поиска и субъективные оценки ВДТ соответствуют требованиям настоящего стандарта. Последующая статистическая обработка или эквивалентная статистическая процедура, обеспечивающая получение равных по стабильности результатов, используется для того, чтобы определить, превышает или не превышает эффективность выполнения задачи испытателями на испытуемом ВДТ эффективность выполнения задачи на образцовом ВДТ.

В.1.4 Предотвращение предубеждений

При всех испытаниях возможна предубежденность испытателей, и это особенно вероятно в области психофизических испытаний. Поэтому оценку проводят под наблюдением специалистов, имеющих соответствующую квалификацию и опыт работы не менее одного года. При экспериментах с испытателями должны соблюдаться этические правила по [23] и [27].

Руководитель испытаний должен быть уверен, что все потенциальные источники погрешности минимизированы или контролируются. Ниже приведен список некоторых потенциальных источников предубеждений и ошибок (список не является полным):

- выбор испытателей (например, следует избегать выбора определенных возрастных групп);
- конфигурация ВДТ (в течение испытаний образцовый ВДТ должен удовлетворять всем требованиям раздела 5);
- условия окружающей среды (освещение и другие условия должны быть одинаковыми для обоих ВДТ; следует избегать худших условий для одного из них);
- инструкции для испытателей (инструкции не должны влиять на объективность оценок).

В.2 Участники испытаний

Участники испытаний должны представлять собой предполагаемую совокупность пользователей (тех, кто выполняет офисные задачи, как определено в разделе 1 настоящего стандарта). Все испытатели должны иметь нормальную или скорректированную до нормальной остроту зрения при проектном расстоянии наблюдения; не должно быть каких-либо очевидных физических или физиологических факторов, которые могли бы повлиять на выполнение задачи поиска или на воспринимаемое качество изображения.

В.3 ВДТ

В качестве испытуемого ВДТ используют серийное изделие или изделие, выпускаемое в период подготовки производства, обладающее всеми свойствами окончательного изделия. Это изделие должно иметь все антибликовые и отражательные фильтры, а экран должен быть обработан так же, как и у окончательного

изделия. Образцовый ВДТ должен быть представлен или отобран поставщиком испытуемого ВДТ и должен удовлетворять всем требованиям раздела 5 настоящего стандарта.

Для идентификации ВДТ могут быть маркированы (например «ВДТ 1» или «ВДТ 2»). Испытатели не должны быть информированы о том, какой ВДТ является испытуемым, а какой образцовым, так что половина испытателей должна испытывать ВДТ с маркировкой «ВДТ 1», а вторая половина — с маркировкой «ВДТ 2».

В.4 Требования к рабочему месту и окружающей среде

В.4.1 Общие требования

Испытание проводят в помещении, где отсутствуют какие-либо внешние воздействия, способные повлиять на результат испытаний. Условия окружающей среды — по ИСО 9241-6 [41]. Условия испытаний должны быть комфортными, не должны значительно изменяться в течение цикла работы испытателя и различаться между циклами.

В.4.2 Окружающая среда

Температурный режим, уровень фонового шума, освещенность и отражательная способность рабочих поверхностей должны удовлетворять требованиям ИСО 9241-5 [2] и ИСО 9241-6 [41]. Внешнее освещение должно быть спроектировано так, чтобы минимизировать блики и зеркальные отражения (ИСО 9241-7 [3]). Освещенность должна поддерживаться постоянной в течение испытаний для всех испытателей.

Испытатели должны быть адаптированы к свету, для этого они должны находиться в помещении для испытаний в течение 10 мин перед началом испытаний.

Примечание — Это время может быть использовано руководителем испытания для инструктирования каждого испытателя.

В.4.3 Рабочее место для испытания

Дисплей и сопутствующее оборудование (например клавиатура) должны быть установлены на рабочую поверхность, удовлетворяющую требованиям ИСО 9241-5 [2].

Как для образцового, так и для испытуемого ВДТ устанавливают расстояние наблюдения, соответствующее проектному. Это расстояние должно быть ограничено опорой для лба и подбородка, высоту которой регулируют. При испытаниях высоту опоры регулируют индивидуально так, чтобы положение глаз испытателя относительно ВДТ (как испытуемого, так и образцового) было одинаковым для всех испытателей. Положение глаз испытателей должно соответствовать требованиям к углу линии визирования согласно 5.2 настоящего стандарта.

