

**Международное бюро труда Женева**

# **ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ**

## **ДИСПЛЕИ: РУКОВОДСТВО ПО ЗАЩИТЕ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Подготовлено Международным Комитетом  
по неионизирующей радиации Международной Ассоциации  
по радиационной защите в сотрудничестве  
с Международной Организацией Труда



Публикации Международной Организации Труда обладают авторским правом в соответствии с Протоколом 2 Всемирной Конвенции по авторским правам. Тем не менее, небольшие выдержки могут быть воспроизведены без специального разрешения, при условии, что источник будет указан. Для получения прав на воспроизводство и перевод должно быть сделано письменное обращение в Отдел Публикаций (Права и разрешения) Международной Организации Труда, CH-1211 Женева 22, Швейцария. Международная Организация Труда приветствует подобные обращения.

МОТ/Международная Ассоциация по радиационной защите  
/Международный Комитет по неионизирующему излучению  
Дисплеи: Руководство по защите от излучения  
Женева, Штаб-квартира МОТ, 1994  
(Серия "Охрана труда и здоровья", № 70)  
/Руководство/, /Излучение/, /Радиационная защита/, / Безопасность труда/,  
/Гигиена труда/, /Дисплеи/ 13.04.2  
ISBN 92-2-108262-8  
Каталог МОТ по публикациям

Используемые в публикациях МОТ названия, соответствующие практике ООН, а также представленные здесь материалы, ни в коем случае не подразумевают выражение Международной Организацией Труда какого-либо мнения, касающегося правового статуса какого-либо государства, отдельного региона или территории, их властей, или их установленных границ. Ответственность за мнения, выраженные в статьях, исследованиях и других материалах, полностью возлагается на их авторов, мнения, выраженные в этих публикациях, не являются официальным мнением Международной Организации Труда. Ссылки на названия фирм и торговых марок не подразумевают их официальной поддержки Международной Организацией Труда, также как и в случае, когда фирмы, торговые марки или процесс не упоминаются, не означает неодобрения со стороны МОТ.

Публикации МОТ могут быть получены через основных распространителей книжной продукции или через местные официальные представительства МОТ в различных странах, или непосредственно через Отдел публикаций МОТ в Женеве, Швейцария (International Labour Office, CH-1211 Geneva 22, Switzerland). Каталог или перечень новых публикаций будет выслан бесплатно с указанного выше адреса.

## Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	7
1. Круг вопросов и цели .....	11
2. Принципы устройства дисплеев .....	14
3. Типы, источники, способы измерения и уровни электромагнитных полей, излучаемых дисплеями .....	16
3.1. Ионизирующее (рентгеновское) излучение .....	18
3.2. Оптическое излучение.....	20
3.3. Радиочастотные поля .....	26
3.4. Поля низкой и крайне низкой частоты .....	29
3.5. Электростатические поля .....	34
3.6. Ультразвук .....	35
3.7. Выводы .....	37
4. Оценка воздействия и лабораторные исследования.....	39
4.1. Оптическое излучение (ультрафиолетовое, видимое излучение, или свет, инфракрасное излучение) .....	39
4.2. Радиочастотные поля.....	41
4.3. Поля низкой частоты .....	42
4.. Статические электрические поля и воздушные ионы.....	44
5. Исследования влияния на здоровье человека.....	46
5.1. Патологический исход беременности .....	47
5.2. Влияние на органы зрения .....	52
5.3. Воздействие на кожу .....	53
6. Организация профилактических мероприятий и надзора.....	55
6.1. Оценка риска .....	55
6.2. Контроль качества, техническое обслуживание и эксплуатационное тестирование .....	59
6.3. Надзор и профилактические мероприятия, направленные на улучшение условий труда и рабочей среды .....	63
Приложение 1 Предполагаемый радиационный риск, связанный с использованием дисплеев. Положение МАРЗ/МКНИР .....	67
Приложение 2 Вопросы и ответы.....	71

## Предисловие

Данное издание является одним из серии практических руководств по вопросам профессиональных опасностей, обусловленных неионизирующей радиацией (НИР), выпускаемое в сотрудничестве с Международным Комитетом по неионизирующей радиации (МКНИР)\* Международной Ассоциации по радиационной защите (МАРЗ), как составная часть Международной Программы МОТ по улучшению условий труда и окружающей среды.

Цель этой книги - предоставить информацию, основные справочные материалы и рекомендации относительно дисплеев с точки зрения потенциальной опасности генерируемого ими излучения. Издание предназначено для использования компетентными органами, работодателями и работниками, а также всеми, кто отвечает за профессиональную безопасность и здоровье. Рассматриваются следующие темы: характеристики, методы измерения и уровни различных видов излучения от дисплеев; оценка облучения и лабораторные исследования; влияние на здоровье и исследования влияния на человека, мероприятия по контролю и профилактике; надзор за качеством работы и порядком эксплуатации.

Рукопись подготовлена рабочей группой МАРЗ/МКНИР, возглавляемой проф. В. Knave. Состав группы: д-ра M. Repacholi, J. Stolwijk, M. Stuchly (МКНИР), а также д-р U. Bergqvist (Национальный Институт профессионального здоровья Швеции). Дальнейшие комментарии получены от членов МКНИР, дана подробная рецензия во время ежегодного съезда МАРЗ/МКНИР в Риме в мае 1991 г. при участии д-ра G.H. Соррее, представляющего Штаб-квартиру Международной Организации Труда.

Эта книга является результатом совместной работы МОТ, МАРЗ и МКНИР и опубликована МОТ от имени двух организаций. МОТ выражает благодарность Международному Комитету по неионизирующей радиации МАРЗ и особенно проф. В. Knave и его рабочей группе за их вклад и сотрудничество в подготовке этого практического руководства по вопросам радиационной защиты при работе с дисплеями.

---

\* В мае 1992 года МКНИР Международной Ассоциации по радиационной защите преобразован в независимую научную организацию, именуемую Международной Комиссией по защите от неионизирующей радиации (МКЗНИР), в обязанности которой входит защита от неионизирующей радиации, подобно тому, как защита от ионизирующей радиации входит в обязанности Международной Комиссии по радиологической защите (МКРЗ).

## Введение

Дисплеи стали одним из основных элементов современной производственной среды как устройство связи между оператором и компьютером. Дискуссия о возможном влиянии дисплеев на здоровье человека была сосредоточена на различных типах воздействия, таких как изменение зрения или зрительный дискомфорт, проблемы со скелетно-мышечной системой, вредное воздействие на репродуктивную функцию, заболевания кожи и стрессовые реакции.

Важность с точки зрения эргономики и организации труда таких проблем, как зрительный дискомфорт, стрессовые реакции, боли в области шеи или запястья, а также других нарушений скелетно-мышечной системы, диктуют необходимость профилактических и лечебных мероприятий. Подобные мероприятия должны рассматривать дисплеи, рабочее место, рабочую среду, определение круга рабочих обязанностей и организацию труда как самостоятельные объекты. Опубликовано большое число исследований, документов, рекомендаций, сообщений о принимаемых мерах, как на уровне отдельных государств, так и в международном масштабе\*.

Множество исследований было посвящено измерению электромагнитных полей от различных типов дисплеев. До недавнего времени для отображения информации в большинстве дисплеев использовались электронно-лучевые

---

\* Среди документов, опубликованных на международном уровне, необходимо упомянуть следующие:

ВОЗ: *Дисплейные терминалы и здоровье рабочих*, публикация ВОЗ № 99 (Женева, 1987). Этот документ содержит всесторонний обзор различных проблем со здоровьем, с которыми столкнулись работающие с дисплеями сотрудники. Обзор основан на данных 1986-87 годов.

ВОЗ: *Современный взгляд на дисплейные терминалы и здоровье рабочих*, ВОЗ/90.3 (Женева, 1990). Краткий обзор положений и рекомендаций документа 1987 года с новейшими дополнениями.

ЕЭС: Директива Совета о минимальных требованиях по безопасности и охране здоровья при работе с оборудованием, оснащённым дисплеями. *Официальный журнал Европейских Сообществ*, Л156/14, 1990 (Люксембург). В этом документе изложены минимальные требования членов Европейского Сообщества, действующие с 31 декабря 1992 года.

МОТ: *Работа с дисплеями*. Серия «Безопасность и гигиена труда», № 69 (Женева, 1989).

трубки (ЭЛТ). Новейшей альтернативой этому оборудованию являются дисплеи на жидких кристаллах, плазменные и электролюминесцентные дисплеи, обладающие целым рядом преимуществ: небольшой вес и более низкие электромагнитные поля. Их недостатком являются плохая зрительная эргономика (низкий контраст и малодоступный для использования угол зрения) и большое время перехода с одного режима работы в другой. Однако на протяжении последних лет экраны дисплеев на жидких кристаллах достигли в своём развитии более приемлемого уровня. В этом руководстве внимание сконцентрировано на вопросах, связанных с радиацией от дисплеев, основанных на действии ЭЛТ. Суть этих вопросов может быть представлена в следующем виде:

**Рентгеновское излучение:** оно образуется внутри ЭЛТ. Однако стекло, из которого изготовлена трубка, эффективно поглощает рентгеновское излучение. Таким образом, дисплей не является источником рентгеновского излучения.

**Ультрафиолетовое излучение (УФИ):** отдельные дисплеи могут быть источниками ультрафиолетового излучения с большой длиной волны. Однако в сравнении с современными общими и производственными стандартами МАРЗ/МКНИР уровень излучения незначителен, он также незначителен и при сравнении с излучением от других источников (например, солнечный свет из окна).

**Свет:** дисплеи испускают видимое излучение, необходимое для реализации их целевой функции как устройства отображения. Уровни яркости отображаемых символов подбираются в соответствии с ощущением комфорта у оператора.

**Инфракрасное излучение (ИК):** его испускают все тела. Поскольку все поверхности дисплея имеют комнатную температуру или немного выше, то инфракрасное излучение можно определить, хотя его уровень значительно ниже тех пределов, когда возможен какой-либо вред для здоровья.

**Низкочастотные электромагнитные поля:** в диапазоне радиочастот (очень низкие частоты) и в диапазоне полей крайне низкой частоты можно измерить электрические и магнитные поля. Основными источниками являются источники электрической энергии (с частотой 50-60 Гц) и горизонтальные и вертикальные системы строчной и кадровой развертки (с

частотами 15-35 кГц и 50-80 Гц соответственно). При сравнении с существующими общими и производственными нормативами МАРЗ/МКНИР эти поля не представляют собой никакого риска для здоровья. Эпидемиологическим исследованиям не удалось доказать связь между использованием дисплеев и различными проблемами со здоровьем, которые, как предполагалось, были обусловлены воздействием излучаемых ими полей. Попытки соотнести риск для здоровья с достоверно измеренными полями, создаваемыми дисплеями, также не принесли успеха.

**Электростатические поля, ионизация воздуха:** было высказано предположение, что электростатические поля на рабочих местах, оснащённых дисплеями, являются возможной причиной заболеваний кожи. Величины электростатических полей больше в зоне работы оператора по сравнению с рабочими местами других сотрудников офиса, чья работа не связана с использованием дисплея. Это в свою очередь может вызывать изменение степени ионизации воздуха. Однако никакой корреляции между электростатическими полями от дисплеев или ионизацией воздуха и заболеваниями кожи обнаружено не было.

**Ультразвук:** переносимое по воздуху ультразвуковое (акустическое) излучение возникает в ЭЛТ в результате механической вибрации в сердечнике строчного трансформатора (отвечает за горизонтальную развертку с частотой 15-35 кГц). Обнаруживаемый уровень звукового давления значительно ниже существующих общих и производственных предельно допустимых уровней облучения. Отдельные индивидуумы могут ощущать его или субгармонику в зоне более высокочастотного шума как раздражающий фактор.

Негативное воздействие на здоровье, которое, по предположениям, вызывалось влиянием электромагнитного излучения или полей, включало в себя отрицательное влияние на исход беременности, заболевания кожи и катаракту глаз. При сравнении частоты заболевания катарактой и отрицательного влияния на исход беременности у операторов, работающих с дисплеями, с контрольной группой, не удалось продемонстрировать превышение частоты заболеваемости в результате работы с дисплеями. В некоторых странах большое число операторов предъявляли жалобы на проблемы с кожей.

Данные о связи этих симптомов со специфическими факторами, обусловленными работой с дисплеями, неизвестны.

Основываясь на современных медицинских знаниях, можно сделать заключение, что не существует риска для здоровья, связанного с излучениями, генерируемыми дисплеями. Также не существует научного обоснования для оправданного использования защитных экранов или радиационного контроля либо проведения исследования зрения с целью обнаружить глазную патологию в результате излучения у операторов, работающих с дисплеями. Однако, поскольку очень большое число людей вовлечено в работу с дисплеями, очень важно приобрести дальнейшие знания в отдельных областях, где они недостаточны:

(а) необходимо предпринять дальнейшие исследования для выяснения возможной связи между симптомами кожных заболеваний и работой с дисплеями;

(б) возможность взаимодействия между низкочастотными магнитными полями и биологическими системами в целом требует дальнейшего исследования. Необходимо уделить внимание магнитным полям в различных ситуациях, не следует ограничиваться только ситуациями, связанными с работой дисплеев.

## **1. Круг вопросов и цели**

Выйдя из недр научных лабораторий, очень быстро дисплеи стали неотъемлемой и незаменимой частью привычной рабочей обстановки в жизни миллионов людей. По мере развития техники использование компьютеров с экранными выходными блоками, или дисплеями, расширяется с постоянно возрастающей скоростью. Повсеместно используются миллионы компьютеров, получая и обрабатывая информацию на экранах, подобных телевизионному, или мониторах.

Когда мы расцениваем революционные изменения в существующей, привычной нам практике работы, как спешно навязываемые в результате стремительного внедрения компьютерной технологии, то не стоит удивляться, почему возникло определённое беспокойство. Вначале в центре внимания оказались такие проблемы, как ослабление зрения и



осознаваемые или ожидаемые изменения в трудовой жизни людей. Позднее, к концу 1970-х годов, на поверхность вышло беспокойство, связанное с излучением, главным образом по причине использования телевизионной технологии в производстве дисплеев, а также споров, касающихся рентгеновского излучения от телевизионных экранов, упорно продолжающихся с 1950-х годов. Побуждаемые тревогой о влиянии на здоровье и возможном опасном воздействии излучения, операторы стали выражать беспокойство в средствах массовой информации и через профсоюзы. Тревога была вызвана сообщениями о случаях катаракты, самопроизвольных абортов, врожденной патологии, преждевременных родах, смерти новорожденных и кожных высыпаниях. В то же время, пристальное внимание было сосредоточено на других вопросах, не связанных с излучением: перенапряжение зрения и раздражение глаз, повторяющаяся травматизация рук вследствие перенапряжения, нечеткое зрение, боли в плечах и шее.

Среди операторов много женщин, часто детородного возраста, поэтому была выражена особая тревога в связи с возможным влиянием низкого уровня радиации или каких-либо других неизвестных факторов на течение беременности. Дискуссия была вызвана сообщениями из более чем 20 мест в разных точках мира, где заявлялось о необычно высокой частоте возникновения осложнений во время беременности среди операторов. Это явление получило название "кластер-эффект осложненной беременности".

В ответ на все эти тревоги и проблемы в некоторых странах были приняты руководящие директивы и законы, требующие проведения определенных мероприятий, таких как экранирование ЭМИ радиочастот, излучаемых дисплеями, предоставление во время беременности работы, не связанной с использованием дисплеев, проверка зрения, организованная работодателем, регулярные рабочие перерывы, гарантия качества изображения на экране, выполнение требований эргономики к рабочему месту. Необходимо признать, что многие из этих мероприятий были мотивированы целым рядом проблем, полностью подтвержденных документально, в основе которых лежат условия эргономики и организации труда.

Вопросы, обсуждаемые в этой книге, затрагивают все проблемы, так или иначе связанные с излучением радиации от дисплеев, а именно:

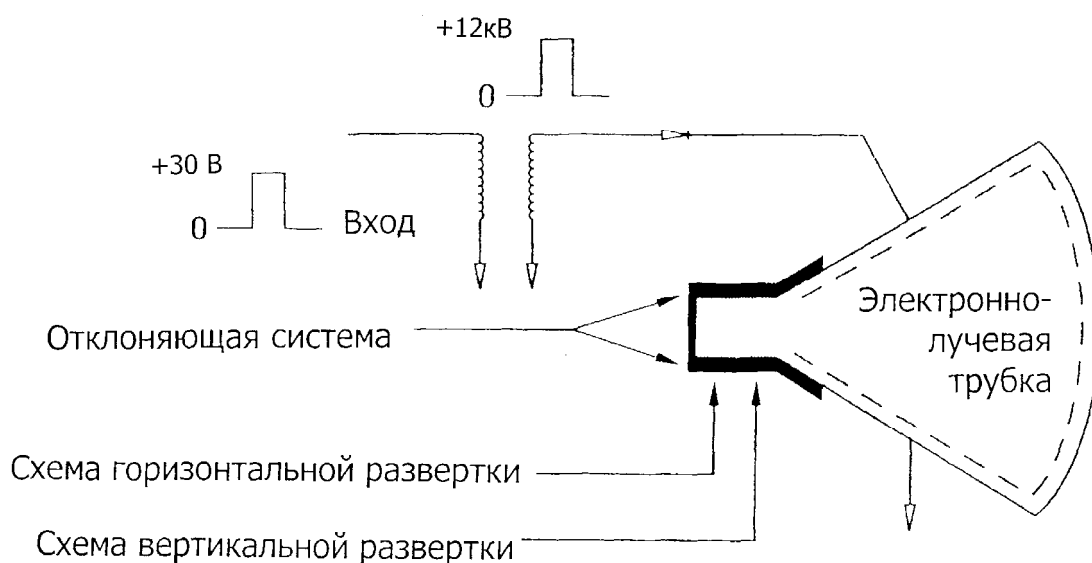
- Описание типов дисплеев, используемых на рабочем месте;
- Краткое описание излучений и полей, генерируемых дисплеями с ЭЛТ, где указывается источник, генерирующий эти излучения, даны характеристики длины волны или частоты, а также сила излучения;
- Обзор методик измерения, используемых для определения уровня облучения операторов;
- Сравнение генерируемых дисплеями полей и излучений и общепринятые международные стандарты, ограничивающие допустимое воздействие этих излучений на человека;
- Краткий обзор соответствующих исследований, проводимых на экспериментальных животных с целью определения биологического воздействия различных излучений;
- Подробности исследований, проводимых в различных группах рабочих, включая операторов ЭВМ;
- Оценка воздействия излучений от дисплеев с точки зрения риска для здоровья, включая научную основу для разработки предельно допустимых уровней облучения для человека;
- Подробности, касающиеся вопросов технической эксплуатации, её влияние на радиационное излучение и необходимость тестирования уровня радиационного излучения в течение периода нормальной эксплуатации;
- Информация о мероприятиях по надзору за рабочей средой и условиями труда, включая оценку необходимости наблюдения за здоровьем по месту работы для операторов ЭВМ;
- Положение о радиоактивном излучении и возможных последствиях для здоровья, выпущенное МАРЗ/МКНИР, которое включено как информационное приложение и может быть предоставлено для использования операторами ЭВМ;
- Наиболее распространённые вопросы и ответы, касающиеся проблем, обусловленных работой с дисплеями.

Задача этой книги – проанализировать данные обследований и измерений радиационного излучения от дисплеев, соотнести результаты этого анализа с существующими научными

данными о биологических эффектах и дать заключение относительно безопасности дисплеев с точки зрения радиационного излучения. Эта книга предназначена для использования компетентными властями, работодателями, а также работниками и их организациями, специалистами в области профессиональной безопасности, здравоохранения, операторами ЭВМ.

## 2. Принципы устройства дисплеев

Дисплей по существу является монитором телевизионного типа, который отображает информацию, полученную от вычислительной системы или текстового процессора, а не пришедшую с телевизионным сигналом. Вместе с клавиатурой дисплей образует блок взаимодействия между оператором и вычислительной системой. Дисплей может быть присоединён к центральной ЭВМ в качестве терминала или же может входить в состав физического объекта, вместе с вычислительной системой, как в случае персонального компьютера (ПК).



**Рис. 1. Главные составные части монитора в обычном дисплее**  
Источник: Tell, 1990

Как показано на рисунке 1, основной принцип работы большинства используемых дисплеев сходен с принципом работы телевизионных установок. Они состоят из большой стеклянной вакуумной колбы — электронно-лучевой трубки

(ЭЛТ), внутри которой находится источник электронов (катод) и люминофорный слой на внутренней стороне видимой поверхности экрана. Электроны, высвобождаемые на катоде, разгоняются при помощи высокого напряжения (обычно в пределах 10-25 кВ) в направлении второго электрода, который называется анодом, и попадают через отверстие в аноде на кристаллический люминофор. Когда движущиеся с большой скоростью электроны ударяются о люминофор, это вещество испускает видимый свет. Направление излучения, и, следовательно, точка попадания электронов на люминофор, контролируется магнитными полями, которые продуцируются отклоняющими катушками, установленными в задней части трубки. Таким образом пучок электронов отклоняется горизонтально и вертикально по видимой поверхности – вся поверхность обычно сканируется за период  $1/70$  секунды. Путём модуляции интенсивности пучка электронов в каждой позиции результирующая последовательность светлых и тёмных точек может быть преобразована в изображение. Электронные схемы, используемые для управления этими процессами, образуют как радиочастотные поля, так и электрические и магнитные поля более низких частот.

Не так давно вместо ЭЛТ в дисплеях стали использоваться полупроводниковые схемы в сочетании с жидкими кристаллами, газоплазмой или другими сходными технологиями, однако их применение всё ещё достаточно ограничено. Подобные дисплеи образуют более низкий уровень полей, чем устройства с ЭЛТ, поскольку в них не используется пучок электронов, а следовательно, нет необходимости в отклоняющей системе. Устройства без ЭЛТ в этом руководстве не обсуждаются.

### **3. Типы, источники, способы измерения и уровни электромагнитных полей, излучаемых дисплеями**

В состав излучений и полей, испускаемых дисплеями, входят оптические излучения: ультрафиолетовое излучение (УФИ), видимое излучение, или свет, а также инфракрасное излучение (ИК). Внутри ЭЛТ образуется мягкое рентгеновское излучение, однако стекло препятствует какому-либо выбросу рентгеновского излучения. Излучаемые электрические и

магнитные поля находятся в трех частотных диапазонах: радиочастотные поля от электронной схемы и при прохождении сигнала, поля очень низкой частоты (ОНЧ) от схемы катушки горизонтальной развертки и поля крайне низкой частоты (КНЧ) от основного источника питания, трансформаторов и катушек вертикальной развертки. Кроме этого, жесткие диски и система горизонтальной развертки и прежде всего трансформаторы некоторых дисплеев могут создавать звуковое и ультразвуковое излучения.

На рисунке 2 показан электромагнитный спектр с частотой и местоположением на спектре каждого вида излучения и полей с их типичным нанесением. Ультразвук является звуковым, а не электромагнитным излучением, поэтому он не входит в этот спектр.

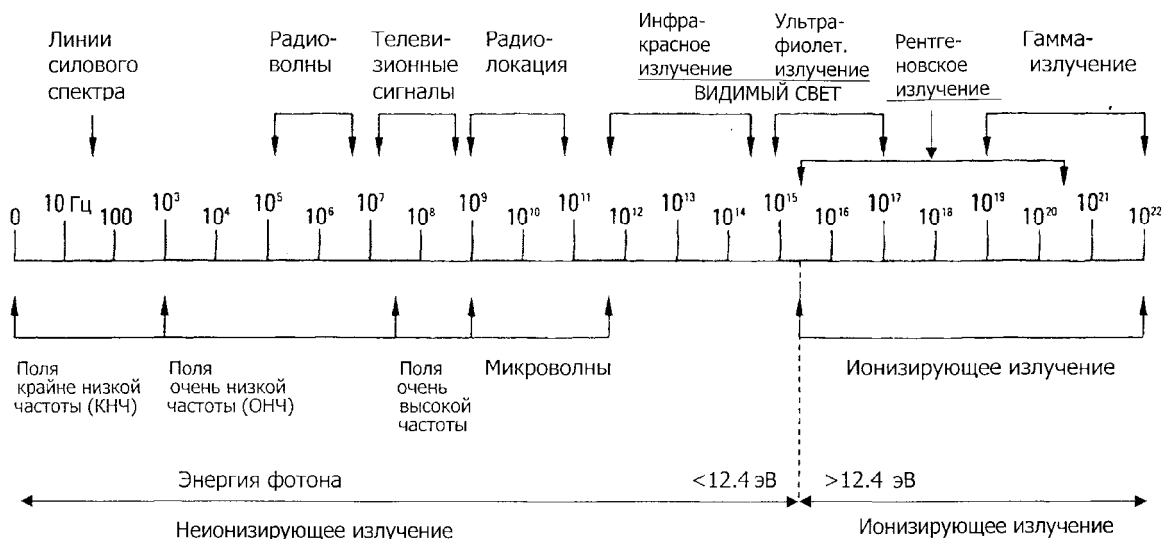


Рис. 2. Электромагнитный спектр излучений и полей

ВОЗ в сотрудничестве с МАРЗ опубликовала ряд нормативных документов по гигиене окружающей среды и касающихся непосредственно неионизирующего излучения. Эти документы включают обзор литературы о биологическом воздействии различных видов излучения и оценку потенциального риска для здоровья, создаваемого воздействием каждого из видов излучения. К неионизирующим излучениям относятся ультрафиолетовое излучение (ВОЗ, МАРЗ, 1979), ультразвук (ВОЗ, МАРЗ, 1982а), лазерное и оптическое

излучение (ВОЗ, МАРЗ, 1982б), электрические поля крайне низкой частоты (0-300 Гц) (ВОЗ, МАРЗ, 1984), магнитные поля (ВОЗ, МАРЗ, 1987) и электромагнитные поля (>300 [Гц-300] ГГц) (ВОЗ, МАРЗ, 1993). Европейская штаб-квартира ВОЗ также завершила детальный обзор научной литературы о биологических эффектах неионизирующего излучения (ВОЗ, 1989). Эти документы составляют основную базу данных для оценки излучений, генерируемых дисплеями, и в дальнейшем в соответствующих местах мы будем ссылаться на эти документы.

### **3.1. Ионизирующее (рентгеновское) излучение**

#### ***3.1.1. Определение***

Рентгеновское излучение - это вид электромагнитного излучения с крайне высокой частотой (очень малой длиной волны), т.е. с достаточно высокими энергиями, чтобы запустить процесс ионизации (образование ионов в результате распада молекул или отрыва электронов от молекул вещества). Рентгеновское излучение образуется внутри дисплея в результате резкого торможения электронов при ударе о люминофор на передней поверхности экрана монитора. По причине относительно низкого рабочего напряжения дисплея, рентгеновское излучение, образующееся внутри него, обладает гораздо меньшей энергией, чем, например, рентгеновское излучение, используемое для медицинских целей. Толщина стекла, используемого во всех экранах мониторов, обладает большими экранирующими свойствами по отношению к рентгеновскому излучению, чем требуется для энергетического уровня излучения, генерируемого дисплеями. Это стекло обладает способностью абсорбировать рентгеновское излучение, обладающее значительно большими энергиями, чем те, которые образуются в электронно-лучевой трубке. Таким образом, при любом эксплуатационном режиме это мягкое (слабое) рентгеновское излучение поглощается стеклянным экраном монитора и не проникает через него.

### **3.1.2. Способы измерения**

Рентгеновское излучение может быть измерено с помощью прибора радиационного контроля Гейгера-Мюллера или сцинтилляционного счетчика. Основными требованиями к приборам являются способность измерять рентгеновское излучение с крайне низкой энергией (несколько килоэлектронвольт) и достаточная чувствительность. Прибор радиационного контроля должен быть обязательно невосприимчивым к электромагнитным помехам, ибо в противном случае показания прибора могут оказаться неверными из-за существующих вокруг дисплеев электромагнитных полей.

### **3.1.3. Встречающиеся уровни излучения**

Для определения уровня ионизирующего (рентгеновского) радиационного излучения от дисплеев повсеместно были проведены многочисленные измерения излучений, как в естественных, так и в лабораторных условиях. В основном, все эти попытки провалились, поскольку не удалось выявить доступных для обнаружения излучений, превышающих естественный или инструментальный фон (Moss и др., 1977; Weiss и Petersen, 1979; Wolbarsht и др., 1980; Bureau of Radological Health, 1981; Murray и др., 1981; Phillips, 1981; Terrana и др., 1982; Health and Welfare Canada, 1983; Cox, 1984; Joyner и др., 1984; Paulsson и др., 1984; Pomroy и Noel, 1984).

Рентгеновское излучение от дисплеев настолько слабое, что оно не может проникнуть через переднее стекло экрана и не может быть определено при обычно встречающихся фоновых значениях ионизирующего излучения. Для точного определения величины этих низких излучений необходимо использование сложных измерительных приборов, а измерение должно проводиться в условиях экранированной местности, где уровни фоновых излучений очень низкие. В случае подобных измерений, не было обнаружено никаких признаков того, что дисплеи излучают рентгеновское излучение. В исследовании Бюро по радиологической гигиене отдела здравоохранения Управления по пищевым и лекарственным продуктам США

(1981) проводилось измерение рентгеновского излучения от 125 дисплеев в контролируемых лабораторных условиях. Измерения проводились в нормальном рабочем режиме и в условиях смоделированной поломки, когда ключевые компоненты схемы были преднамеренно выведены из строя, чтобы получить теоретически максимальное радиационное излучение. Часть дисплеев (34) подвергались испытанию впервые, часть (91) проверялись ранее и подвергались анализу повторно; у 117 устройств не было выявлено доступного для обнаружения уровня рентгеновского излучения, в то же время восемь устройств излучали уровни около или выше 0,5 миллирентген в час на расстоянии 5 см от поверхности экрана. Все восемь моделей либо были изъяты с рынка, либо пришлось отказаться от выпуска их в продажу. После проведенного тестирования более ранних поколений дисплеев (до 1978 г.) в дальнейшем не было обнаружено ни одного дисплея, излучающего рентгеновское излучение.

#### ***3.1.4. Оценка с точки зрения требований и стандартов***

Как было показано в многочисленных исследованиях, упоминавшихся выше, в условиях нормального рабочего режима не было найдено ни одного дисплея, излучающего рентгеновское излучение. Поэтому можно считать установленным, что мягкое рентгеновское излучение, образующееся внутри дисплея, поглощается внутри экрана, и соответственно дисплеи не создают рентгеновского излучения, которое может влиять на операторов, работающих с дисплеями. Хотя было показано, что несколько типов дисплеев, выпущенных до 1978 года, в искусственно созданных (экстремальных) условиях излучали уровни около 0,5 миллирентген в час, подобные дефектные образцы, как оказалось, больше не были обнаружены. Таким образом, можно утверждать, что в отношении рентгеновского излучения, дисплеи соответствуют стандартам.

### **3.2. Оптическое излучение**

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) вместе с видимым излучением и инфракрасным излучением (ИК) относятся к оптическому излучению. Отличие ультрафиолетового



излучения от видимого излучения (света) определяется, главным образом, не какими-либо качественно разными физическими свойствами, а тем фактом, что лишь излучение определенных длин волн достигает сетчатки глаза и поэтому способно вызывать такую физиологическую реакцию, как зрение; поэтому с точки зрения физиологии свет отличается от УФИ.