Установки яркости и контраста образцового ВДТ должны быть указаны изготовителем, который представляет ВДТ. При этих установках ВДТ должен удовлетворять требованиям раздела 5 настоящего стандарта.

Примечание — Методика измерения яркости и контраста также приведена в разделе 6.2 настоящего стандарта.

Согласно пожеланиям изготовителя установки яркости и контраста испытуемого ВДТ должны быть:

а) установлены в соответствии с указаниями изготовителя

или

б) установлены испытателями в соответствии с оптимальными для них значениями.

Обоим дисплеям необходимо дать прогреться, как минимум, в течение 20 мин до начала испытания.

Сиденье для испытателей должно удовлетворять требованиям ИСО 9241-5 [2].

В.5 Методы

В.5.1 Тест-объект

В качестве тест-объекта используют псевдотексты, формируемые из знаков графического 8-битового однобайтового набора знаков, в соответствии с ИСО/МЭК 8859 [33], в котором представлены наборы знаков, используемых в различных языках. Если система не может отобразить текст, используя алфавит, знакомый пользователю, то текст следует отображать посредством знаков (например азиатских знаков), кодированных двумя байтами. В этом случае используемый язык должен быть указан в протоколе соответствия. В каждом испытании используют выбранную группу знаков (например «A», . . . «Z», «a», . . . «z» и «0», . . . «9»). Одну и ту же группу используют для обоих дисплеев.

Псевдотекст должен формироваться из набора знаков в соответствии со следующими ограничениями:

- псевдотексты должны состоять из блоков случайных групп знаков, разделенных пробелами;
- тексты как для испытуемого, так и для образцового ВДТ должны состоять из одного и того же числа строк и одного и того же числа знаков в строке (включая пробелы);
- число знаков в строке следует выбирать так, чтобы длина строки (в сантиметрах) была меньше 25-кратного расстояния между строками (т. е. высоты рабочей области экрана, деленной на максимальное число строк). При этом строка должна содержать, по крайней мере, 30 знаков (включая пробелы). Общее число знаков в псевдотексте должно быть от 400 до 600, включая пробелы. Размеры блоков псевдотекста (см. В.5.2) должны быть такими, чтобы при одновременном отображении пяти блоков (по одному в каждом углу и один в центре экрана) они минимально накладывались друг на друга, при этом максимально заполняя рабочую область экрана;
- конкретному испытателю предлагают отмечать обнаружение искомых знаков в тест-объекте (например, одному испытателю предлагают искать буквы «A», а второму испытателю — буквы «R», . . . и т. д.);
- число искомых знаков должно составлять от 2 % до 3 % общего числа знаков в тексте, включая пробелы;
- положение искомых знаков должно быть случайным, причем строка не должна начинаться либо заканчиваться искомым знаком;

- тексты должны содержать постоянное число пробелов. Доля пробелов (т. е. число пробелов по отношению к общему числу знаков, включая пробелы) должна составлять 15 %. Несмотря на то что средняя длина слова в разных языках различна, распределение длины групп знаков в псевдотексте с 15 %-ной долей пробелов соответствует обычным текстам.

Положение пробелов должно быть выбранным случайно со следующими ограничениями:

а) строка не должна начинаться или заканчиваться пробелом (все пробелы являются внутренними);

б) знак пробела не должен примыкать к другому знаку пробела (группы знаков разделены одиночными пробелами);

в) минимальная длина группы знаков должна быть равной двум знакам.

В.5.2 Порядок проведения испытаний

Отображают псевдотекст как блок знаков в одном из пяти положений на экране. Испытатель должен просматривать текст и отмечать присутствие искомого знака.

Располагают блоки псевдотекста в верхнем левом, верхнем правом, нижнем левом, нижнем правом углах и в центре экрана. Располагают центральный блок так, чтобы центральный знак блока находился приблизительно в центре активной области экрана. Размещают текст в каждом из четырех углов так, чтобы он примыкал к краям экрана в его углах.

Сообщают испытателям, что целью испытания является оценка качества изображения на ВДТ. Если в целях проведения испытаний изготовитель решил, что яркость и контраст могут регулироваться испытателями, то предоставляют им возможность настроить испытуемый ВДТ по своему усмотрению. Устанавливают яркость и контраст образцового ВДТ в соответствии с инструкциями изготовителя. Образцовый ВДТ не должен настраиваться испытателем.