### ***3.2.1. Ультрафиолетовое излучение***

Некоторые люминофоры экранов дисплеев излучают низкие уровни УФИ с длиной волны более 335 нанометров, которое существенным образом зависит от эмиссионных характеристик ("цвета") люминофора. Ультрафиолетовое излучение значительно ослабляется толстым стеклянным экраном колбы дисплея, поскольку стекло является великолепным поглотителем ультрафиолетового излучения; стекло также эффективно препятствует излучению ультрафиолета с более короткой длиной волны.

### ***3.2.2. Свет***

Свет (длина волны 400-760 нм) является полезным и неотъемлемым компонентом излучения дисплеев. Тип люминофора, используемого в экране дисплея, определяет цвет активированной части дисплея на монохромном мониторе, например белый, зеленый или желтый, в то время как неактивированная часть обычно темно-серого или черного цвета. В многоцветных мониторах используются специальный кристаллический люминофор и электронный пистолет для получения цветных изображений, в основном путем активации трех различных типов люминофоров в точках, очень близко расположенных друг к другу. Цвет, таким образом, определяется относительной интенсивностью/яркостью этих трех активированных точек. Уровень яркости дисплея регулируется в соответствии с ощущением комфорта оператора. Уровень света, излучаемого от дисплея, более низкий по сравнению с уровнем света на улице в пасмурный день.

Излучение видимого света – полезная визуальная составная часть дисплея. И будучи таковой она способна оказывать

биологическое воздействие, заключающееся в том, что мы воспринимаем этот свет. Восприятие света, однако, может быть связано с нежелательными физиологическими реакциями, например ослаблением зрения или напряжением глаз, вызванными такими характеристиками света, как яркость или мерцание. Эти условия и эффекты являются предметом законной тревоги с позиций эргономики зрения, однако, существование этих проблем не следует смешивать с вопросами излучения, обсуждаемыми в данной книге.

### ***3.2.3. Инфракрасное излучение***

Инфракрасное излучение обычно рассматривают как тепло, излучаемое любым тёплым объектом. Поскольку дисплеи содержат источник электрической энергии высокого напряжения и различные электронные схемы, то во всех случаях, когда система находится в рабочем состоянии, и при прохождении тока образуется тепло. Большая часть этого тепла удаляется конвекцией окружающего воздуха, излучается только очень низкий уровень ИК. Факт, что тёплый воздух может вызвать нежелательное повышение температуры в комнате, – задача эргономики.

### ***3.2.4. Измерение оптического излучения***

Приборы для измерения оптического излучения могут быть как широкополосные, регистрирующие значительную часть диапазона оптического излучения, так и монохромные, способные работать только с очень узкой и избирательной областью длин волн. Последние (спектрорадиометры) могут быть использованы, например, для сканирования сплошной области световых волн и восстановления исходного спектра. Величина, используемая для характеристики излучения каждой длины волны, называется спектральной плотностью светового потока с единицей измерения  $Вт/(нм \cdot м^2)$ .

Спектральная яркость выражается в следующих единицах:  $Вт/(нм \cdot м^2 \cdot ср)$ , что соответствует облучению в стандартном секторе с телесным углом в 1 стерадиан. Таким образом, эмиссия не зависит от расстояния, в отличие от облучения, которое уменьшается с увеличением расстояния.

Суммируя эмиссию более широкой части спектра с помощью широкополосного прибора, мы выходим на очень важный, требующий обсуждения вопрос, состоящий в том, что различные длины волн обладают существенно отличающимися биологическими характеристиками. Например, глаз лучше всего различает (при условиях одинаковой яркости) свет с длиной волны 555 нанометров, тогда как свет других длин волн менее эффективен. При суммировании волн всего диапазона этот факт необходимо учитывать. Это достигается либо путем установки в измерительном приборе специального фильтра, который перед регистрацией ослабляет менее эффективные длины волн на соответствующую величину, либо с помощью спектрорадиометра (как описано выше), когда уровень определяется путем подсчета итогового результата по соответствующей схеме спектрального взвешивания.

Для ультрафиолетового излучения существуют различные схемы спектрального взвешивания, опирающиеся на ультрафиолетовое излучение с длиной волны между 270 и 300 нанометров как наиболее биологически активный диапазон длин волн с точки зрения вызываемых зрительных и кожных реакций. Плотность потока излучения является мерой мощности с единицей измерения  $Вт/м^2$ . Биологически взвешенная энергетическая экспозиция эквивалентной дозы для определенного времени измеряется в  $Дж/м^2$ .

При рассмотрении оптического излучения необходимо наложить многочисленные ограничивающие условия на измеряемую ситуацию, зависящие, в основном, от цели измерения. Если цель - защита от излучения, измерение эмиссии оптического излучения должно выполняться при настройке дисплея на его максимальную яркость. Если дисплей способен давать изображение с положительной полярностью (т.е. темные символы на ярком фоне), то необходимо установить яркостную однородность фона. Если дисплей строго предназначен для использования отрицательной полярности (т.е. яркие символы на темном фоне), то темный экран должен быть полностью заполнен ярким символом М; измерения затем должны проводиться на определенном расстоянии при исключении влияния света окружающей обстановки.

Если подходить к измерению оптического излучения с позиции эргономики, необходимо принять во внимание другие

соображения. Стандарт ионизационной спектроскопии ISO 9241, часть 3, Международной организации по стандартизации (МОС, 1990) предоставляет инструкции, объясняющие как должны проводиться подобные измерения, чтобы соответствовать требованиям стандартов.

### ***3.2.5. Уровни ультрафиолетового излучения***

Ультрафиолетовое излучение от дисплеев измерялось многими исследователями. В целом, излучение с длиной волны короче 340 нанометров зарегистрировано не было, исключая таким образом **B-** и **C-**области УФИ. Однако, по данным различных исследований, в **A-**области УФИ уровень облучения значительно варьируется: от неопределяемого, или как в одном примере, когда определяемый уровень составил  $0,1 \text{ мкВт/м}^2$ , до таких величин, как  $0,001 \text{ Вт/м}^2$  (Moss и др., 1977; Weiss и Petersen, 1979; Wolbarsht и др., 1980; Bureau of Radiological Health, 1981; Murray и др., 1981; Phillips, 1981; Health and Welfare Canada, 1983; Cox, 1984; Joyner и др., 1984; Paulsson и др., 1984). Подобные различия могут возникать как из-за отличий в методике измерений, так и из-за разных типов люминофоров, используемых в дисплеях. Эти данные в основном выражались с точки зрения облучения, поэтому становится существенным изменение расстояния, с которого производится измерение.

Измерения ультрафиолетового облучения от дисплеев, а также от рабочих станций, где дисплеи не используются, выполнялись в том числе и в эксплуатационных (полевых) условиях, например Knave и др. (1985б). Было обнаружено, что на географической широте Стокгольма экспонирование при общем освещении для работающих с дисплеями составило  $0,04 \text{ Вт/м}^2$ , а для тех, чья работа не связана с дисплеями,  $0,13 \text{ Вт/м}^2$ . Более высокий уровень облучения во втором случае был отнесен на счет действия включавших уменьшение естественной освещенности помещений или использование жалюзи на окнах.

### **3.2.6. Уровень освещенности**

Уровни измеряемой эмиссии или облучения от дисплеев изменяются в зависимости от окружающей обстановки, в случае облучения органов зрения это также определяется индивидуальными характеристиками зрения в каждом конкретном случае. Однако фотометрическая эмиссия обычно меньше  $100 \text{ кд/м}^2$ , а радиометрическая меньше  $10 \text{ Вт/(ср} \cdot \text{м}^2)$  (Moss и др., 1977; Bureau of Radiological Health, 1981; Murray и др., 1981; Health and Welfare Canada, 1983; Cox, 1984).

Кратковременный уровень пиковой эмиссии в момент, когда пучок электронов ударяется о люминофор, может для “быстрых люминофоров” быть выше  $10\,000 \text{ кд/м}^2$ , однако из-за того, что эти генерируемые люминофором импульсы очень кратковременны, это будет соответствовать средней эмиссии порядка  $50 \text{ кд/м}^2$  (Nylén and Bergqvist, 1986).

Вообще, световое излучение от дисплеев в большей степени является проблемой эргономики, чем радиологии. Гораздо чаще проблема состоит в том, что уровень освещенности слишком низок, особенно по сравнению с уровнями, которые используются для чтения рукописей (Knave и др., 1985б). Однако описаны случаи, когда условия яркой освещенности вызывали дискомфорт, например у людей с фоточувствительностью.

### **3.2.7. Уровни инфракрасного излучения**

Эмиссия ИК измерялась у приблизительно 200 различных моделей дисплеев (Cox, 1984). В области, близкой к инфракрасной (760-1050 нм), максимальная измеренная эмиссия составила  $50 \text{ мВт/м}^2$ , однако дальше инфракрасное излучение не определялось. Другие исследования получили сходные низкие показания (Moss и др., 1977; Weiss и Petersen, 1979; Bureau of Radiological Health, 1981; Health and Welfare Canada, 1983).

### **3.2.8. Оценка с точки зрения стандартов и требований**

Поскольку уровень ультрафиолетового, светового и инфракрасного излучений, испускаемых от дисплеев, очень низок развитие острых эффектов не наблюдалось, и излучение необходимо рассматривать лишь с позиции отсроченных или отдаленных результатов хронического воздействия низких уровней каждого вида оптического излучения. Эмиссия оптических излучений дисплеев значительно ниже, чем различные общепринятые общественные и гигиенические стандарты или излучение других источников, таких как солнечный свет или источники искусственного освещения. Несмотря на то, что эти стандарты установлены, главным образом, с учетом возможных острых эффектов, уровни излучений от дисплеев, при оценке их с точки зрения этих стандартов, очень малы. Это позволяет не рассматривать излучения дисплеев как опасные для здоровья.

С точки зрения эргономики как световое, так и тепловое излучения от оборудования с дисплеями могут вызывать беспокойство только в связи с возможной утомляемостью или другими физиологическими эффектами. Минимальный достигаемый уровень яркости дисплея должен соответствовать  $35 \text{ кд/м}^2$ , однако наиболее часто предпочтение отдается более высоким уровням яркости ( $100 \text{ кд/м}^2$ ), хотя такие уровни невозможно получить у всех существующих ныне дисплеев.

## **3.3. Радиочастотные поля**

### **3.3.1. Микроволны**

Микроволны являются подгруппой радиочастотного диапазона и составляют часть электромагнитного спектра с длиной волны от 1 мм до 1 м и соответствующими частотам от 300 ГГц до 300 МГц. Таким образом, эта область граничит с областью инфракрасного излучения, но имеет большую длину волны. Микроволны не генерируются преднамеренно, хотя дисплеи могут излучать крайне низкий уровень микроволн как составляющую “электронного шума” от различных процессов прохождения сигналов (см. ниже).

### **3.3.2. Радиочастотные поля в диапазоне от 300 МГц до 300 кГц**

Поля с частотами от 300 МГц до 300 кГц используются обычно для передачи радио- и телевизионных сигналов. Дисплеи и соединенные с ними компьютеры подобно остальному электронному оборудованию используют высокочастотные колебания электрического тока и сами генерируют электромагнитные поля. Одним из источников этих полей служат сигналы, которые модулируются с частотой от 3 до 30 МГц для создания изменения яркости между последовательными точками на экране. Эти поля содержат информацию о символах на экране дисплея, различение этих полей на расстоянии делает возможным определение самой информации. Поэтому чтобы предотвратить возможность “шпионажа”, такие поля обычно поддерживаются на очень низком уровне.

Помимо основной частоты модуляции вследствие несинусоидальных вариаций этих полей с течением времени могут появляться гармоники. Существует возможность того, что часть этого гармонического спектра может проникать в нижнюю часть микроволнового спектра.

### **3.3.3. Измерения**

Применение термина “излучение” ограничено распространением электромагнитных явлений, которые могут быть описаны как ортогональная комбинация электрической и магнитной составляющих полей. Только одна из этих составляющих требует измерения, вторая же может быть определена из простого соотношения между ними. Интенсивность или плотность мощности обычно описывается как результат взаимодействия этих двух составляющих и выражается единицей измерения:  $Вт/м^2$ . Условием для подобного рода определения является достаточно большое расстояние от источника до наблюдателя. Для когерентных источников это соответствует расстоянию большему, чем  $\lambda$ , или  $2\alpha^2/\lambda$  - любому с большим значением, где  $\alpha$  - размер источника,  $\lambda$  - длина волны (МАРЗ, 1991). Если эти условия не соблюдаются, то электрическое и магнитное поля могут быть

описаны независимо друг от друга, поскольку больше не существует простых взаимоотношений между ними. В этом случае для электрического поля единицей измерения является  $V/m$ , а для магнитного поля -  $A/m$ . Магнитное поле также может быть выражено в единицах *тесла* (Тл) или *гаусс* (Гс) как магнитная индукция. В воздушной среде соотношения между этими единицами следующие:

$$1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Тл}; 1 \text{ А/м} \approx 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}.$$

Из-за эффекта близости оператора к источнику радиочастотного излучения эти поля лучше всего описывать с позиции электрических и магнитных полей. В других ситуациях, когда источник удален, радиочастотные поля могут быть адекватно описаны как излучение.

Из-за возмущений радиочастотных полей (особенно в случае электрических полей), а также вследствие непосредственной связи измерительного прибора и составляющих, генерирующих эти поля, измерения с расстояния, близкого к поверхности дисплея (менее 0,15 м), часто ошибочны и не заслуживают доверия. Более приемлемое для измерения расстояние – 0,5 м.

Некоторые приборы измеряют суммарное магнитное поле независимо от его направления, в то время как другие реагируют только на одно направление поля. Для того чтобы получить суммарное поле, датчик измерительного прибора должен быть размещен в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а полученные показания суммированы с использованием следующей формулы:

$$A_{\Sigma} = (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2)^{0,5},$$

где  $A_{\Sigma}$  - сила суммарного магнитного поля (А/м) или магнитная индукция (Тл),  $A_x$  - составляющая  $X$ -направления и т.д.

Эти общие соображения, касающиеся измерения полей, применимы также и для полей более низких частот, описываемых ниже.

### **3.3.3.1. Уровень микроволнового излучения**

Обычно микроволновое излучение от дисплеев не определяется (Phillips, 1981; Cox, 1984). В обзоре Weiss и



Petersen сообщает, что были зарегистрированы низкие показатели с частотой 1,4 ГГц, однако это было отнесено на счет компьютера, а не на счет дисплейного терминала. Как уже говорилось выше, может существовать вероятность обнаружения вокруг дисплея микроволновых гармоник высоких радиочастот, возникающих при прохождении сигнала.

### ***3.3.3.2. Уровень радиочастотных полей***

В этом диапазоне частот регистрируются электрические и магнитные поля с уровнями 1 мВ/м и нескольких десятков мА/м, воздействующие на оператора (Moss и др., 1977; Weiss и Petersen, 1979; Wolbarsht и др., 1980; Bureau of Radiological Health, 1981; Terrana и др., 1982; Cox, 1984).

### ***3.3.4. Оценка с точки зрения стандартов и требований***

Подробный анализ научных сообщений о воздействии микроволн и радиочастотных полей на животных проведен ВОЗ/МАРЗ (1993), ВОЗ (1989) и МАРЗ (1988а). Во всех представленных сообщениях было сделано заключение, что в диапазоне микроволн существует порог повреждающего действия, составляющий приблизительно 1-4 Вт/кг специфической интенсивности поглощения энергии, необходимой для того, чтобы вызвать какое-либо отрицательное воздействие на лабораторных животных. Эта величина на несколько порядков выше той, что излучается дисплеями. Более того, рассчитанное осаждение энергии от типичных полей вокруг дисплея абсолютно незначительно по сравнению с теплом, образующимся в результате обмена веществ (Stuchly и др., 1983).

Микроволны не излучаются дисплеями преднамеренно, а обнаруженные уровни радиочастотных полей на несколько порядков величин ниже существующих стандартов во всем мире.

### **3.4. Поля низкой и крайне низкой частоты**

#### **3.4.1. Определение**

Поля с частотами около 15-50 кГц обнаруживаются вокруг дисплеев, основанных на действии ЭЛТ. Их источник и основная частота определяются системой горизонтальной развертки, т.е. частотой напряжения сети питания. Обычно могут обнаруживаться гармоники, достигающие десятикратной частоты по сравнению с частотой напряжения сети (Paulsson и др., 1984). Электрические поля часто сконцентрированы вокруг строчного трансформатора, в то время как магнитные поля ориентированы в основном по направлению к отклоняющим катушкам.

Специфическим источником полей крайне низкой частоты в дисплее служит система вертикальной развертки, т.е. частоты смены кадров. В телевизионных установках эта частота обычно составляет 50 (60) Гц. В современных дисплеях, особенно с положительной полярностью, часто используются несколько более высокие частоты (приблизительно 70-80 Гц) во избежание проблем, связанных с мерцанием. Кроме того, дисплеи часто содержат источники полей частотой 50-60 Гц, что связано с источником энергии.

#### **3.4.2. Измерения**

Характеристики как электрического, так и магнитного полей в диапазоне очень низких частот определенно несинусоидальные, при этом магнитное поле имеет в основном вид “зубьев пилы”, в то время как электрическое поле лучше всего описать как “пикообразное”. (Необходимо отметить, что это описание фактически служит временной альтернативой спектральному анализу, который выполняется в случае описания полей с позиции основных частот и гармоник.) Подобные определения в принципе применимы и для диапазона крайне низких частот. Однако эти поля смешаны с другими полями различного внешнего вида, что делает окончательный вид несколько менее определенным.

До сих пор существуют разногласия, касающиеся подходящих параметров измерения (по крайней мере) магнитных полей. Используется следующая альтернатива: магнитное поле (или магнитная индукция), выраженное в  $A/m$

(или  $Tl$ ), или производная поля по времени (выраженная в  $mTl/c$ ).

Стандарты для измерения электрического и магнитного полей в условиях офиса были составлены в Швеции (1989), включая как электрические, так и магнитные поля очень низкого и крайне низкого частотного диапазона. В основном, переменные поля (электрические и магнитные) измеряются в частотной области исходя из предпосылки, что измерительная система должна легко приспособливаться к источникам, а не к дисплеям.

### ***3.4.3. Уровни полей низкой и крайне низкой частоты***

Измерение уровней электрических и магнитных полей производилось в многочисленных исследованиях. Например, в исследовании, проведенном Бюро радиологической гигиены (1981), на частотах между 15 и 125 кГц на расстоянии 5 см от дисплея были зарегистрированы электрические поля мощностью до 64 В/м и магнитные поля до 0,69 А/м. Эти уровни эмиссий уменьшались до 2,4 В/м и 0,04 А/м соответственно, когда измерения проводились на расстоянии 30 см.

Все чаще осуществляется текущий контроль за уровнем облучения, обнаруживаемого вокруг дисплея на расстоянии оператора. Регистрируемые вокруг дисплея поля очень низкой частоты вызываются и связаны преимущественно с работой дисплея, в то время как уровень полей крайне низкой частоты в большей степени определяется другими многочисленными источниками. Несмотря на то, что в последнее время выполнено большое количество измерений, к настоящему моменту результаты лишь некоторых из них были опубликованы.

В эпидемиологическом исследовании, где изучалась связь между беременностью и работой, связанной с дисплеями, был представлен пример уровней облучения от дисплейного терминала (Schnorr и др., 1991):

- электрические поля очень низкой частоты: около 3-4 В/м;
- электрические поля крайне низкой частоты: около 2 В/м;
- магнитные поля очень низкой частоты: приблизительно между 25 и 130 нТл;
- магнитные поля крайне низкой частоты: около 400 нТл.

Эти уровни вполне соответствуют данным об уровнях эмиссии или облучения, полученным в других исследованиях (Weiss и Petersen, 1979; Bureau of Radiological Health, 1981; Terrana и др., 1982; Cox, 1984; Paulsson и др., 1984; Nietanen и Jokela, 1990), хотя чаще встречаются результаты, согласно которым уровень электрических полей очень низкой частоты более низок по сравнению с полями крайне низкой частоты. В случае измерения облучения в эксплуатационных или полевых условиях это может быть, например, результатом присутствия другого электрического оборудования в зоне дисплея, что часто служит причиной облучения доминантными электрическими и магнитными полями очень низкой частоты на дисплейных терминалах.

#### ***3.4.4. Оценка с точки зрения стандартов и требований***

ВОЗ/МАРЗ (1984, 1987), ВОЗ (1989) и МАРЗ (1990) провели анализ исследований на экспериментальных животных, подвергавшихся воздействию переменных электрических и магнитных полей крайне низкой частоты. Было сделано заключение, что результаты лабораторных исследований можно сгруппировать в соответствии с индуцированной плотностью электрического тока:

- между 1 и 10 мА/м<sup>2</sup> зарегистрировано минимальное биологическое воздействие;
- между 10 и 100 мА/м<sup>2</sup> - фиксируются убедительно доказанные эффекты, включая воздействие на зрительную и нервную системы;
- между 100 и 1000 мА/м<sup>2</sup> наблюдалась стимуляция возбудимых тканей, возможен риск для здоровья;
- свыше 1000 мА/м<sup>2</sup> возможно развитие экстрасистол и фибрилляции желудочков сердца (серьезная опасность для здоровья).

Так как плотность электрического тока в человеческом организме в обычных условиях не превышает 10 мА/м<sup>2</sup>, при значениях, близких к естественным, наблюдаются лишь минимальные, не представляющие какого-либо риска, эффекты; для того чтобы вызвать неблагоприятное воздействие на организм, необходимо индуцировать плотность токов более 100 мА/м<sup>2</sup>. Чтобы индуцировать среднюю плотность тока 10 мА/м<sup>2</sup>,

человек должен быть подвергнут воздействию электрического поля в 25-50 кВ/м или магнитного поля в 5 мТл.

По результатам исследования МАРЗ опубликовала предельно допустимые нормы воздействия электрического и магнитного полей с частотой 50-60 Гц. В случае воздействия в производственных условиях в течение полного рабочего дня эти нормы таковы: сила электрического поля  $\leq 10$  кВ/м; сила магнитного поля  $\leq 0,5$  мТл. Эмиссия полей крайне низкой частоты от дисплеев не способна вызывать воздействие на таких уровнях. В настоящее время существует озабоченность, вызванная возможностью развития различных эффектов в результате воздействия уровней значительно ниже тех, которые вызывают эти индуцированные плотности токов. Однако до настоящего времени не разработаны стандарты, принимающие в расчет эти вероятные эффекты, поскольку последние не были полностью доказаны и, следовательно, невозможно дать им оценку с позиции риска для здоровья.

В диапазоне полей очень низкой частоты существует лишь несколько стандартов. Для соседнего диапазона частот (100 кГц-1МГц) действительно существуют инструкции (МАРЗ, 1988а), ограничивающие напряженность электрического поля до 614 В/м и магнитного поля (при частоте 100 кГц) до 16 А/м. Экстраполированные в частоты дисплея, эти величины будут соответствовать приблизительно 83 мкТл.

Директива Европейского Сообщества, касающаяся минимальных требований к дисплеям, содержит следующие необходимые условия: "Все виды излучений, за исключением видимой части спектра, должны быть доведены до ничтожно низкого уровня с точки зрения защиты безопасности и гигиены труда рабочих" (ЕЭС, 1990, Приложение 2f).

Облучение, вызванное полями крайне низкой частоты от дисплеев, часто очень низкое по сравнению с другими источниками в офисе и довольно незначительное, по сравнению с полями, которые встречаются во многих других профессиональных сферах. Что касается эмиссии от дисплеев полей очень низкой частоты, то можно сделать лишь несколько подобных сравнений, поскольку существует еще меньшее число других источников эмиссии в сходной рабочей ситуации.

Не так давно Шведское управление по технической аккредитации (1990б) выпустило общественные технические

инструкции с целью ограничить эмиссию полей очень низкой и крайне низкой частоты от дисплеев. Данные инструкции, однако, не основывались ни на аспектах здравоохранения, ни на каких-либо других биологических аспектах. Строгое соблюдение этих общественных инструкций гарантировало бы, что в случае полей очень низкой частоты – эти поля настолько низки, насколько это технически возможно, а в случае полей крайне низкой частоты – дисплеи не являются существенным источником повышения уровня облучения в офисе. Для магнитных полей установлены следующие уровни эмиссии на расстоянии 50 см вокруг дисплея:  $\leq 250$  нТл (5 Гц-2 кГц) и  $\leq 25$  нТл (2 кГц-400 кГц). Для электрических полей уровни составили:  $\leq 25$  В/м (5 Гц-2 кГц) и  $\leq 2,5$  В/м (2 кГц-400 кГц).

### **3.5. Электростатические поля**

#### **3.5.1. Определение**

Статические электрические поля (нулевой частоты) встречаются обычно, когда поверхность объекта накапливает электрический заряд, который не заземляется и не разряжается немедленно. Статические электрические поля вокруг дисплеев возникают из-за накопления электрических зарядов на стеклянной поверхности экрана. Таким образом, уровни статических полей в большой степени зависят от качества поверхности в смысле ее проводимости, которая в свою очередь зависит, например, от относительной влажности в помещении. Вслед за статическим зарядом, созданным на поверхности после включения дисплея, обнаруживается некоторое уменьшение напряженности электрического поля, по-видимому, из-за накопления на стекле противоионов (ионы противоположных знаков) и заряженных частичек пыли.

Вторым распространенным источником электростатических полей в условиях эксплуатации дисплеев служит сам оператор. Это особенно заметно в условиях низкой относительной влажности, например, ниже 20-30 процентов. Суммарное электростатическое поле, в итоге, формируется двумя этими источниками.

### ***3.5.2. Измерения***

Используя стандартизированную ситуацию, был вычислен эквивалентный поверхностный потенциал экрана дисплея (MPR, 1990a). Результаты измерений эмиссий от дисплеев чаще выражаются не как напряженность электрического поля, а как эквивалентный потенциал ( $V$ ).

### ***3.5.3. Уровни***

Напряженность электростатических полей, или эквивалентного потенциала, зависит от окружающих условий и качества поверхности экрана: воспроизводимость результатов измерений очень низкая при неконтролируемых условиях. Тем не менее, сообщаемые результаты измерения колеблются от нуля до нескольких киловольт положительного заряда (эквивалентный поверхностный потенциал). В некоторых ситуациях при неблагоприятных обстоятельствах может создаться уровень облучения, достигающий 15 кВ/м. Такие уровни возникают при комбинации зарядов от дисплея и оператора.

### ***3.5.4. Оценка с точки зрения стандартов и требований***

Предельно допустимые уровни для электростатических полей составляют от 20 до 60 кВ/м, то есть значительно выше уровня воздействия как в обычной, так и в экстремальной ситуации. Однако эти уровни тесно связаны с низкой относительной влажностью. Если бы указания о надлежащем уровне влажности, который должен быть установлен и поддерживаться, выполнялись (обычно надлежащий уровень влажности в помещении составляет 30 процентов), подобные уровни облучения электростатическими полями не встречались бы вообще.

Согласно общественным инструкциям Шведского управления по технической аккредитации (1990a, 1990b), электростатические поля измеряются на расстоянии 10 см от экрана дисплея, а результаты выражаются как эквивалентный поверхностный потенциал, то есть потенциал на проводящей

поверхности, которая создает поле той же силы, что и экран дисплея. Технически эквивалентный потенциал в 500 В должен быть доступен для измерения. Необходимо заметить вновь, что эти инструкции по эмиссии не имеют отношения ни к здравоохранению, ни к каким-либо другим биологическим эффектам.

### 3.6. Ультразвук

Ультразвуковая эмиссия (волны с акустическими частотами свыше 16 кГц) и шум могут создаваться в результате механической вибрации отклоняющей системы, главным образом, стального сердечника трансформатора. Другой источник звука – дисковод персонального компьютера (ПК). Некоторые модели дисплеев и ПК могут создавать определенные уровни акустической эмиссии, которая раздражает в той же степени, что и "шипение" системы кондиционирования воздуха или "жужжание" некоторых осветительных приборов. Современная звукоизолирующая технология может смягчить эти проблемы. Для того чтобы охарактеризовать эти звуковые/ультразвуковые излучения, необходимо проводить измерение уровня звукового давления в диапазоне частот от 6,3 кГц до 40 кГц для каждой 1/3 октавы. Единица уровня звукового давления – *децибел (дБ)*.

Вслед за опубликованием обзора ВОЗ/МАРЗ (1982а) об ультразвуке, было сделано заключение, что использование лабораторных животных для тестирования биологических эффектов имеет серьезные недостатки, поскольку по сравнению с человеком животные имеют большую остроту слуха, более широкий диапазон воспринимаемых частот, больший коэффициент соотношения площади поверхности тела к массе тела в сочетании с общей меньшей массой тела. Поэтому экстраполирование на человека результатов исследований об ультразвуке, полученных в экспериментах на животных, не может рассматриваться как удовлетворительное, за исключением наиболее общих концепций.

Не наблюдалось каких-либо негативных физиологических или слуховых эффектов у людей, подвергшихся воздействию ультразвука при уровне звукового давления до 120 дБ. При 140 дБ может ощущаться легкое тепло в области кожных



складок. Люди, подвергавшиеся воздействию ультразвука в производственных условиях, сообщали о субъективных жалобах или симптомах, таких как тошнота, рвота, слабость, головная боль и неприятное ощущение заложенности или давления в ушах. Трудно утверждать, что наблюдаемые эффекты были вызваны именно ультразвуком, а не звуковыми волнами, воспринимаемыми ухом человека, поскольку многие источники воздействия содержат акустические частоты как в слышимом, так и ультразвуковом диапазоне (ВОЗ/МАРЗ, 1982a).

Уровни ультразвука в диапазоне частот 16-20 кГц до 61 дБ и в более высоком диапазоне частот (25-40 кГц) до 68 дБ были зарегистрированы от нескольких дисплеев (Bureau of Radiological Health, 1981). Эти уровни намного ниже, чем те которые, по сообщениям, могут вызывать вредные эффекты. Инструкции МАРЗ (1984) ограничивают длительное производственное воздействие при частоте 20 кГц до 75 дБ и до 110 дБ для диапазона частот 25-100 кГц.

### **3.7. Выводы**

Подводя итоги, необходимо отметить, что дисплеи испускают неионизирующие излучения, такие как видимый свет, вместе с очень низкими уровнями ультрафиолетового и инфракрасного излучений. Дисплеи не являются источниками рентгеновского или микроволнового излучений. Кроме того, вблизи дисплеев обычно регистрируются низкие уровни радиочастотных полей, магнитных и электрических полей очень низкой и крайне низкой частоты. Обнаруживаются также электростатические поля, зависящие, например, от влажности. Шум и низкий уровень ультразвука обнаруживается вокруг дисплеев и от вспомогательного оборудования. Таблица суммирует уровни неионизирующего излучения, измеренного вблизи дисплеев и сравнивает их с предельно допустимыми нормами облучения, установленными МАРЗ.