Изготовители должны знать, что предоставление испытателю возможности регулирования настроек может указать на испытуемый ВДТ и тем самым повлиять на результат испытаний. Это можно предотвратить, если попросить испытателя настроить дисплей до испытания и затем проводить испытания дисплея со скрытыми от глаз пользователя органами управления дисплеем.

Предъявляют пять блоков псевдотекста в пяти местах экрана в произвольном порядке. Дают указания испытателю просматривать псевдотекст от верхней до нижней строки и отмечать каждое обнаружение искомого знака. Чтобы решить проблему первоначального обучения, проводят тренировку испытателей перед основным испытанием, предоставив им возможность выполнить конкретную задачу, по крайней мере, с 10 псевдотекстами (т. е. провести 10 испытаний). Окончание обучения контролируют компенсирующим порядком расположения стимулов в рамках основного эксперимента. Во время этой тренировки псевдотексты должны располагаться в любом из пяти возможных положений на экране. Тренировка должна проводиться как на испытуемом, так и на образцовом ВДТ.

Продолжают обучение до тех пор, пока выполнение задачи испытателем не станет безошибочным на любом одном блоке псевдотекста. Данные, полученные в процессе обучения, для оценки качества ВДТ не используют.

При проведении испытаний измеряют время, необходимое испытателю для идентификации присутствия искомого знака в каждом блоке псевдотекста и определяют число ошибок, сделанных испытателем (см. В.6). Предоставляют испытателю перерыв на отдых продолжительностью до 1 мин между испытаниями, но не менее 10 с.

Инструктируют испытателей давать ответ, нажимая на конкретные клавиши или кнопки для того, чтобы: «начать испытание», «считать обнаруженные искомые знаки», «закончить испытание».

Для этой цели допускается использовать клавиатуру или любое другое подходящее устройство ввода. При работе с клавиатурой клавишу «ENTER» следует использовать для фиксирования момента начала и окончания испытания, а клавишу «пробел» — для регистрации обнаруженных искомых знаков.

Регистрируют временной интервал между началом и концом испытания в качестве времени поиска для этого испытания.

Инструктируют испытателей работать настолько быстро, насколько возможно, и, по возможности, минимизировать ошибки.

Половине испытателей должен быть предоставлен вначале образцовый ВДТ, а другой половине вначале — испытуемый ВДТ.

После выполнения задачи зрительного поиска просят испытателей оценить ВДТ по девятибалльной шкале, где 1 означает «плохое», 9 — «превосходное» визуальное качество. После окончания испытаний испытуемого или образцового ВДТ предлагают испытателям оценить воспринимаемое качество ВДТ в части зрительного комфорта. Используемая шкала приведена ниже.

Испытателям дают следующие письменные инструкции, разъясняющие, как следует отвечать:

«Мы хотим, чтобы Вы указали, как оцениваете ВДТ, с которым только что работали, в части зрительного комфорта. Обведите кружком число, соответствующее вашей оценке»:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Плохой			Средний			Превосходный	

Примечание — Пример набора инструкций для испытателей приведен в В.5.4.

В.5.3 Условия проведения испытания

При проведении испытаний соблюдают следующие условия:

- характеристики ВДТ (размер знака, разрешение, угол линии визирования, шрифты и т. д.) испытуемого и образцового ВДТ должны быть указаны изготовителем, представляющим ВДТ, и приведены в заключении о соответствии;

- на испытуемом и на образцовом ВДТ должен использоваться один и тот же шрифт. Шрифт должен иметь фиксированную ширину, соответствующую требованиям, определенным для размера, формы знаков и интервалов между знаками в 5.4—5.6, 5.8—5.11;

- для каждого испытателя в ходе всего эксперимента должен использоваться фиксированный искомый знак;

- искомый знак не должен иметь написание, сходное с другими используемыми знаками (например, не используют O, 0 или Q). Настоящий метод не предназначен для оценки дизайна шрифта;

- число предъявлений искомого знака должно быть различным для разных псевдотекстов;

- общее число искомых знаков по всем испытаниям должно быть одинаковым для каждого из дисплеев. Испытатели не должны знать это число;

- число различных псевдотекстов для каждого испытателя должно быть большим, чтобы исключить эффект запоминания. Приемлемым является число 20 (или меньшее, если число испытаний, приходящихся на одного испытателя, меньше);