#### **Таблица**

**Установленные МАРЗ/МКНИР общие (об.) и производственные (пр.) предельно допустимые нормы\* неионизирующего излучения (НИИ) по сравнению с уровнями НИИ, измеряемыми от дисплеев**

Неионизирующее излучение (НИИ)	Предельно допустимые нормы НИИ, установленные МАРЗ/МКНИР		Уровни от дисплеев (ЭЛТ)	Публикации
	об.	пр.		
КНЧ	$E: 5 \text{ кВ/м}$	$E: 10 \text{ кВ/м}$	$E: 2 \text{ В/м}$	Schnorr и др. (1991)
50-60Гц	$B: 0,1 \text{ мТл}$	$B: 0,5 \text{ мТл}$	$B: 0,4 \text{ мкТл}$	
ОНЧ	$E: 82 \text{ В/м}$	$E: 614 \text{ В/м}$	$E: 4 \text{ В/м}$	Schnorr и др. (1991)
3-30 кГц	$B: 2,3 \text{ мкТл}$	$B: 83 \text{ мкТл}$	$B: 0,1 \text{ мкТл}$	
Микроволны	$2-10 \text{ Вт/м}^2$	$10-50 \text{ Вт/м}^2$	Не определяется	Cox (1984)
ИК	$100 \text{ Вт/м}^2$	$100 \text{ Вт/м}^2$	$<10 \text{ Вт/м}^2$	Cox (1984)
А-УФ	$10^4 \text{ Дж/м}^2, 8 \text{ ч}$	$10^4 \text{ Дж/м}^2, 8 \text{ ч}$	$300 \text{ Дж/м}^2, 8 \text{ ч}$	Paulsson и др. (1984)
В- и С-УФ	$1 \text{ мВт/м}^2$	$1 \text{ мВт/м}^2$	Не определяется	Cox (1984)
Ультразвук	100 дБ	110 дБ	68 дБ	Bureau of Radiological Health (1981)
Электростатические поля	-	-	До 15 кВ/м	Knave и др. (1985b)

\* Предельно допустимые нормы, установленные МАРЗ/МКНИР, на которые мы ссылаемся в этой таблице, в некоторых случаях упрощены, чтобы представить примеры для сравнения с дисплеями.

#### 4. Оценка воздействия и лабораторные исследования

##### 4.1. Оптическое излучение (ультрафиолетовое, видимое излучение или свет, инфракрасное излучение)

Оптическое излучение не является проникающим, и поэтому при описании основных симптомов воздействия этого вида излучения нас будут интересовать органы зрения (глаза) и кожные покровы. Основными острыми эффектами воздействия в этом случае являются фотокератиты, или термические

фотохимические повреждения сетчатки глаза, и эритема, или ожоги кожи. Отдаленные эффекты включают катарактогенез и возможную дегенерацию сетчатки глаза, а также ускоренное старение и рак кожи. Биологические эффекты всех видов оптического излучения могут быть разделены на три основных категории: термические (включая термомеханические), фотохимические и прямое воздействие электрических полей. При уровнях излучения выше пороговых значений преобладающий механизм воздействия определяется энергетической экспозицией (суммарной дозой облучения) и зависит от длины волны. Термические эффекты – это свойства инфракрасной области спектра. Фотохимические эффекты относятся преимущественно к ультрафиолетовой области, но могут также встречаться и в области видимого света.

Поскольку уровни ультрафиолетового, светового и инфракрасного излучений, испускаемых дисплеями, очень низки, то существует лишь необходимость рассмотрения отдалённых или отсроченных эффектов хронического облучения малыми уровнями для каждого вида оптического излучения. Обстоятельно изложенные результаты лабораторных исследований на экспериментальных животных были тщательно проанализированы ВОЗ/МАРЗ (1979) и ВОЗ (1989). Представлено краткое описание случаев, когда результаты этих исследований справедливы для человека.

Некоторое количество ультрафиолетового излучения необходимо организму для синтеза витамина D<sub>3</sub> и для поддержания устойчивости к случайным интенсивным воздействиям, которые могут произойти как в производственных условиях, так и в быту. Однако превышение определенных уровней облучения может привести к развитию пагубных эффектов, таких как раннее старение кожи, актинический кератоз (патология роста кожи) и рак кожи.

Что касается глаз, то некоторые виды катаракты, наблюдаемые преимущественно у пожилых людей, могут быть вызваны повторяющимися воздействиями УФИ на протяжении многих лет. Уровни ультрафиолетового излучения от дисплеев достигают около 0,05 Вт/м<sup>2</sup> в области длин волн 335-400 нм. Эта область длин волн (называемая А-УФ) имеет пороги повреждающего действия, которые тем выше, чем короче длина волны УФИ. Кроме того, в многочисленных ситуациях глаз

обычно подвергается воздействию освещенности, достигающей приблизительно  $1 \text{ Вт/м}^2$ , за исключением тех случаев, когда на солнце или под воздействием близких по яркости источников света энергетическая освещенность будет гораздо выше.

В исследованиях, посвященных повреждению глаз и кожи под воздействием А-УФ (315-400 нм), представлено достаточное количество данных, позволяющих определить порог повреждения для незащищенных глаз и кожи (МАРЗ, 1985; МАРЗ, 1989; ВОЗ, 1989). Повреждения кожи являются главным образом термическими по своей природе и требуют очень высокой облученности, исключение составляют лишь фоточувствительные индивидуумы. Фотокератиты и помутнения хрусталика могут быть вызваны у экспериментальных животных только в случае острого облучения при высоких энергетических экспозициях. Нет указаний, что низкие уровни А-УФ, обнаруженные в большинстве случаев в рабочих помещениях представляют какую-либо опасность. Таким образом, предельно допустимые нормы облучения для А-УФ установлены гораздо ниже большинства возможных термических или фотохимических механизмов повреждения.

Взаимодействие инфракрасного излучения с биологическими тканями является преимущественно тепловым и может усиливать биологические ответные реакции на другие агенты. Основной риск для здоровья представляют собой тепловые повреждения глаз и кожи, включая ожоги роговицы в результате воздействия длинноволнового ИК-излучения, а также тепловой удар, повреждения сетчатки и хрусталика в результате воздействия коротковолнового ИК-излучения (ВОЗ, 1989). Поэтому, если человек не ощущает сильного тепла от источника ИК-излучения, то никаких негативных биологических эффектов, по всей вероятности, не возникнет. Зарегистрировано сходное с инфракрасным излучением от поверхности дисплеев, достигающее  $50 \text{ мВт/м}^2$ . Стандарты во всем мире в настоящее время установлены на уровне  $100 \text{ Вт/м}^2$ .

## **4.2. Радиочастотные поля**

В диапазоне радиочастот термические механизмы взаимодействия с биологическими материалами четко

установлены и составляют, в частности, основу для инструкций МАРЗ (1988а). Таким образом, для частот, превышающих 10 МГц, установленные инструкции основаны на специфической интенсивности поглощения (СИП). Для более низких частот необходимо иметь в виду возможность нетермических механизмов, но их влияние в настоящий момент трудно оценить. Поэтому в инструкциях МАРЗ предельно допустимый уровень для более низких частот установлен 100 кГц. В диапазоне от 100 кГц до 10 МГц предельно допустимые нормы для магнитных полей установлены в соответствии с обратной зависимостью от частоты. Электрические поля ограничены в большей степени по причине риска радиочастотных ожогов и шоков.

Сообщалось о движении ионов кальция через мембраны клеток мозга под воздействием радиочастотных полей при специфических частотах модуляции и амплитуде поля. Этот эффект наблюдается при частоте модуляции около 16 Гц, однако в случае немодулированных полей подобный эффект не описывался.

### **4.3. Поля низкой частоты**

Трансформатор строчной развертки в системе горизонтальной развертки создает поля низкой частоты с основной частотой системы развертки (15-25 кГц) и частотами гармоник, достигающих около 150 кГц. Не обнаружено научных доказательств, указывающих, что производимые трансформатором строчной развертки поля низкой частоты могут представлять какой-либо риск для здоровья.

Авторы некоторых лабораторных экспериментов на клеточных культурах высказывают предположения о том, что низкочастотные электрические или магнитные поля могут влиять на функционирование клетки, включая дифференциацию и экспрессию генов (Chiabrera и др., 1979; Beltranme и др., 1980; Liboff и др., 1984; Goodman и Henderson, 1986; Marrot и др., 1986; Takahashi и др., 1986). Однако лишь единичные из этих исследований удалось успешно воспроизвести. Эти полученные *in vitro* данные требуют дальнейшего изучения, для того чтобы можно было понять механизмы, лежащие в основе этих

эффектов, и оценить надлежащим образом потенциальную опасность воздействия (если таковая существует).

Delgado и др. (1982) в эксперименте выдерживали в термостате оплодотворенные куриные яйца в течение 48 часов, одновременно подвергая их воздействию низкочастотного магнитного поля с частотой 10 Гц, 100 Гц и 1000 Гц. На основании перекрестного морфологического и гистологического анализа подвергшихся воздействию эмбрионов было высказано предположение, что эти поля нарушают развитие эмбрионов. Эти эффекты встречались при всех трех исследуемых частотах, но особенно преобладали при частоте 100 Гц. В более поздних публикациях работ, проводимых в лабораториях Delgado и др., Ubeda и др. (1983), сделано предположение, что форма волны магнитных полей крайне низкой частоты является важным фактором, способствующим нарушению развития куриного эмбриона. Обнаружилось, что большинство мощных эффектов наблюдаются при использовании импульсов с временем нарастания 42 мкс. В серии экспериментов, проведенных Juutilainen и соавторами (Juutilainen и др., 1987), были получены указания на влияние слабого ( $>1$ А/м, 100 Гц) магнитного поля на куриный эмбрион. В шести независимых лабораториях, работающих в четырех различных странах, были сделаны попытки воспроизвести эти результаты (Verma и др., 1990). Везде было использовано оборудование стандартного дизайна, но в протоколах имелись некоторые различия, например в одной из лабораторий использовались оплодотворенные яйца другой породы домашних кур. Только две из шести лабораторий сообщили о статистически значимом большем числе структурных аномалий эмбрионов, подвергшихся воздействию магнитного поля, по сравнению с контрольной группой. Когда данные всех шести лабораторий были суммированы, авторы заявили об их общей значимости. Однако этот комплекс экспериментов показал, что для того чтобы определить, действительно ли импульсные магнитные поля оказывают влияние на развитие эмбрионов, необходимо провести большее число исследований, используя более жесткие условия протокола. Тератологические эксперименты с использованием куриных эмбрионов считаются очень

чувствительными и возможность их применения для оценки риска для человека не очевидна.

Тератологические исследования, проводимые на крысах и мышах с использованием пилообразных магнитных полей - сходных с теми, которые обнаруживаются вокруг дисплеев, дали разнообразные результаты (Tribukait и др., 1987; Frölen и Svedenstål, 1988; Stuchly и др., 1988). До последнего времени самым лучшим контролируемым лабораторным исследованием с неукоснительно выполняемым планом и постоянной опорой на контроль качества считается исследование, проведенное на медицинском факультете университета в Торонто (Wiley и др., 1992). Специальная цель исследования - выяснить, действительно ли воздействие пилообразных магнитных полей с частотой 20 кГц изменяли частоту нежелательных результатов беременности у мышей. Полученные результаты не поддержали гипотезу о том, что магнитные поля, напоминающие излучаемые дисплеями, оказывают неблагоприятное воздействие на репродуктивную плодовитость, жизнеспособность зародыша, вызывают пороки развития, оказывают токсическое действие.

Исследовано влияние магнитных полей с частотой 50 Гц на человеческие амниотические клетки. В исследовании Galt и др. (1990) обнаружено значительное уменьшение частоты хромосомных aberrаций в клетках, подвергшихся воздействию, в противовес сообщаемым ранее сведениям об увеличении частоты aberrаций (Nordensson и др., 1989). Эти противоречивые результаты приводят в замешательство, поскольку исследование, проведенное Galt, было построено как воспроизведение исследования Nordensson.

#### **4.4. Статические электрические поля и воздушные ионы**

Как описывалось в разделе 3.5., источником статического электрического поля является образующийся на передней стеклянной поверхности монитора электрический заряд. Статические поля будут вызывать накопление ионов противоположного знака и заряженных частичек пыли вблизи стеклянной поверхности. Гипотетически электростатические поля могут также уменьшать концентрацию ионов в зоне нахождения оператора. В этом разделе коротко описываются

возможные, связанные с подобными колебаниями концентраций ионов в воздухе, эффекты воздействия на операторов, работающих с дисплеями.

В ранних исследованиях влияния на человека горячих сухих ветров в Израиле (Sulman, 1980) было высказано предположение, что эти метеоусловия вызывают повышение уровня серотонина; в качестве возможной причины рассматривался избыток положительных ионов, вызванный этими ветрами. Люди, подвергшиеся воздействию подобных ветров в Швейцарии, сообщали о субъективных жалобах. Эти жалобы, включавшие головную боль, головокружение, слабость и состояние тревоги, были описаны в обзоре, сделанном Jeffrey (1989). В противоположность этому описано положительное воздействие на людей отрицательных ионов (Hawkins и Barker, 1978; Varon и др., 1985).

После критического анализа литературы, посвященной ионам (Johnson и Dodge, 1982; Jeffrey, 1989), было обнаружено, что сообщаемые эффекты избыточных концентраций отрицательных, положительных или ионов обоих знаков, встречающиеся в чистом воздухе на открытой местности, настолько различны, настолько противоречивы и настолько плохо изучены, что невозможно сделать какое-либо заключение о предполагаемых биологических эффектах при вдыхании такого воздуха. Расхождения в исследованиях вызывают озабоченность, связанную с точностью измерений концентраций воздушных ионов, типом одежды, которую носили испытуемые, описанием воздействия на человека и другими факторами, такими как температура и влажность. Не удалось полностью воспроизвести ни одно исследование, что делает все заключения, в лучшем случае, предположительными.

Операторы, работающие с дисплеями, подвергаются воздействию только очень незначительных концентраций воздушных ионов, которые гораздо ниже, чем образующиеся под влиянием горячих ветров. Было предпринято несколько попыток измерения влияния дисплеев, вероятнее всего их электростатических полей, на световые воздушные ионы (Knave и др., 1985б; Charry и др., 1986). Однако не только эти исследования до некоторой степени противоречивы, но и сообщаемые величины изменений невелики по сравнению с изменениями, вызываемыми другими факторами, такими как



вентиляция. В связи с общей недостаточностью выводов, касающихся риска для здоровья ионов, было бы целесообразно заключить, что дисплеи не вызывают изменения концентрации ионов, способных оказать какое-либо отрицательное влияние на здоровье (ВОЗ, 1987).

## **5. Исследования влияния на здоровье человека**

В начале 1980-х годов было высказано предположение, что работа с дисплеями вызывает три типа отрицательных эффектов для здоровья. Эти эффекты таковы: катаракта, патологический исход беременности и кожные высыпания. Первоначально тревога была сконцентрирована вокруг рентгеновского и ультрафиолетового излучений. Затем эти беспокойства были отброшены, поскольку уровни облучения этими видами излучений оказались очень низкими или отсутствовали вовсе. Далее внимание было обращено на различные электростатические поля вокруг дисплеев. Вслед за некоторыми экспериментальными исследованиями, на которые мы ссылались выше, и особенно вслед за результатами, полученными Delgado и др. (1980), центр внимания переместился к магнитным полям вокруг дисплеев. В последнее время наблюдается определенный возврат интереса к электрическим полям, например в Швеции обсуждаются проблемы кожных заболеваний.

Необходимо подчеркнуть, однако, что научное обсуждение возможного отрицательного воздействия на здоровье, связанного с работой с дисплеями, ни в коем случае не должно быть ограничено только лишь рассмотрением воздействия магнитных полей или, тем более, только эффектов излучения. Основным интересом для обсуждения вероятности подобных эффектов представляют другие типы факторов, обнаруживаемые при работе с дисплеями. Центральными факторами для такого обсуждения являются, в частности, стресс и климатические условия рабочих помещений.

Основной вопрос – может ли работа с дисплеями влиять на возникновение каких-либо отрицательных эффектов. Это изучалось в многочисленных эпидемиологических исследованиях, результаты которых будут рассмотрены ниже.