- псевдотексты должны предъявляться в сбалансированном виде при всех условиях работы дисплеев и (или) испытателей;

- испытателям следует просматривать текст строку за строкой, каждую строку слева направо или справа налево согласно направлению чтения, которое применяется на их родном языке;

- начало времени поиска должно фиксироваться сразу же после появления псевдотекста на ВДТ. Время поиска должно заканчиваться, когда испытатель сообщает о завершении просмотра страницы псевдотекста;

- испытатели должны нажимать кнопку (или клавишу на клавиатуре) при каждом обнаружении искомого знака. Число обнаруженных искомых знаков должно быть зарегистрировано как критерий сосредоточенности испытателя. Результаты работы не должны учитываться при статистической обработке, если зарегистрированное число искомых знаков отличается более чем на 10 % от фактического числа искомых знаков в блоке;

- испытатели должны использовать другую кнопку (или клавишу) для регистрации времени начала или окончания испытания.

В.5.4 Инструкции испытателям

Инструкции испытателям являются типовыми и могут быть модифицированы для конкретных условий испытаний, например эти инструкции предполагают, что ввод с клавиатуры используется в стране, в которой направление чтения на родном языке слева направо. Инструкции изменяют при использовании неклавиатурного устройства ввода либо другого направления чтения.

Инструкции представляют испытателю в письменном виде. Пример письменной инструкции:

«Спасибо за участие в этом испытании. Цель испытания состоит в том, чтобы оценить разборчивость знаков. Пожалуйста, помните, что мы испытываем дисплеи, а не Вас!

Вам будет представлена последовательность псевдотекстов, пример которых приведен ниже. Ваша задача состоит в том, чтобы найти каждую прописную букву «А». Вы должны читать текст от верхнего левого знака до нижнего правого так, как будто Вы читаете страницу обычного текста. Если Вы готовы начать испытание, нажмите клавишу «ENTER» на клавиатуре. Начните поиск сразу же после того, как псевдотекст появится в одном из пяти мест на ВДТ (в верхнем левом, верхнем правом, левом нижнем, правом нижнем углах или в центре). Всякий раз, когда Вы видите прописную букву «А», нажимайте клавишу «пробел» на клавиатуре. После того, как Вы закончите чтение всего текста, снова нажмите клавишу «ENTER». Пожалуйста, работайте с псевдотекстами насколько возможно быстро и точно. Число искомых знаков в каждом псевдотексте меняется, поэтому обратите особое внимание на тщательность чтения, поиска и быстрое и точное, насколько возможно, указание присутствия искомой буквы в каждом псевдотексте. Если у Вас есть какие-либо вопросы, пожалуйста, обратитесь к руководителю испытаний».

WhwNdzo zlfpVY 1CCAe kDw he t3
TkW3rm8U ya BpE 02B L8Y A5 She
PQtb 90DViRCDG 1H pSM yEqZz 6F
JyA3 sATQesa ANUU VLH Oulp2JBE
VbR 11Y5rVr SA9mr DmPETLV 2u02
7phnFd2oyT 83ee zKo8h KyiTJgAL
VXMu 6Kugm 3ElkxsOWhCK1FTMA T6
LuGF5 ad HsicT HOjkHv ssAq U8Q
8dW rmrtfGqh HCsnGdYIMQEITS fo
O1 XVw6 2VogMFo6 PH uJD3c DXj8
YW 5LN 6Bv0 fGPhdZ Cn x9gUiaH3
FySFoauaxj UeK bKQz 2uZa MmnCN
4t HT30FuMUSo piqluUh8tdRbK1Tn
Ez 33Q 6w fvVR 7B gyz Ns5 5Ami
7T5k 6bc2 ZH1 fJmDO GwJ9 ECKYm
Xob3m t9 SU ZR el 31Fg 1wc j4w
NToPDF RCUb nyMHs rMI0oizFL8dx
A2Z sD AK5R1 Q8jiI wBeeA L2Rz0

В.6 Связанные характеристики

В.6.1 Общие положения

Для каждого испытателя по результатам испытаний должны быть зарегистрированы две связанные характеристики. Данные учебных испытаний при анализе не используют.

Связанными характеристиками должны быть:

а) средняя скорость поиска в испытаниях, значение ошибки обнаружения искомых знаков в которых менее 10 %;

б) субъективные оценки зрительного комфорта.