## **5.1. Патологический исход беременности**

Вопрос, может ли работа с дисплеями влиять на исход беременности, возник приблизительно в 1979-80 годах, одновременно с наблюдением так называемого "кластер-эффекта", то есть заметного временного повышения патологического исхода беременностей. "Кластер-эффект" наблюдался в группах беременных женщин, работающих с дисплеями, у которых отмечались необычайно высокая частота самопроизвольных аборт и рождение детей с пороками развития. Подобная ситуация может быть объяснена тем, что многочисленные группы, как с более высокой, так и с более низкой частотой развития подобных эффектов, могут случайно возникать сами по себе, но только в случае резкого (кластерного) повышения частоты существует вероятность того, что это явление будет замечено (избирательно) и описано (Bergqvist, 1984).

Альтернативное объяснение данного кластер-эффекта предполагало бы существование факторов, выражающих причинную обусловленность, связанную с работой с дисплеями. Было предложено большое число таких факторов, однако, большинство из них без достаточного на то основания. Например, первым из предложенных факторов было рентгеновское излучение, но по причине отсутствия эмиссии рентгеновского излучения от дисплея в эксплуатационных условиях, оно не может рассматриваться с позиции причинно-следственной связи в случае патологических исходов беременностей среди работающих с дисплеями. В настоящее время изучаются две возможности: магнитные поля очень низкой частоты и стресс или тревога (Bergqvist, 1990). Вероятность значимости первого фактора подробно обсуждалась выше. Стресс и тревожность – факторы эргономики и не связаны с облучением.

### ***5.1.1. Эпидемиологические исследования***

Проводились многочисленные эпидемиологические исследования с целью выяснения действительно ли работа с дисплеями во время беременности повышает риск невынашивания или рождения ребенка с пороками развития.

Обычным приемом является сравнение группы женщин, которые работали с дисплеями во время беременности, с другой группой женщин, которые этого не делали. Прямое сравнение, например, процента выкидышей в обеих группах, вряд ли возможно. До проведения каких-либо сравнений необходимо исключить влияние известных факторов, способных привести к невынашиванию беременности (возраст матери и др.). Таким образом, эпидемиологическое исследование патологических исходов беременности – длительный и довольно сложный процесс, и чтобы иметь возможность сделать правильный вывод, исследователем должны быть соблюдены многочисленные условия. Некоторые из таких исследований имели недостатки или не смогли выполнить определенные условия, необходимые для получения надежных результатов (ни в одном из этих исследований не была продемонстрирована связь между работой с дисплеями и патологическими исходами беременности). Необходимо также упомянуть, что в Австралии, Канаде, Японии, Норвегии, Польше, Великобритании и США проводились и другие типы исследований (обследования и широкие научные изыскания, касающиеся "кластер-эффекта"), не представившие доказательств разницы между работающими с дисплеями и контрольной группой.

Дальнейшее обсуждение будет ограничено десятью исследованиями, отвечающими требованиям объема и качества, чтобы иметь возможность выявить хоть какое-либо различие исследуемых групп, если оно вообще существует. В большинстве работ не представлено доказательств повышения частоты самопроизвольных аборт (Ericson и др., 1985; Butler и Brix, 1986; Ericson и Källén, 1986; Bryant и Love, 1989; Nielsen и Brandt, 1990; Schnorr и др., 1991), серьезных пороков развития (Ericson и др., 1985; Kurppa и др., 1985; Goldhaber и др., 1988; Brandt и Nielsen, 1990) или других выявленных фактов, таких как внутриутробная гибель плода незадолго до родов, низкий вес при рождении, преждевременные роды (Ericson и др., 1985; McDonald, 1988; Nurminen, 1988; Nielsen, 1989) или угроза выкидыша, плацентарный вес или кровяное давление у матери (Nurminen и Kurppa, 1988).

Монреальское исследование было построено на обращении женщин в 11 больниц города в связи с родами или самопроизвольными абортами в течение 1982-84 годов

(McDonald и др., 1988). Женщины были опрошены об условиях работы во время текущей беременности, а также во время предыдущих беременностей, если таковые были. Кроме некоторого увеличения нарушений со стороны мочевыделительной системы, в исследовании не были представлены доказательства увеличения числа врожденных пороков, однако не все было так ясно в отношении самопроизвольных аборт, особенно в случаях предыдущих беременностей. Особенности построения этого исследования таковы, что существует тенденция преувеличивать коэффициент преобладания во время предыдущих беременностей для тех, кто подвергался воздействию дисплеев, по сравнению с женщинами, которые не подвергались такому воздействию (McDonald и др., Bergqvist и др., 1984). Путем стратификации эта систематическая ошибка была устранена, и вслед за этим очевидное преобладание женщин, подвергавшихся воздействию дисплеев, исчезло (McDonald, 1988). Сходная, но меньшая ошибка также вероятна в отношении самопроизвольных абортов среди текущих беременностей.

В шведском исследовании методом "случай - контроль" (Ericson и Källén, 1986), отмечалось повышение необработанных коэффициентов преобладания\* для врожденных пороков развития (и до некоторой степени также и для самопроизвольных абортов) среди операторов, работающих с дисплеями, по сравнению с женщинами, чья работа не связана с использованием дисплеев. В исследовании не было сделано попытки объяснить патологический исход беременности также и за счет других возможных причин, и когда эффекты, имевшие отношение к стрессу и курению, были устранены, упомянутый выше рост патологических исходов беременности не представлялся более столь очевидным.

В другом исследовании методом "случай - контроль", выполненном в трех клиниках "Kaiser Permanente" в Северной Калифорнии (Goldhaber и др., 1988), сообщалось о повышении частоты самопроизвольных абортов среди операторов, работающих с дисплеями, по сравнению с контрольной

---

\* Коэффициент преобладания, КП, является мерой относительного риска в исследованиях методом "случай - контроль".

группой. Однако этот значительный рост был вызван тенденцией в одной из профессиональных категорий (канцелярские работники), в то время как в другой профессиональной категории (менеджеры, специалисты) сообщалось о снижении частоты самопроизвольных аборт в связи с работой с дисплеями. Эта противоречивая информация имеет два следствия: (а) заключение, касающееся двух профессиональных категорий, не подтверждено; и (б) это делает интерпретацию магнитных полей как возможной причины отрицательных последствий для беременных довольно неоднозначной, однако, вместо этого предлагает профессиональные факторы в качестве такой причины.

В исследовании Schnorr и др. (1991) группа женщин-телефонисток, использовавших дисплеи, сопоставлялась с группой операторов, которые их не использовали. Воздействие оценивалось в соответствии с количеством рабочих часов в неделю согласно данным компании, и путем измерения электрических и магнитных полей (45-60 Гц и 15 кГц) на дисплейных терминалах и на рабочих станциях без дисплеев. Среди 2430 опрошенных женщин было только 882 беременности (336 подвергшихся воздействию, 516 из контрольной группы), которые отвечали критериям для включения в исследование. Не было выявлено никакого дополнительного риска самопроизвольного аборта среди женщин, использовавших дисплеи в течение первого триместра беременности. Причины многоплодных беременностей, ранние и поздние аборт и вообще любые потери плода также не увязывались с использованием дисплеев. Не было очевидной корреляции типа "доза-ответ" при проверке рабочих часов у дисплея или при измерении электрических и магнитных полей.

В исследовании, проведенном в Финляндии, изучалась связь между случаями самопроизвольного прерывания беременности и магнитными полями крайне низкой частоты, измеренными вокруг дисплеев. Не было обнаружено связи между выкидышами и полями очень низкой частоты. Хотя эти результаты недостаточны для того, чтобы установить любые причинно-следственные отношения, они предполагают необходимость воспроизведения исследования (Lindbohm и др., 1992).

Некоторые исследования демонстрируют рост специфических врожденных пороков развития:

- гидроцефалия (исследование Arhus);
- пороки развития почек (Монреальское исследование);
- дефекты сердечно-сосудистой системы (исследование в Финляндии).

Обнаружено меньше, чем ожидалось, число таких специфических пороков развития, как:

- пороки развития нервной системы (исследование Arhus и др.);
- пороки развития конечностей (исследование Arhus и др.).

Объем исследований не позволяет объективно установить, был ли в действительности рост специфической патологии или нет. Необходимо отметить, что доверительные интервалы, связанные со специфическими пороками развития, обычно очень широкие, и случайная вариация способна привести к существенно отличающимся результатам.

Таким образом, большинству исследователей не удалось продемонстрировать возросшее число самопроизвольных аборт и рождения детей с врожденными пороками развития в связи с использованием дисплеев. Некоторые исследования содержат результаты, которые могут быть интерпретированы как возросший риск, связанный с работой с дисплеями. Вероятно, однако, что именно методологические проблемы объясняют наблюдавшийся рост некоторых видов патологии (как в рассматриваемом ранее Монреальском исследовании). Предвзятость памяти (предвзятость, вызванная способностью помнить ответы на вопросы анкеты или интервью), возможно, внесла вклад в результат шведского исследования методом "случай - контроль", присутствие предвзятости памяти в подобных обстоятельствах было продемонстрировано и в исследовании в канадской провинции Альберта (Bryant и Love, 1989).

Другие возможные факторы риска, которые были предложены исследователями, включали различные условия, связанные с профессиональной деятельностью, такие как стресс, и факторы эргономики. В исследовании Arhus (Brandt и Nielsen, 1990) отмечалась тенденция более высокого риска патологического исхода беременностей при работе с дисплеями в сочетании с повышенным уровнем стресса, в противовес

работе с дисплеями при низком уровне стресса - тенденция, которая, в общем, согласуется с полученными результатами в Kaiser Permanente (Goldhaber и др., 1988) и шведском исследовании методом "случай - контроль" (Ericson и Källén, 1986). Не было указаний на риск патологического исхода беременности, связанного с эргономической ситуацией, такой как длительная физическая бездеятельность (Nielsen и Brandt, 1990).

### ***5.1.2. Выводы о влиянии на беременность***

Экспериментальные исследования, демонстрируя различные результаты, в целом не смогли подтвердить влияние на репродуктивные процессы воздействия магнитных полей, сходных с таковыми вокруг дисплеев. Большинству исследователей не удалось выявить различие между группой женщин, работавших с дисплеями во время беременности, и теми, кто этого не делал. В то же время, исследователи, установившие подобное различие, высказали предположение, что оно скорее связано с ситуацией на работе (возможный стресс), чем с какой-либо физической эмиссией от дисплеев.

## **5.2. Влияние на органы зрения**

Исследования проводились с целью определить вероятность образования катаракты. Они последовали за диагностированными в 1980 году одним из врачей (Zaret, 1984) несколькими случаями "индуцированной излучением катаракты" у людей, работавших с дисплеями, хотя этот диагноз был подвергнут критике (National Research Council, 1983). В некоторых более ранних исследованиях изучалась такая вероятность, но подобные эффекты продемонстрированы не были. Дискуссии сфокусировались вокруг излучений (в частности, рентгеновского и ультрафиолетового), которые, как было показано, либо отсутствовали, либо уровни воздействия их были незначительны (ВОЗ, 1987; Marriott и Stchly). Крупномасштабное исследование, проведенное в Италии, более четко продемонстрировало отсутствие какой-либо существенной разницы между частотой развития катаракты среди работающих и неработающих с дисплеями (Bonomi и

Bellucci, 1989). Общепринятый вывод о том, что не существует связи между работой с дисплеями и развитием катаракты, был подтвержден, благодаря отсутствию каких-либо известных катарактогенных факторов, связанных с дисплеями.

### 5.3. Воздействие на кожу

Проведено несколько исследований, преимущественно в Швеции, посвященных вероятности возникновения заболеваний кожи в связи с работой с дисплеями. Эпидемиологические исследования содержат большое количество некоторых субъективных симптомов, таких как кожные высыпания или зуд у операторов, работающих с дисплеями, но последовательно продемонстрировать такое же увеличение диагностированных кожных заболеваний (Knave и др., 1985a; Lidén и Wahlberg, 1985; Svensson и Svensson, 1987; Lidén и Wahlberg, 1990), а также увеличение частоты патологических кожных изменений (Berg, 1989) не удалось.

В более ранних сообщениях о случаях заболеваний высказывались предположения об их взаимосвязи с электростатическими явлениями на рабочем месте (Wedberg, 1987). Позднее указывалось, что определенную роль может играть электростатический заряд на самом операторе (Knave и др., 1985б); однако интерпретация этих данных достаточно неопределенна, поскольку полученные результаты могут быть связаны с низкой влажностью в помещении. Нет указаний на существование связи между электростатическими полями от дисплеев и кожными заболеваниями, несмотря на несколько исследований в этой области (Knave и др., 1985б; Swanbäck и Bleeker, 1989; Lidén и Wahlberg, 1990). Попытки связать магнитные поля очень низкой частоты от дисплеев и заболевания кожи не привели к каким-либо результатам, указывающим на подобную связь (Swanbäck и Bleeker, 1989; Sandströv и др., 1989). Толкование ситуации таким образом, что все эти неудачи служат показателем отсутствия какой-либо связи между этими двумя типами полей и заболеваниями кожи среди операторов, работающих с дисплеями, были в дальнейшем косвенно подтверждены неудачными попытками уменьшить проявления кожных заболеваний за счет "внедрения низкорadiационных дисплеев" в Швеции. В одном из



исследований, проведенных в Сингапуре (Koh и др., 1989), выявлено, что доля операторов, работающих с дисплеями и испытывающих дерматологические проблемы, несколько ниже среди операторов, использовавших дисплеи, основанные на действии ЭЛТ (11,2 процента), по сравнению с операторами, использовавшими дисплеи, основанные на плазменной технологии (13,4 процента). Исследователям не удалось показать более высокий процент жалоб среди индивидуумов, использующих дисплеи, основанные на действии ЭЛТ, что как правило, предполагает более сильное воздействие магнитных полей очень низкой частоты.

С целью объяснить возросшую частоту субъективных кожных проявлений среди операторов, работающих с дисплеями, были выдвинуты многочисленные гипотезы, в частности, такие:

- предвзятое отношение к сообщениям о более выраженной тенденции развития кожных заболеваний среди операторов, работающих с дисплеями;
- воздействие известных контактных аллергенов;
- климатические факторы окружающей среды, вызывающие физиологические ответные реакции в виде расширения кровеносных сосудов, такие как высокая комнатная температура;
- стресс, вызывающий сходные реакции;
- реакция ожидания (Pavlovian);
- вторичные реакции на усталость глаз;
- воздействие других полей на рабочем месте, особенно электрических.

Основные акценты в научных исследованиях и успешной профилактической работе в настоящее время сконцентрированы на внешних климатических факторах (Wahlberg и Lidén, 1988), хотя одновременно внимание уделяется всем вышеперечисленным факторам.

Кроме дерматологических симптомов, некоторые операторы испытывали также симптомы, связанные с общей реакцией нервной системы, проявляющиеся головными болями, головокружением и т.п. (Knave и др., 1989). Этиология этих жалоб остается открытой для обсуждения и в настоящее время изучается.

## **6. Организация профилактических мероприятий и надзора**

### **6.1. Оценка риска**

Дисплеи стали одним из основных элементов современной производственной среды как устройство связи между людьми и компьютерами. Дискуссия о возможном влиянии дисплеев на здоровье человека сосредоточена на различных типах воздействия, таких как повреждение глаз или зрительный дискомфорт, дискомфорт в области шеи и плеч, вредное воздействие на репродуктивную функцию, заболевания кожи и различные стрессовые реакции. Операторы должны быть информированы их работодателями о правилах безопасности и условиях гигиены труда, о возможности риска возникновения зрительного дискомфорта, эргономических постуральных (связанных с длительным нахождением в вынужденной позе) проблемах и др. Ежедневная работа на дисплейных терминалах должна быть разнообразной, с перерывами и периодическим переключением на другие виды работ, чтобы уменьшить рабочую нагрузку у экрана дисплея.