Значение ошибки E определяют по формуле

$$E = \frac{|\ T_0 - T_c\ |}{T_0} \cdot 100\ \%,$$

где T_0 — общее число искомых знаков в странице псевдотекста, предъявленного испытателю;

T_c — общее число искомых знаков, обнаруженных испытателем.

Из статистической обработки должны быть исключены результаты измерений, в которых число пропущенных или излишне сосчитанных искомых знаков слишком велико (один пропущенный или излишне сосчитанный искомый знак допускается в тексте с 10 искомыми знаками).

В.6.2 Средняя скорость поиска

По временам поиска знака T_i, зафиксированным в зачтенных испытаниях ($E < 10$ %), критерий качества работы испытателя (среднюю скорость поиска знака v_s) рассчитывают по формуле

$$v_s = n_t \,.\, n_c \left[\sum_{i=1}^{n_t} T_i \right]^{-1},$$

где n_t — число учтенных испытаний для конкретного испытателя;

n_c — общее число знаков в псевдотексте (включая интервалы между знаками).

Примечание — Значения v_s для испытуемого и образцового ВДТ могут быть проанализированы с применением последовательной тестовой процедуры поочередно для всех испытателей (см. В.7).

В.6.3 Субъективные оценки

Каждый испытатель должен дать субъективную оценку зрительного комфорта для испытуемого и образцового ВДТ по девятибалльной шкале.

Примечание — Эти оценки могут быть проанализированы с применением последовательной тестовой процедуры поочередно для всех испытателей (см. В.7).

В.7 Статистическая обработка результатов

В.7.1 Общие положения

Рекомендуется использование последовательного анализа для проведения испытания соответствия, так как это может сократить число испытателей, требуемых для подтверждения статистически достоверной нулевой гипотезы.

Примечания

1 Главная особенность последовательного анализа состоит в том, что объем выборки не определен заранее, поэтому правильность нулевой гипотезы проверяют после того, как собран каждый набор результатов.

2 Другие статистические процедуры и анализ могут быть применены, если они имеют сопоставимую достоверность.

Если процедуру приведенного ниже последовательного анализа не используют, то тестовый и статистический анализ должны гарантировать, что ошибка типа 2 меньше или равна 0,05 для стандартного отклонения D, равного 0,5, и что критерий α (риск изготовителя) равен 0,05 (см. таблицу В.1).

Статистическая обработка результатов включает сравнение зависимых критериев для испытуемого и образцового ВДТ. Так как никакие статистические испытания не могут доказать, что два изделия одинаковы, результаты испытания используют, чтобы решить, является ли выполнение задачи на испытуемом ВДТ значительно худшим, чем на образцовом. Если испытуемый ВДТ незначительно хуже, чем образцовый, то он считается соответствующим настоящему стандарту.

Нулевая гипотеза H_0 состоит в том, что баллы испытуемого ВДТ равны или выше, чем баллы образцового. Альтернативная гипотеза H_1 состоит в том, что баллы испытуемого ВДТ значительно ниже, чем баллы образцового.

В.7.2 Общая теория

Решения на основе статистических испытаний могут привести к двум видам ошибок. Первый тип ошибки (тип 1) происходит, когда нулевая гипотеза ошибочно отклонена; второй тип ошибки (тип 2) происходит, когда

нулевая гипотеза ошибочно не отклонена. Эти два риска обычно обозначают как риск изготовителя α и риск пользователя β (см. таблицу В.1).

Таблица В.1 — Варианты решения, которое может быть принято на основе статистического испытания

Испытуемый ВДТ	Вариант решения после испытания	
	Испытуемый ВДТ принят	Испытуемый ВДТ отклонен
По крайней мере столь же хороший, как образцовый	Правильное решение	Ошибка типа 1: риск изготовителя α
Хуже, чем образцовый	Ошибка типа 2: риск пользователя β	Правильное решение

В непоследовательном испытании объем выборки в эксперименте N должен быть вычислен заранее по формуле

$$N = \frac{2\,(\mu_\alpha + \mu_\beta)^2}{D^2},$$

где μ_α, μ_β — нормальные отклонения (z-множества), относящиеся к α и β соответственно;

D — квадратическое отклонение.