#### ***6.1.1. Проблемы, связанные с органами зрения***

Многочисленные исследования показывают, что работа с дисплеями связана с ростом сообщений о различных типах зрительного дискомфорта, часто описываемого как "резь в глазах", "ощущение песка в глазах". Механизм, стоящий за развитием зрительного дискомфорта при работе с дисплеями, еще не полностью изучен, но вероятно на него влияет качество изображения, которое, как правило, хуже текста, напечатанного на бумаге. Кроме того, экранное изображение может включать такой фактор, как мерцание, которое также не является частью представления текста на бумаге.

Более того, некоторые проблемы, связанные со зрением, могут быть результатом взаимодействия между экраном и освещенностью на рабочем месте: слишком яркий свет и отражения, большая разница в яркости между различными объектами зрительного восприятия (экран, рукопись).

Независимо от обусловленных работой с дисплеями эргономических проблем, относящихся к зрению, возможность необратимого повреждения, вызванного работой с дисплеями

или облучением, главным образом рассматривается с позиции вероятности формирования катаракты в результате подобной работы; учитывались также и другие изменения, такие как развитие миопии. Эпидемиологические исследования частоты развития катаракты среди операторов, работающих с дисплеями, и среди других сотрудников офиса, не обнаружили никаких доказательств большей частоты развития катаракты среди операторов, работающих с дисплеями. Более того, факторы, известные или предполагаемые как катарактогенные, не были выявлены (на значимом уровне) вблизи дисплеев. Не существует данных, подтверждающих предположения о возможности развития необратимой миопии (близорукости), хотя имеются некоторые указания на возникновение кратковременной близорукости после рабочего дня.

Основываясь на современных знаниях, можно утверждать, что не существует риска для здоровья, связанного с излучениями или полями от дисплеев. Таким образом, нет научной основы, оправдывающей применение защитного экранирования от какого-либо радиационного излучения или необходимость постоянного контроля уровней излучения, а также обследования глаз у операторов, работающих с дисплеями, с целью обнаружить глазную патологию, вызванную излучениями.

### ***6.1.2. Проблемы, связанные со скелетно-мышечной системой, и эргономический дизайн***

Частота возникновения проблем, связанных со скелетно-мышечной системой среди операторов, работающих с дисплеями, достаточно высока, и существуют указания на то, что большему риску подвержены группы операторов, выполняющих определенные типы работ на дисплеях, таких как ввод больших объемов информации. Проблемы могут наблюдаться в области шеи и плеч, в области кистей и запястий. Повышенное напряжение мышц шеи было представлено в виде объективных результатов измерений (электромиография). Неблагоприятные условия для чтения и работы с клавиатурой, как сообщалось выше, могут быть причиной постурального напряжения, приводящего к неприятным ощущениям в суставах и мышцах. Вот только один пример постурального напряжения,

связанного с организацией рабочего места: в случае, если область чтения дисплея помещена на 10-20 градусов выше горизонтальной линии, проведенной от глаз оператора к дисплею, линия взора и голова оператора оказываются поднятыми кверху. Стрессовые ситуации в неудобной позе приводят к неестественному напряжению рук и кистей, сутулости, являются частой причиной заболеваний шеи, плеч и верхних конечностей. Поэтому очевидна важность конструирования и широкого использования различных устройств ввода информации, способствующих естественному состоянию кистей и запястий. Значительное внимание уделено дизайну клавиатуры; низкопрофильная, отделенная клавиатура - усовершенствование, которое все более широко используется. Другое устройство ввода, так называемая "мышь", также используется чрезвычайно широко. Однако оба этих устройства в зависимости от дизайна рабочего места также могут быть причиной дополнительного напряжения в мышцах запястий, рук и плеч.

Что касается необратимых скелетно-мышечных повреждений, то здесь ситуация полностью не изучена. Известно, что определенные заболевания, например, тендосиновит, развиваются в результате продолжительных, повторяющихся движений запястий; подобные условия могут, по понятным причинам, возникнуть при длительной интенсивной работе за клавиатурой. Могут ли специфические неприятные ощущения, связанные с работой с дисплеями, такие как боль в плечах и шее, перейти в необратимое заболевание, будет зависеть от организации труда и рабочей нагрузки. В некоторых публикациях о случаях подобных заболеваний выдвигается предположение, что это не является неизбежным, хотя окончательная оценка требует дальнейшего изучения. Пристальное внимание к таким состояниям дискомфорта является единственно правильным и разумным отношением к ситуации.

### ***6.1.3. Проблемы, связанные с заболеваниями кожи***

Скандинавские исследователи сообщали, что повышенное число заболевших некоторыми распространенными кожными заболеваниями (сыпь, ощущение жара, раздражение и т.д.) было

связано с работой с дисплеями. До сих пор не удалось пролить свет на конкретные факторы, приведшие к развитию этих заболеваний, однако, было высказано мнение, что одним из возможных факторов, способствовавших этому, является электростатический заряд на самом операторе (в условиях низкой влажности воздуха). Этот заряд будет увеличивать поверхностное осаждение загрязняющих примесей в воздухе (частичек пыли) на оператора, что может, в свою очередь, вызвать кожную реакцию, особенно у чувствительных индивидуумов. В эпидемиологических исследованиях не сообщалось или не было выявлено избыточного количества кожных заболеваний или видимых патологических кожных реакций.

#### ***6.1.4. Исход беременности***

В последние десятилетия большое внимание было уделено возможным негативным влияниям на исход беременности эффектов, связанных с работой с дисплеями. Большинству эпидемиологических исследований не удалось показать различие между группами женщин, работавших и не работавших с дисплеями во время беременности. В двух эпидемиологических исследованиях (Schnorr и др., 1991; Lindbohm и др., 1992) измерялись поля низкой частоты и крайне низкой частоты вблизи дисплеев. В обоих случаях не было обнаружено какой-либо связи между самопроизвольными абортными и полями низкой частоты, что же касается полей крайне низкой частоты, то здесь результаты варьировались. Экспериментальные исследования, показывая различные результаты, в целом не смогли продемонстрировать влияние на репродуктивную функцию экспозиционных характеристик магнитного поля вокруг дисплеев.

#### ***6.1.5. Производственный стресс***

Условия работы, которые могут привести к стрессовым реакциям и связанным со стрессом заболеваниям, довольно распространены в различных видах деятельности с использованием дисплеев. Повышенная частота связанных со

стрессом симптомов обнаружена среди многих групп операторов, в то же время в других группах выявлена противоположная ситуация. Существуют некоторые специфические условия, встречающиеся в работе с дисплеями, оправдывающие озабоченность: неожиданный выход из строя компьютера, длительное время ожидания и мониторинг или наблюдение за электронным оборудованием. В определенных рабочих ситуациях (высокая рабочая нагрузка, отношения с заказчиками, стимулирующая система оплаты) эти условия могут вызвать нежелательные и избыточные стрессовые реакции.

Вполне возможно, что стрессовые реакции играют роль в развитии зрительного дискомфорта и постуральных напряжений, также как и упомянутых выше кожных проявлений среди операторов. Вероятная связь между стрессом и невынашиванием плода также получила повышенное внимание, как в общих случаях, так и в ситуациях работы с дисплеями, однако делать однозначные утверждения в отношении этого явления не представляется возможным.

## **6.2 Контроль качества, техническое обслуживание и эксплуатационное тестирование**

### ***6.2.1. Контроль качества***

Контроль качества дисплеев гарантирует, что приборы функционируют должным образом. Как упоминалось ранее, было проверено много дисплеев, как в обычных, так и экстремальных условиях эксплуатации. Не было выявлено ни одного прибора, превысившего общепринятые предельно допустимые нормы облучения на расстоянии обычного положения оператора, составляющем 30 см от экрана. Поэтому нет необходимости контрольного тестирования уровней излучения в дополнение к проводимому в установленном порядке производителями с целью гарантировать, что их приборы надежно функционируют.

### ***6.2.2. Установка и эксплуатационное обслуживание***

Работа в окружении большого числа дисплеев рассматривается как возможный способ увеличения дозы радиационного облучения оператора, особенно в низкочастотном диапазоне полей. Однако обнаружено, что величина таких эмиссий быстро уменьшается по мере увеличения расстояния от дисплея. Например, при увеличении расстояния от оператора до дисплея вдвое, эмиссия снижается в 4 – 8 раз.

Таким образом, вероятность получить облучение полями от 6 – 8 дисплеев, находящихся на расстоянии 60 см от оператора, потребует удвоения уровня эмиссии, воздействию которой подвергался бы оператор, если бы находился на расстоянии 30 см от экрана его собственного дисплея. Ситуация, когда оператор окружен четырьмя или восемью дисплеями, и при этом все они находятся в радиусе 60 см от оператора, вряд ли может оказаться реальной. Более того, поскольку поля – векторные величины, сумма полей от нескольких дисплеев не может быть получена простым сложением цифровых значений их уровней; результирующее поле, в лучшем случае, будет стремиться к значению этой суммы, и, как правило, будет ниже. (На этом фактически основано использование компенсационных катушек в дисплеях с низким излучением для уменьшения эмиссии полей от дисплеев). При определении экспозиции поля на основании данных об эмиссии от различного радиоэлектронного оборудования регистрируемые уровни все равно будут значительно ниже всех соответствующих общих стандартов экспозиционных доз. Правильная организация рабочего места должна гарантировать, что расстояние, на котором находится оператор от других дисплеев, будет не менее, чем расстояние до его собственного дисплея.

Подобно другому электронному оборудованию, дисплеи иногда выходят из строя и нуждаются в ремонте. В ожидании ремонта дисплеи должны быть отключены, причем не из-за возможного излучения, а во избежание дальнейшего их повреждения.

В дисплее нет компонентов, которые в случае неисправности могли бы вызвать недопустимое повышение уровня эмиссии,

при этом продолжая давать приемлемое изображение. Природа электронных разверток, используемых в дисплеях, такова, что только в случае, когда их токи и напряжение соответствуют проектным допускам, они будут обеспечивать ясное и четкое изображение, поэтому любое радиационное излучение от прошедших ремонт дисплеев будет сходно с тем, которое производится новым оборудованием.

### ***6.2.3. Тестирование в эксплуатационных условиях***

Тысячи дисплеев и типов моделей во всем мире протестированы на радиационное излучение. Ни один из проверенных приборов не производил радиационную эмиссию выше рекомендуемых норм, и во всех случаях излучение было значительно ниже принятых общих стандартов экспозиционных доз.

Таким образом, тестирование дисплеев на радиационное излучение в эксплуатационных условиях является ненужным и неэкономичным.

Если существует постоянная тревога, связанная с радиационным излучением от новых терминалов, эффективный способ гарантировать, что эмиссия от дисплеев отвечает всем соответствующим стандартам, – включить эмиссионную спецификацию в торговую документацию к этому оборудованию. Пример такой торговой спецификации, ссылающейся на предельно допустимые нормы радиационного излучения, представлен ниже.

К спецификациям, использующимся при продаже дисплеев, могут быть добавлены следующие статьи:

#### ***(а) Подтверждение лабораторных тестов***

Поставщик должен представить письменное подтверждение от официально утвержденной лаборатории по тестированию оборудования, где указано, что данная модель дисплея соответствует во всех отношениях предельно допустимым нормам радиационного излучения, указанным в торговой спецификации. В дополнение должна быть представлена экспозиционная спецификация из статьи (с), приведенной ниже.

#### ***(в) Условие тестирования***



Во время тестирования эксплуатация дисплея должна осуществляться следующим образом:

- (i) внешние приборы должны быть установлены на максимальную яркость;
- (ii) должно использоваться нормальное напряжение источника питания;
- (iii) для дисплеев, способных представлять изображение положительной полярности (темные символы на ярком фоне), экран должен быть ярким (отсутствие символов);
- (iv) для дисплеев, способных представлять только изображение негативной полярности (яркие символы на темном фоне), экран должен быть заполнен изображением буквы "М".

*(с) Воздействие неионизирующей радиации*

(i) Уровни эмиссий КНЧ, ОНЧ, РЧ и ИЧ должны быть таковы, чтобы в той точке, где находится оператор, соответствовать национальным и международным стандартам по облучению.

(ii) Поверхностная плотность потока УФ-излучения с длиной волны в диапазоне от 315 до 400 нм не превышает 0,33 Вт/м<sup>2</sup> при измерении на расстоянии 30 см от центра и перпендикулярно экрану. Измерения должны быть выполнены для каждого цвета, генерируемого дисплеем. Для определения податливости должна использоваться максимальная эмиссия. Измерительные приборы должны иметь известный спектральный ответ. Любой ответ на видимое излучение должен приниматься во внимание, показания прибора должны быть отрегулированы соответственно.

*(д) Рентгеновское излучение*

Установлено, что ни один из дисплейных мониторов не излучает рентгеновское излучение благодаря толщине переднего стекла экрана монитора. Стандарты для рентгеновского излучения от телевизионного приемника (включая бытовые модели) таковы, что эмиссия, измеренная на расстоянии 5 см от любой дающей изображение трубки, не должна превышать 0,5 миллирентген в час на площади 1000 мм<sup>2</sup>.

#### ***6.2.4. Дополнительные приспособления к дисплею***

В последнее время стал доступен широкий выбор торговой продукции, которая, по заявлениям, уменьшает эмиссию электромагнитного излучения от дисплея или защищает оператора от излучения (экраны). Типичными устройствами являются различной формы экраны, которые либо прикреплены к дисплею, либо предназначены для ношения оператором. Если электростатический заряд на экране дисплея может быть уменьшен при использовании заземленного электропроводного экрана, прикрепленного к дисплею (во избежание накопления пыли), то с позиции воздействия на оператора использование таких экранов практически не уменьшает эмиссию магнитных полей. Ношение халатов или так называемой "защитной" одежды не рекомендуется. Использование экранов, созданных для уменьшения отраженного (яркого) света, может оказаться надлежащей защитной мерой при определенных условиях, когда проблема слишком яркого света не может быть разрешена иным путем.

### **6.3. Надзор и профилактические мероприятия, направленные на улучшение условий труда и рабочей среды**

Обязанностью работодателя является организация безопасных и здоровых условий труда, которые будут обеспечивать оптимальное физическое и психическое здоровье работников. Все рабочие должны быть информированы о том, какой риск для здоровья представляет их работа и каким способом этот риск может быть предотвращен. Каждый рабочий должен пройти обучение по использованию рабочей станции до того, как приступить к работе, а также в случае значительной модификации рабочего места.

Инструкции по защите от радиации, данные в предыдущих разделах, должны рассматриваться в комплексе с этими общими задачами. Мероприятия по защите и профилактике, касающиеся проблем зрения, перенапряжения скелетно-мышечной системы, стресса или других связанных со здоровьем проблем, не входят в круг вопросов этой публикации, которая сфокусирована на проблемах излучения от дисплеев. Однако полезно вспомнить

наиболее распространенные мероприятия по контролю за улучшением условий труда и рабочей среды.

### **6.3.1. Освещение и зрение**

Качество воспроизведения символов на экране дисплея существенно влияет на зрительное перенапряжение, возникающее в связи с работой с дисплеями. Необходимо избегать как прямого, так и отраженного яркого света, подбирая подходящее местоположение для дисплеев, или с помощью других средств. Так, экран должен быть размещен ниже уровня взгляда и с учетом расстояния от глаз оператора до экрана, которое должно быть подобрано индивидуально, но не быть слишком малым.

Непременным условием является то, что зрение оператора следует должным образом скорректировать, как это предписано специалистом, и предписания должны быть приняты во внимание при установке индивидуального расстояния между дисплеем и глазами оператора, угла между горизонтальной плоскостью и линией взгляда, а также наиболее часто используемой области на экране. Работающие с дисплеями должны иметь право на соответствующее обследование зрения и, в случае необходимости, на консультацию окулиста. Если для работы с дисплеем нужны специальные очки, сотрудники должны быть надлежащим образом ими обеспечены на время работы. Мотив для тестирования зрения и предписания специальных очков для работы с дисплеем – появление с возрастом пресбиопии (возрастного зрения), а также трудности, которые могут возникнуть во время работы с дисплеями, если не используются очки, приспособленные для специфической рабочей ситуации.