Например, если значения α и β установлены равными 0,05 и мы хотим обнаружить различие между дисплеями при $D = 0{,}5$, то

$$N = \frac{2\,(1{,}65 + 1{,}65)^2}{0{,}5^2} = 87{,}12,$$

результат округляем до 87, следовательно, по крайней мере, 87 испытателей должны принимать участие в испытаниях.

В.7.3 Статистическое испытание

Для того, чтобы сравнить средние скорости поиска и оценки зрительного комфорта для испытуемого и образцового ВДТ, используют U-тест Барнарда. В таблицах В.2—В.4 приведены описание U-теста Барнарда и пример последовательного испытания.

Таблица В.2 — Описание U-теста Барнарда

Шаг	U-тест Барнарда	
1	(i) Регистрируют α-риск утверждения о существенном различии, когда ВДТ равноценны, и β-риск утверждения об отсутствии существенного различия, когда ВДТ на самом деле различны; оба значения принимают равными 0,05. (ii) Регистрируют D-разность отклонения между значениями, которые необходимо обнаружить в единицах стандартного отклонения, должна быть 0,5	α, β D
2	Для каждого испытателя вычисляют для образцового ВДТ значение x_0 и для испытуемого ВДТ значение x_1	x_0, x_1
3	Вычисляют разность баллов	$x_0 - x_1$
4	Вычисляют сумму разностей баллов всех испытателей F	$F = \Sigma\,(x_0 - x_1)$
5	Вычисляют сумму квадратов разностей баллов S	$S = \Sigma\,(x_0 - x_1)^2$
6	Вычисляют U статистический	$U = \frac{F}{\sqrt{S}}$
7	U статистический далее сравнивают с граничными значениями U_0 и U_1 согласно соответствующим значениям α, β и D (см. В.10). Если $U < U_0$, тогда нулевая гипотеза не отклонена и испытуемый ВДТ принимают. Если $U > U_1$, тогда нулевая гипотеза отклонена в пользу альтернативной гипотезы и испытуемый ВДТ не проходит испытание. Если $U_0 \le U \le U_1$, решение не может быть принято и испытание следует продолжить	—

Например, обозначают средние скорости поиска (число знаков в секунду) как x_1 и x_0 для испытуемого и образцового ВДТ соответственно.

Таблица В.3 — Пример последовательного испытания, использующего *U*-тест Барнарда

N	x_1	x_0	x_0-x_1	*F*	*S*	*U*	$U_0^{*)}$	$U_1^{*)}$
1	9,78	7,92	—1,87	—1,87	3,50	—1,000		
2	17,19	14,48	—2,70	—4,57	10,8	—1,391		
3	38,32	39,39	1,08	—3,49	12,0	—1,007		
4	16,08	14,20	—1,88	—5,37	15,5	—1,364		
5	13,56	12,17	—1,39	—6,76	17,4	—1,621		
6	19,57	11,45	—8,12	—14,88	83,4	—1,629	—2,070	
7	6,26	6,38	0,12	—14,76	83,4	—1,616	—1,790	
8	8,20	7,06	—1,14	—15,90	84,7	—1,728	—1,510	2,560
9	24,16	22,23	—1,93	—17,83	88,4	—1,896	—1,330	2,510
10	10,35	7,90	—2,45	—20,28	94,4	—2,087	—1,150	2,460
11	13,83	10,37	—3,46	—23,74	106	—2,306	—1,034	2,436
12	12,21	6,97	—5,24	—28,98	134	—2,503	—0,918	2,412

N — число испытателей (другие символы по таблице В.2).
*)Критические значения по таблице В.4.

После увеличения числа испытателей, когда *U* становится меньше U_0, нулевую гипотезу принимают, то есть скорость поиска для испытуемого ВДТ лишь немного меньше, чем для образцового, испытуемый ВДТ считают прошедшим эту часть испытания.

В.8 Соответствие

Соответствие считают достигнутым, когда выполнены оба условия:

а) скорость поиска для испытуемого ВДТ лишь немного меньше, чем для образцового;

б) воспринимаемое качество испытуемого ВДТ лишь немного хуже, чем качество образцового ВДТ.

В.9 Критические значения для *U*-теста Барнарда

В таблице В.4 приведены критические значения *U*-теста Барнарда для $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,05$ и $D = 0,5$. Эти значения интерполированы с использованием линейной регрессии по таблице L.3 [29]. Граничные значения, приведенные в таблице В.4 в квадратных скобках, включены в таблицу, чтобы помочь в определении границ критических значений, и не должны использоваться в принятии решения.