Уровень и дизайн освещения должны быть приспособлены к характеру выполняемой работы и изображению на дисплее. Предпочтение отдается современным дисплеям с положительной поляризованностью (темные символы на ярком фоне), поскольку они вносят меньше ограничений в естественное освещение, и это позволяет иметь более светлое рабочее место. Такие дисплеи, однако, должны иметь достаточно высокую скорость смены изображения и/или иметь медленный тип люминофора, чтобы мерцание не воспринималось пользователем. Чтобы избежать снижения контрастности

изображения, уровень освещенности должен быть менее 500 лк (вертикальная составляющая). Для дисплеев с негативной полярностью (яркий текст на темном фоне) уровень освещенности должен быть ограничен 200 лк (вертикальная составляющая). Другое важное ограничение – отношение яркостей между последовательно наблюдаемыми зрительными объектами (например, документы – экран) должно быть меньше, чем 10 : 1. Это ограничение легко установить для дисплеев с позитивной полярностью (яркий экран), но может быть проблематичным для многих дисплеев с негативной полярностью. Широко рекомендуется применять переменную освещенность, чтобы оператор мог приспособить ее к своим личным нуждам.

### ***6.3.2. Рабочая поза и рабочее место оператора***

Правильное положение тела во время работы помогает предотвратить боли в суставах и мышцах и заболевания скелетно-мышечной системы. Для длительного промежутка времени не существует идеальной позы. Когда это возможно, рекомендуется частая смена положения тела. Клавиатура должна быть отделена от экрана таким образом, чтобы рабочее место было индивидуализированным.

Рабочее место должно быть должным образом спланировано. Особенно важны рабочая высота, а также возможность избегать продолжительной работы в напряженной позе. Стол должен быть специально сконструирован и приспособлен к типу выполняемой работы. Кресло оператора должно иметь высоту, приспособленную для нужд пользователя, комфортную поверхность сиденья и регулируемую спинку, поддерживающую поясницу. Пространство под крышкой стола должно быть свободным, чтобы у оператора была возможность изменять положение ног и положение тела.

Особое внимание должно быть уделено условиям внешней среды, включая шум и влажность. Типичными рекомендациями могут быть следующие: температура в помещении в пределах 19-23 градусов Цельсия, влажность воздуха 40-50 процентов, уровень шума 40-50 дБ (60 дБ для офисов и 65-70 дБ для помещений, где ведутся телефонные переговоры) (MOT, 1989).

### **6.3.3. Организация труда**

Наилучший способ уменьшить любой возможный риск негативных последствий для здоровья – ограничить для каждого индивидуума общее время непосредственной интенсивной работы с дисплеями. Рабочее время предпочтительнее разделять на несколько более коротких промежутков, чем работать длительно без перерыва у экрана. Рекомендуется комбинировать работу с дисплеем с работой, где его применение не требуется. В отношении дневного рабочего времени с дисплеями были предложены различные ограничения: например, Международная Федерация торговых, конторских, профессиональных и технических служащих рекомендует, чтобы максимальная продолжительность работы с дисплеями составляла не более половины рабочего дня.

Короткие перерывы также необходимы; например, в случае интенсивной работы с экраном дисплея обычно предлагается 15-минутный перерыв для отдыха каждые полтора часа работы. Оптимальная продолжительность перерывов будет зависеть от природы задания. Эффективность такого перерыва также будет зависеть от того, когда он сделан: перерывы должны быть спланированы таким образом, чтобы они начинались до появления заметной усталости оператора. Оказалось, что короткие непродолжительные паузы более эффективны, чем один или два длинных перерыва. Перерывы, контролируемые работниками, могут быть более эффективны, чем жестко спланированные, контролируемые руководителем или технологическим процессом. Перерывы для отдыха должны занимать от 5 до 10 процентов рабочего времени.

Монотонная работа усиливает профессиональный стресс, и для предупреждения этого нужна хорошая организация труда. Достигнуть договоренности о необходимости варьировать задания и стиль работы можно в сотрудничестве с рабочим коллективом. Консультации и участие рабочих и их представителей – очень важный момент в процессе улучшения рабочей среды и условий труда.

## Приложение 1

### **ПРЕДПОЛАГАЕМЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ РИСК, СВЯЗАННЫЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСПЛЕЕВ**

#### **Положение Международного комитета по неионизирующей радиации и Международной ассоциации по радиационной защите**

Дисплеи стали одним из основных компонентов современных производственных условий как механизм взаимодействия между человеком и компьютером.

Дискуссия о том, может ли работа с дисплеями оказывать влияние на здоровье человека, была сконцентрирована на различных типах эффектов, таких как повреждение или перенапряжение глаз, неприятные ощущения в области шеи и плеч, различные стрессовые реакции, заболевания кожи и негативное влияние на репродуктивную функцию.

В этом контексте большая озабоченность высказывается в прессе в связи с радиационным риском из-за использования дисплеев, основанных на действии электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Эти аспекты будут освещены в настоящем документе, в то время как для обсуждения влияния различных эргономических факторов на здоровье читателю предлагается обратиться к другим источникам (см. ВОЗ, 1987 и др.).

Многочисленные тщательные научные исследования были сфокусированы на измерениях электромагнитного излучения или полей, возникающих в результате работы дисплеев, одновременно с этим несколько ограниченное внимание было уделено акустическому излучению: несколько публикаций были обращены к теме оценки риска этого вида излучения для здоровья.

1. Мягкое рентгеновское излучение образуется внутри ЭЛТ. Стекланный материал трубки, однако, эффективно предотвращает любое проникновение рентгеновского излучения за пределы трубки во время работы. Таким образом, с помощью обычных измерительных приборов рентгеновское излучение от трубки не определяется.

2. Ультрафиолетовое излучение близкой области спектра (А-УФ) может быть обнаружено у некоторых дисплеев. Однако его уровень незначителен по сравнению с существующими производственными стандартами ( $10 \text{ Вт/м}^2$ ) (МАРЗ, 1985), а также по сравнению с излучением от других источников (например, солнечный свет, проникающий через окно). В одном из исследований обнаружилось, что операторы, работающие с дисплеями, подвергались воздействию меньших доз А-УФ, чем те, кто с дисплеями не работал. Это приписывалось тому факту, что первые всегда закрывали шторы на окнах.
3. Видимое излучение может быть измерено и является необходимым для выполнения целевых функций ЭЛТ – обеспечивать видимое изображение. Зарегистрированные уровни свечения гораздо ниже современных предельно допустимых доз облучения. Такие, связанные со световым излучением от дисплеев, проблемы, как мерцание, контрастность изображения и другие, относятся к области эргономики и в данном издании не рассматриваются.
4. Инфракрасное излучение испускается всеми тёплыми телами, и, поскольку поверхность дисплеев имеет комнатную температуру или немного выше, инфракрасная эмиссия может быть обнаружена, хотя ее уровень намного ниже тех уровней, которые могут приносить потенциальную опасность.
5. В области низких и крайне низких частот, а также радиочастот могут определяться электрические и магнитные поля. Основные источники – источник питания, а также устройства, обеспечивающие горизонтальную и вертикальную развертки (с частотами около 50-80 Гц и 15-35 кГц соответственно). Эти поля не представляют риска, когда оцениваются в сравнении с современными ситуациями, инструкциями и рекомендациями для производственного облучения.
6. В некоторых странах отдельные операторы страдали кожными заболеваниями. Связь между этими заболеваниями и работой с дисплеями не установлена. Было выдвинуто предположение об электромагнитных полях как о возможной причине кожных заболеваний. Во всех проводимых исследованиях указывалось, что электростатический заряд на

самом операторе может быть относящимся к данной проблеме фактором. Связь между электростатическими полями и кожными заболеваниями, однако, до сих пор считается гипотетической.

7. Ультразвуковое (акустическое) излучение, производимое дисплеями как результат механической вибрации, генерируется в сердечнике строчного трансформатора (отвечает за горизонтальную развертку с частотой около 15-35 кГц). Обнаруженные уровни звукового давления значительно ниже существующих предельно допустимых норм воздействия (75 дБ) (МАРЗ, 1984). Некоторые высокочувствительные индивидуумы могут определять этот звук или субгармоники как раздражающий фактор.

Эффекты, которые, как предполагалось, были вызваны электромагнитным излучением или полями, включали патологический исход беременности и катаракту. При сравнении частоты встречаемости катаракты или патологических исходов беременности среди операторов, работавших с дисплеями, с контрольной группой, не удалось показать, что рост заболеваемости был вызван работой с дисплеями.

Основываясь на современных медицинских знаниях, можно утверждать, что не существует риска для здоровья, связанного с излучением или полями от дисплеев. Таким образом, не существует научной базы, оправдывающей применение экранирования или радиационного контроля дисплеев.

Однако, поскольку большое число людей вовлечено в работу с дисплеями, очень важно, чтобы дальнейшие знания были получены в тех областях, где наше знание должно рассматриваться как незавершенное. Эти области включают: (а) дальнейшие научные исследования, касающиеся возможной связи кожных заболеваний и работы с дисплеями, и если это так, определение факторов, вызывающих эти заболевания; (б) возможность взаимодействия между низкочастотными магнитными полями и биологическими системами. Необходимо уделить внимание магнитным полям в различных ситуациях и не ограничиваться рабочими ситуациями с дисплеями.

Измерения должны проводиться с целью обеспечения гарантии, что рабочие места, включающие дисплеи,



эргономически хорошо организованы. Это включает аспекты, связанные непосредственно с самими дисплеями, дисплейными терминалами, производственной средой, а также организацию труда. Проверка экранов также очень важна, необходимо убедиться, что оператор имеет адекватную оптическую резкость и ему не нужно применять какие-либо корректирующие очки при использовании дисплея на рабочем расстоянии.

## Приложение 2

### ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

#### ***1) Излучают ли дисплеи радиацию?***

Да. Дисплеи излучают радиацию, в частности видимый свет, который позволяет различать символы на экране. С помощью чувствительных приборов могут быть определены слабые электромагнитные поля и очень низкие уровни других излучений, не видимые для человеческого глаза. Подобные излучения могут создаваться телевизионными приёмниками.

#### ***2) Может ли излучение от дисплея быть вредным для здоровья?***

Уровни большинства излучений и электромагнитных полей, испускаемых дисплеями, гораздо ниже, чем те, которые испускаются природными источниками, такими как солнце или даже человеческое тело, и в ещё более значительной степени ниже уровней, которые рассматриваются как вредные такими экспертными организациями, как Международная ассоциация по радиационной защите Всемирной организации здравоохранения. Радиационные излучения от дисплеев не считаются вредными для здоровья.

#### ***3) Существует ли необходимость использования каких-либо устройств, защищающих от излучаемой дисплеями радиации?***

Страх возможных радиационных эффектов иногда заставляет операторов, работающих с дисплеями, уделять внимание защитным устройствам, таким как специальные фартуки и радиационные экраны. Все они не имеют какой-либо ценности, поскольку были сконструированы либо для экранирования рентгенологов от рентгеновского излучения, которое не испускается дисплеями, либо для минимизации низких уровней электромагнитных полей, которые в любом случае не считаются опасными для здоровья.

#### ***4) Как должно быть организовано рабочее место, если несколько дисплеев расположены рядом?***

Слабые электромагнитные поля, создаваемые телевизионными приёмниками и дисплеями, распространяются во всех направлениях, но их интенсивность очень быстро уменьшается по мере увеличения расстояния от источника.

Рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы быть уверенным в том, что операторы, работающие с дисплеями, не находятся ближе к другим дисплеям, чем к своему собственному.

**5) Увеличивается ли уровень излучения с течением времени по мере эксплуатации дисплеев или после ремонта?**

Дисплей не содержит компонентов, которые могут выйти из строя и тем самым вызвать повышение уровней эмиссии, продолжая в то же время давать чёткое изображение.

Сама природа электронных разверток (схем) такова, что дисплеи будут обеспечивать приемлемое изображение только в том случае, когда их токи и напряжение соответствуют их проектным допускам, поэтому более старые или прошедшие ремонт дисплеи не будут излучать радиацию, существенно отличающуюся от излучаемой новыми дисплеями той же модели.

**6) Существуют ли какие-либо достоинства тестирования дисплеев на радиационное излучение в эксплуатационных условиях на рабочем месте?**

Нет. Когда первые дисплеи стали обычным явлением, у многих работников новая технология вызывала тревогу. Тестирование в эксплуатационных условиях на некоторых предприятиях успокоило волнение рабочих, связанное с излучением от дисплеев, а поскольку радиационное излучение от дисплеев с увеличением сроков эксплуатации или после ремонта не возрастает, нет необходимости в дальнейшем проведении тестирования в эксплуатационных условиях.

**7) Может ли излучение от дисплеев оказывать повреждающее действие на ещё не развившегося ребёнка?**

Зная, что уровень излучения от дисплеев гораздо ниже, чем рекомендуемые предельно допустимые нормы, и что эти нормы сами по себе включают значительный коэффициент безопасности, можно предполагать, что радиационное излучение от дисплея не оказывает какого-либо воздействия на развивающийся плод. Проведено много научных исследований и ещё больше проводится с целью разрешить этот вопрос. Вся масса полученных доказательств однозначно указывает, что ответ на этот вопрос – отрицательный.

**8) Что можно сказать о других типах экранов по сравнению с дисплеями, основанными на действии электронно-лучевой трубки?**

Дисплеи с плоским экраном, так же как дисплеи, работающие на жидких кристаллах или газоплазме, создают даже меньшее количество излучения, чем те, в которых применяются телевизионные трубки.

По-видимому, было бы разумно использовать эти новые типы дисплеев для специальных целей, таких как увеличение портативности или сроков службы батарей, но тревога, связанная с излучением, не должна быть решающим фактором в ситуации выбора.

***9) Возможно ли уменьшить силу статических или низкочастотных электрических полей?***

Исследования доказали, что эти электрические поля очень низкие и не оказывают никакого влияния на здоровье. Однако, если возникает необходимость уменьшить яркость монитора, можно использовать недорогие пластиковые экраны в качестве проводящего покрытия. Если это покрытие заземлено, электрические поля будут уменьшены до чрезвычайно низких уровней.

Международная Программа по улучшению условий труда и окружающей среды (ПУ) была начата Международной Организацией Труда в 1976 по предложению Съезда Международной Организации Труда и после широкого обсуждения со странами-членами Организации.

Цель ПУ - содействовать или поддерживать усилия стран-членов Организации в определении и достижении целей, направленных на то, чтобы "сделать труд более гуманным". Таким образом, задача Программы - улучшение качества трудовой жизни во всех её аспектах: например, профилактика профессионального травматизма и профзаболеваний, более широкое применение принципов эргономики, соглашение по продолжительности рабочего времени, улучшение содержания и организации труда и условий труда в целом, большая озабоченность человеческим фактором. Для достижения этих целей ПУ использует и координирует традиционные виды деятельности МОТ, включая:

- подготовку и пересмотр международных трудовых стандартов;
- оперативную деятельность, включая отправку команд для помощи государствам-членам организации по их просьбе;
- трёхсторонние встречи между представителями правительств, работодателей и рабочих, включая промышленные комитеты, с целью изучения важнейших проблем, стоящих перед основными отраслями промышленности; региональные встречи и встречи экспертов;
- направленную на принятие активных мер исследовательскую работу и научный анализ; а также
- деятельность расчётной палаты, особенно через Международный Информационный Центр Безопасности и гигиены труда и Расчётную палату по распространению информации об условиях труда.

Эта публикация является результатом проекта ПУ.