Таблица В.4 — Критические значения *U*-теста Барнарда

Число участников	U_0	U_1	Число участников	U_0	U_1
2	[—6,96]		13	—0,802	2,388
3	[—5,045]		14	—0,686	2,364
4	[—3,13]	[3,01]	15	—0,57	2,34
5	[—2,6]	[2,87]	16	—0,498	2,334
6	—2,07	[2,73]	17	—0,426	2,328
7	—1,79	[2,645]	18	—0,354	2,322
8	—1,51	2,56	19	—0,282	2,316
9	—1,33	2,51	20	—0,21	2,31
10	—1,15	2,46	21	—0,154	2,308
11	—1,034	2,436	22	—0,098	2,306
12	—0,918	2,412	23	—0,042	2,304

Окончание таблицы В.4

Число участников	U_0	U_1	Число участников	U_0	U_1
24	0,014	2,302	56	1,064	2,544
25	0,07	2,3	57	1,088	2,553
26	0,114	2,304	58	1,112	2,562
27	0,158	2,308	59	1,136	2,571
28	0,202	2,312	60	1,16	2,58
29	0,246	2,316	61	1,18	2,59
30	0,29	2,32	62	1,2	2,60
31	0,328	2,328	63	1,22	2,61
32	0,366	2,336	64	1,24	2,62
33	0,404	2,344	65	1,26	2,63
34	0,442	2,352	66	1,28	2,64
35	0,48	2,36	67	1,3	2,65
36	0,514	2,368	68	1,32	2,66
37	0,548	2,376	69	1,34	2,67
38	0,582	2,384	70	1,36	2,68
39	0,616	2,392	71	1,378	2,69
40	0,65	2,4	72	1,396	2,70
41	0,678	2,408	73	1,414	2,71
42	0,706	2,416	74	1,432	2,72
43	0,734	2,424	75	1,45	2,73
44	0,762	2,432	76	1,468	2,74
45	0,79	2,44	77	1,486	2,75
46	0,816	2,45	78	1,504	2,76
47	0,842	2,46	79	1,522	2,77
48	0,868	2,47	80	1,54	2,78
49	0,894	2,48	81	1,557	2,79
50	0,92	2,49	82	1,574	2,80
51	0,944	2,499	83	1,591	2,81
52	0,968	2,508	84	1,608	2,82
53	0,992	2,517	85	1,625	2,83
54	1,016	2,526	86	1,642	2,84
55	1,04	2,535	87	1,659	2,85

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Библиография

[1] ISO 6385:1981 Ergonomic principles in the design of work systems
[2] ISO 9241-5:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 5: Workstation layout and postural requirements
[3] ISO 9241—7:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 7: Requirements for display with reflections
[4] ISO 9241—8:1997 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 8: Requirements for displayed colours
[5] CIE Publication № 69:1987 Methods of characterising Luminance Meters and illuminance Meters
[6] Crawford B.H. The dependence of pupil size upon external light stimuli under static and variable conditions. Proceedings of the Royal Society (London). B 121:373 (1936)
[7] DeLange H.Dzn. Eye's response at flicker fusion to square-wave modulation of a test field surrounded by a large steady field of equal mean luminance. Journal of the Society of America, 51 (4): pp. 415-421 (1961)
[8] Eriksson S. and Baeckstroem L. Temporal and spatial stability in visual displays. In: Selected papers presented at the Conference on Work With Display Units (Knave B. and Widebeck P.G., eds.). North Holland: 1987, pp 461-473
[9] Farrell J.E. An analytical method for predicting perceived flicker. Behaviour and Information Technology, 5(4): pp. 349-358 (1986)
[10] Farrell J.E. Objective methods for evaluating screen flicker. In: Selected papers presented at the Conference on Work With Display Units. (Knave B. and Widebeck P.G., eds.) North Holland: 1987, pp. 449-460
[11] Farrell J.E., Benson B.L. and Haynie C.R. Predicting flicker thresholds for Video Display Terminals. Proceedings of the Society for Information Display, 28 (4): pp. 449-453 (1987)
[12] Farrell J.E., Casson E.J., Haynie C.R. and Benson B.L. Designing flicker-free video display terminals. Displays, (July): pp.115-122 (1988)
[13] Kelly D.H. Visual response to time-dependent stimuli, I. Amplitude sensitivity measurements. Journal of the Optical Society of America, 49 (4): pp. 422-429 (1961)
[14] Kelly D.H. Visual response to time-dependent stimuli, III. Individual variations. Journal of the Optical Society of America, 52 (1): pp. 89-95 (1962)
[15] Kelly D.H. Sine waves and flicker fusion. In: Flicker. (Henkes H.E. and Van der Tweel L.H., eds.). The Hague: Junk, 1964, pp. 16-35
[16] Kelly D.H. Diffusion model of linear flicker responses. Journal of the Optical Society of America, 59 (12): pp. 1665-1670 (1969)
[17] Kelly D.H. Theory of flicker and transient responses, I. Uniform fields. Journal of the Optical Society of America, 61 (4): pp. 537-546 (1974)
[18] Kelly D.H. Spatio-temporal frequency characteristics of color-vision mechanisms. Journal of the Optical Society of America, 64: pp. 983-990 (1974)
[19] Oppenheim A.V. and Willsky A.S. Signals and Systems. Englewood Cliffs New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1983
[20] Rogowitz B.E. Measuring perceived flicker visual displays. In: Ergonomics and Heals in Modern Offices. (Grandjean, E., ed.). London: Taylor and Francis, 1984, pp. 285-293.
[21] CIE Publication № 15.2:1986. Colorimetry
[22] CIE Publication № 17.4:1986. International Lighting Vocabulary
[23] American Psychological Association (1990). Ethical principles of psychologists. American Psychologist, 45, pp. 390—395
[24] Barnard G.A. Sequential tests in industrial statistics. Journal of the Royal Statistical Society B, 8, pp. 1-21 (1946)
[25] Boschman M.C. and Roufs J.A.J. Text quality metrics for visual display units: II. An experimental survey. Displays, 18, pp. 45-64 (1997)
[26] Brigham F.R. Statistical methods for testing the conformance of products to user performance standards. Behaviour and Information Technology, 8, pp.279—283 (1989)
[27] British Psychological Society (1991). Code of Conduct, Ethical Principles and Guidelines. Leicester: British Psychological Society
[28] ISO 8317:1989 Child-resistant packaging — Requirements and testing procedures for reclosable paskages
[29] Davies O.L. The Design and Analysis of Industrial Experiments. London: Oliver and Boyd (1954)
[30] Gadeke R. and De Felice W. Childproof packaging. Drugs Made in Germany, 21, pp. 3-17 (1978)
[31] Hays W.L. Statistics. New York: Holt, Rinehart and Winston (1963)
[32] ISO/IEC 4873:1991 Information technology — ISO 8-bit code for information interchange — Structure and rules for implementation
[33] ISO/IEC 8859 Information technology — 8-bit single-byte coded graphic character sets

[34] ISO 9241-6:1999 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 6: Guidance on the work environment
[35] Roufs J.A.J. & Boschman M.C. Text quality metrics for visual display units: I. Methodological aspects. Displays, 18, pp. 37-43 (1997)
[36] Statistical Research Group Columbia University. Sequential Analysis of Statistical Data: Applications. New York: Columbia University Press (1945)
[37] Travis D.S. & Stewart T.F.M. Statistical methods for testing the visual quality of displays, Displays, 18, pp. 29-36 (1997)
[38] Wald A. Sequential Analysis. New York: John Wiley and Sons, Inc. (1947)
[39] Wald A. & Wolfowitz J. Sampling inspection plans for continuous production which ensure a prescribed limit on the outgoing quality. Annals of Mathematical Statistics, 16, pp. 30-49 (1945)
[40] Wald A. & Wolfowitz J. Optimum character of the sequential probability ratio test. Annals of Mathematical Statistics, 19, pp. 326-339 (1948)

УДК 658.382:006.354 ОКС 13.180 Э65 ОКСТУ 4032

Ключевые слова: видеодисплейные терминалы, эргономические параметры, угол наблюдения, яркость изображения, освещенность, линейность

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 02.06.2003. Подписано в печать 30.06.2003. Усл. печ.л. 4,65. Уч.-изд.л. 3,65.
Тираж 400 экз. С 11032. Зак. 545.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
gost.e-ecolog.ru e-mail: gost.e-ecolog.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru