



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond



Eesti tuleviku heaks

***Измерение параметров
физических факторов
опасности
в трудовой среде***

Руководство

Переработано
2011

Руководство составлено Испытательным центром
Института химии Тартуского университета.

В рабочей группе приняли участие:
Олев Сакс (руководитель рабочей группы)
Мартин Вильбасте
Сийм Киннас
Калле Кеплер

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общая часть.....	5
1.1.	О чем должны быть осведомлены работодатели, отвечающие за обеспечение безопасной трудовой среды?	5
1.2.	У кого заказывать измерения факторов опасности трудовой среды?.....	5
1.3.	Требования к документам, выдаваемым аккредитованными лицами, оказывающими услуги измерения	6
1.4.	Что такое неопределенность результата измерения?	6
1.5.	Каким образом должно оцениваться соответствие результатов измерений факторов опасности тродовой среды предельным нормам и нормативным интервалам?.....	7
1.6.	Базовые документы	7
2	Комфортность температурной обстановки трудовой среды	8
2.1.	Основные термины и определения.....	8
2.2	Различные решения по обеспечению комфортности температурной обстановки трудовой среды.....	9
2.3.	Параметры комфортности температурной обстановки в зданиях, спроектированных и построенных в соответствии с требованиями стандарта EVS-EN 15251 [1].....	10
2.4	Рекомендации для работодателя и факторы риска	12
2.5.	Базовые документы	14
3	Вентиляция в рабочих помещениях.....	15
3.1.	Основные понятия и параметры, характеризующие вентиляционные системы	15
3.2	Вентиляция как фактор опасности	15
3.3.	Рекомендации для работодателя	16
3.4.	Требуемые значения вентиляционного воздухообмена в соответствии с различными классами внутреннего климата [1]	16
3.5.	Базовые документы	18
4	Освещение на рабочем месте	19
4.1.	Основные понятия и параметры, характеризующие освещение на рабочем месте. Плотность светового потока, распределение яркости и блескость как факторы опасности.....	19
4.2.	Средства измерения освещенности	20
4.3.	Рекомендации для работодателя	20
4.4.	Составляющие неопределенности при измерении освещенности	22
4.5.	Рекомендуемые уровни освещенности E_m , факторы блескости UGR и индексы цветопередачи R_a	22
4.6.	Базовые документы	24
5	Шум	25
5.1.	Основные понятия и параметры для характеристики шума на рабочем месте	25

5.2. Рекомендации для работодателя. Средства защиты слуха и типичные средства измерения шума.....	27
5.3. Суть влияния шума и опасность, которую шум представляет для человека	29
5.4. Базовые документы	30
6 Вибрация	31
6.1. Основные понятия и параметры, характеризующие вибрацию на рабочем месте	31
6.2 Суть влияния вибрации и ее опасность для человека	31
6.3 Предельные нормы вибрации	32
6.4. Средства измерения вибрации и организация измерений.....	33
6.5. Рекомендации для работодателя	33
6.6. Источники неопределенности и оценка ее составляющих при измерении вибрации.....	34
6.7. Базовые документы	34
7 Электромагнитные поля.....	35
7.1 Физические величины, характеризующие электромагнитные поля и их влияние. Опасность, которую электромагнитные поля представляют для человека.....	35
7.2. Рекомендации для работодателя	36
7.3. Базовые документы и использованные материалы	37
8 Искусственное оптическое излучение	38
8.1. Основные понятия и параметры, характеризующие искусственное оптическое излучение	38
8.2. Суть воздействия некогерентного и когерентного оптического излучения и опасности, которую они представляют для человека.....	39
8.3. Измерение искусственного оптического излучения и необходимые для этого средства измерений	40
8.4. Рекомендации для работодателя	41
8.5. Базовые документы	42
9 Ионизирующее излучение в трудовой среде медицинских учреждений.....	43
9.1. Мониторинг излучения в медицинских учреждениях	43
9.2. Предельные нормы ионизирующего излучения на рабочих местах.....	45
9.3. Базовые документы	47

1 Общая часть

Данный материал предусмотрен для **работодателя** в широком значении; под работодателем здесь подразумевается руководитель учреждения/предприятия или назначенный им работник или специалист по трудовой среде, все из которых в той или иной мере отвечают за обеспечение безопасной трудовой среды. В руководстве кратко рассматриваются обязанности работодателя и основные термины, имеющие отношение к организации измерения параметров физических факторов опасности в учреждении или на предприятии, а также к оценке соответствия результатов измерений нормам.

1.1. О чем должны быть осведомлены работодатели, отвечающие за обеспечение безопасной трудовой среды?

В данном руководстве рассматриваются следующие наиболее часто встречающиеся в трудовой среде физические факторы опасности: комфортность температурной обстановки трудовой среды (скорость движения воздуха, температура воздуха, относительная влажность воздуха), вентиляция рабочих помещений, освещенность рабочего места, шум, вибрация, электромагнитные поля, искусственное оптическое излучение и ионизирующее излучение.

Работодатель обязан проводить анализ рисков трудовой среды, в ходе которого:

- определяются факторы опасности трудовой среды и при необходимости измеряются параметры факторов опасности;
- оцениваются риски для здоровья и безопасности работника;
- согласовываются необходимые на руководящем уровне предприятия действия и утверждается план действий для предотвращения и сокращения рисков для здоровья.

Анализ рисков проводится работодателем лично или лицом, оказывающим услугу трудового здравоохранения извне предприятия.

Определение факторов опасности является первым этапом анализа рисков. В результате этого получают информацию относительно присутствующих на предприятии опасностей. Первичная оценка того, может ли уровень физических факторов опасности превышать предельные нормы, может быть проведена работодателем лично при помощи индикаторного измерительного прибора, но более точные измерения следует заказать у компетентного лица или лаборатории, оказывающего подобные услуги и **использующего калиброванные средства измерения**.

Протоколы с результатами измерений сохраняются вместе с результатами анализа рисков. Результаты анализа рисков оформляются в письменном виде и сохраняются на протяжении 55 лет. Результаты измерений сообщаются работникам и их представителям.

Измерения проводятся повторно, если проводимые на рабочем месте изменения могут повысить уровень фактора опасности.

1.2. У кого заказывать измерения факторов опасности трудовой среды?

Данные о компетенции лиц и лабораторий, оказывающих услуги измерения, аккредитованных ЕАК (Sihtasutus Eesti Akrediteerimiskeskus), можно найти на сайте по адресу www.eak.ee.

Перед тем как сделать заказ, рекомендуется при помощи сайта www.eak.ee ознакомиться с **приложением** к свидетельству об аккредитации выбранного вами лица (или лаборатории). В этом приложении приведен размах аккредитации (*англ.* accreditation score, *эст.* akrediteerimisulatus): аккредитованные методы и диапазоны измерений, измерительная способность, информация относительно компетенции лица, оказывающего конкретную услугу.

Где может скрываться опасность?

Результаты измерений, находящиеся за пределами диапазона, указанного в приложении к свидетельству об аккредитации, не имеют юридической силы (не могут использоваться в судебном производстве) в любом случае, даже если измерение проведено компетентным лицом с помощью калиброванного средства измерения, но результат находится вне аккредитованного диапазона, который указан в приложении к свидетельству.

1.3. Требования к документам, выдаваемым аккредитованными лицами, оказывающими услуги измерения

Лица и лаборатории (в дальнейшем „лица“), аккредитованные в сфере измерений трудовой среды, обязаны выполнять требования стандарта EVS-EN ISO/IEC 17025 [2], в т.ч. требования в отношении оформления предъявляемых заказчику протоколов измерений и испытаний, а также свидетельств. Одной из предпосылок к аккредитации является соответствие форм выдаваемых документов требованиям стандарта. Выполнение требований проверяет ЕАК в ходе ежегодных визитов. Если у заказчика имеются сомнения относительно соответствия требованиям, он может обратиться в ЕАК.

Кроме того, в некоторых стандартах по методам измерений, перечислены параметры, которые должны содержаться в протоколе испытаний и измерений. Например, такой перечень приведен в стандарте EVS 891 «Измерение и оценка искусственного освещения на рабочих местах» (см. п. 4.3 данного руководства).

1.4. Что такое неопределенность результата измерения?

В современном понимании полученное при измерении единичное значение (измеренное значение или показание средства измерения) не считается полным результатом измерения. Единичное значение лишь приблизительно характеризует истинное значение измеряемой величины. Оно не содержит информации о достоверности измерений. По этой причине разделяются понятия «результат измерения» и «измеренное значение» или «значение результата измерения» [3].

Результат измерения должен содержать информацию о том, в каком интервале значений находится истинное значение измеренной величины. Данный интервал характеризуется параметром, называемым **«неопределенность результата измерения»** [3]. Обычно, неопределенность результата измерения оценивают на **уровне доверия 95%**.

Объясним на примере, используя следующие обозначения: $Q_{ист}$ – истинное значение измеряемой величины, $Q_{изм}$ – значение величины, полученное путем ее измерения, $U(95\%)$ – неопределенность результата измерения, оцененная на уровне доверия 95%.

Неопределенность результата измерения на уровне доверия 95% означает, что истинное значение измеряемой величины $Q_{ист}$ находится в интервале от $Q_{изм} - U(95\%)$ до $Q_{изм} + U(95\%)$. Это выражают обычно в компактном виде следующей формулой:

$$Q_{ист} = Q_{изм} \pm U(95\%).$$

Пример:

$$Q_{ист} = (84 \pm 3) \text{ дБ}, \quad P= 95\%.$$

Представленный таким образом полный результат измерения содержит следующую информацию:

истинное значение измеряемой конкретной величины является любым значением в интервале от 81 дБ до 87 дБ, при этом границы интервала оценены на уровне доверия P= 95%.

1.5. Каким образом должно оцениваться соответствие результатов измерений факторов опасности трудовой среды предельным нормам и нормативным интервалам?

Результат измерения фактора опасности трудовой среды удовлетворяет требованиям предельной нормы или нормативного интервала, если значение результата измерения вместе с неопределенностью не превышает предельную норму или не выходит за пределы нормативного интервала. При этом неопределенность результата измерения должна быть оценена на уровне доверия 95%.

Поясним на примерах.

Пример 1. Предельная норма уровня шума составляет 85 дБ (при 8-часовом рабочем дне). Если в результате измерений и обработки данных получен уровень шума на рабочем месте, например, (84 ± 3) дБ на протяжении восьмичасового рабочего дня, считается, что уровень шума превышает предельную норму, поскольку значение вместе с неопределенностью результата измерения $(84 + 3)$ дБ превышает предельную норму (см. например EVS-EN ISO 9612:2009) [4].

Пример 2. В результате длительных наблюдений установлено, что средняя температура воздуха на рабочем месте составляет $(19,5 \pm 1,5)$ °С. В случае данного рабочего места стандарт рекомендует температуру воздуха, например, от 19 °С до 25 °С.

Соответствует ли измеренная на рабочем месте температура воздуха рекомендациям стандарта?

Вычислим границы интервала, в котором находится средняя температура воздуха: $(19,5 - 1,5)$ °С = 18,0 °С и $(19,5 + 1,5)$ °С = 21,0 °С.

Вывод: не соответствует, поскольку нижняя граница 18,0 °С выходит за предел нормативного интервала.

Подобная трактовка гарантирует получение однозначно трактуемых решений при сравнении результатов измерений с предельными нормами или с нормативными интервалами. Такие решения невозможно оспорить даже в суде, если результаты измерений получены с помощью калиброванных средств и подтверждены протоколом, выданным компетентным лицом.

1.6. Базовые документы

1. Закон о трудовом здравоохранении и безопасности труда.
2. EVS-EN ISO/IEC 17025:2006 – Общие требования в отношении компетентности лабораторий, проводящих испытания и калибровку.
3. ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, First edition 1993. ISBN 92-67-10188-9.
4. EVS-EN ISO 9612:2009 – Определение шумового воздействия в рабочей среде. Технический метод.

2 Комфортность температурной обстановки трудовой среды

2.1. Основные термины и определения

Комфортность температурной обстановки – обобщенная характеристика, которая получается в результате статистического исследования, когда люди, находясь в одном и том же помещении, оценивают по предоставленной шкале свое ощущение комфорта и удовлетворенность на основании каких-либо показателей внутреннего климата и других параметров.

Внутренний климат – условия в помещении или здании, характеризующиеся температурой, качеством воздуха в помещении и воздушными потоками вентиляции.

Микроклимат – условия в помещении или здании, характеризующиеся температурой воздуха, относительной влажностью воздуха и скоростью движения воздуха.

Относительная влажность воздуха – выражающееся в процентах соотношение содержания находящегося в воздухе водяного пара и содержания водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре. Насыщенный водяным паром воздух – это воздух, который более не в состоянии связывать водяной пар.

С целью определения **комфортности температурной обстановки трудовой среды** в расчет принимаются следующие параметры [1]:

- оперативная температура
- относительная влажность воздуха
- скорость движения воздуха
- физическая активность работника
- тепловое сопротивление одежды.

Оперативная температура – температура, которая находится в промежутке между температурой воздуха и средними температурами излучения границ помещения¹.

Ограждения помещения (здания) – обобщенное название образующих помещение стен, пола, потолка, дверей и окон. Различаются внешние и внутренние ограждения. Внешними ограждениями являются внешняя стена, дверь и окна.

Температура излучения – показатель, который зависит от качеств поверхности излучающего тела и температуры поверхности и характеризует телом производимое тепловое излучение².

Оптимальная оперативная температура – оперативная температура, удовлетворяющая наибольшее возможное количество человек при данной одежде или деятельности активности [1].

Легкая физическая работа – в случае **категории Ia** затраты энергии работником составляют до 500 кДж/ч. Такими являются работы, выполняемые в сидячем положении и не требующие физического напряжения;

категория Ib – работа, выполняемая в сидячем или стоячем положении или связанная с ходьбой; такая работа сопряжена с незначительным физическим напряжением и затратой энергии в размере 500–630 кДж/ч.

Физическая работа средней тяжести – **категория IIa** – затраты энергии 630–840 кДж/ч. К таким работам относятся работы, связанные с ходьбой и передвижением изделий и предметов массой до 1 кг;

категория IIb – затраты энергии 840–1050 кДж/ч. К таким работам относятся работы, выполняемые в стоячем положении, связанные с ходьбой и передвижением изделий и предметов массой до 10 кг.

¹ Точнее: оперативная температура является теоретической равномерной температурой на ограниченной территории, где посредством излучения и конвекции пользователь выполняет теплообмен в таком же объеме, как и в фактически неравномерном помещении, °С

² Точнее: средняя температура излучения является теоретической равномерной температурой на ограниченной территории, где посредством излучения пользователь выполняет теплообмен в таком же объеме, как и в фактически неравномерном ограниченном пространстве, °С

Тяжелая физическая работа – категория III – затраты энергии работником превышают 1050 кДж/ч. Тяжелая работа характеризуется постоянным движением и передвижением или переносом изделий и предметов массой свыше 10 кг.

2.2 Различные решения по обеспечению комфортности температурной обстановки трудовой среды

Опыт множества предприятий и учреждений в странах Европы и в США демонстрирует, что обеспечение комфортности температурной обстановки на рабочих местах позволяет достичь существенного роста эффективности работы. Если раньше считалось, что для характеристики микроклимата на рабочем месте достаточно нормировать и измерять температуру воздуха, относительную влажность и движение воздуха, то современное определение комфортности температурной обстановки на рабочем месте происходит на других основаниях, которые приведены в гармонизированном стандарте **EVS-EN 15251 – Исходные данные относительно внутренней среды для проектирования и оценки энергетической эффективности зданий, исходя из качества воздуха в помещении, комфортности температурной обстановки, освещенности и акустики** [1]. Эти нормы не всегда и не в полном объеме могут применяться в отношении построенных ранее зданий, если такие здания используются в наше время для создания трудовой среды.

В случае с построенными ранее зданиями для обеспечения комфортности температурной обстановки трудовой среды рекомендуются нормативные диапазоны параметров микроклимата, ранее применявшиеся при проектировании зданий в Эстонии. Соответствующие нормативные диапазоны приведены в таблице 2.1.

Нормативные диапазоны зависят от категории работы и времени года. При подразделении работ на категории сложности за основу брались затраты энергии при их выполнении.

На промышленных предприятиях параметры комфортности температурной обстановки могут в некоторых случаях выходить за пределы приведенных в таблице 2.1 нормативных диапазонов. В таком случае предотвратить перегрев и переохлаждение работников в первую очередь помогает правильный выбор одежды. В холодное время года работодателю следует также рассмотреть возможность обеспечить наличие помещений, в которых работники могут согреться.

Таблица 2.1 Рекомендуемые нормативные интервалы параметров комфортности температурной обстановки в зависимости от категории работы и времени года

Холодное время года									
Категория работы	Температура воздуха, °С				Относительная влажность воздуха, %			Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная		Разрешенная		Оптимальная		Разрешенный верхний предел	Оптимальная, не выше	Разрешенная, не выше
	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел			
Ia (легкая)	20	24	19	25	40	60	70	0,1	0,1
Ib (легкая)	19	23	18	24	40	60	70	0,1	0,2
IIa (средней тяжести)	17	20	16	23	40	60	70	0,2	0,3
IIb	16	19	15	21	40	60	70	0,2	0,4

(средней тяжести)									
III (тяжелая)	15	18	13	19	40	60	70	0,3	0,5

Теплое время года									
Категория работ	Температура воздуха, °С				Относительная влажность воздуха, %			Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная		Разрешенная		Оптимальная		Разрешенный верхний предел	Оптимальная, не выше	Разрешенная, не выше
	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел			
Ia (легкая)	23	25	21	26	40	60	65	0,1	0,2
Ib (легкая)	22	24	20	25	40	60	70	0,2	0,3
IIa (средней тяжести)	21	23	18	24	40	60	70	0,3	0,4
IIb (средней тяжести)	20	22	16	23	40	60	75	0,3	0,5
III (тяжелая)	18	20	15	22	40	60	80	0,4	0,6

2.3. Параметры комфортности температурной обстановки в зданиях, спроектированных и построенных в соответствии с требованиями стандарта EVS-EN 15251 [1]

Внутренний климат подразделяется на четыре класса. Описание классов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Описание классов внутреннего климата [1]

Класс внутреннего климата	Пояснение
I	Высокие требования к качеству внутреннего климата. Рекомендуется в помещениях, где находятся очень чувствительные лица со слабым здоровьем и особыми требованиями, такие как лица с особыми потребностями, очень маленькие дети, пожилые люди
II	Обычные требования к качеству внутреннего климата. Применяются в новых и отремонтированных зданиях
III	Умеренные требования к качеству внутреннего климата. Могут применяться в новых и отремонтированных зданиях
IV	Показатели качества внутреннего климата, выходящие за рамки указанных выше классов. Данный класс может применяться только в течение ограниченного периода времени в году.

Примечание. В рамках стандарта [1] жирным шрифтом выделен II класс внутреннего климата.

Основанием для определения классов комфортности температурной обстановки являются два статистических показателя [1]:

- **ожидаемый уровень неудовлетворенности** PPD (*predicted percentage of dissatisfied*) демонстрирует, какое количество людей недовольно, если параметры комфортности температурной обстановки выходят за рамки диапазона, установленного для соответствующего класса комфортности температурной обстановки. Например, в случае класса В не удовлетворены менее 10%, а в случае класса С – менее 15% человек [1];

- **ожидаемая средняя оценка степени комфорта** PMV (*predicted mean vote*) выражает среднюю оценку большого количества людей соответствующему классу комфортности температурной обстановки по 7-бальной шкале (от -3 до 3), в которой оценка -3 соответствует холоду, а оценка +3 соответствует жаре. В случае класса В индекс PMV находится в промежутке от -0,5 до +0,5, а в случае класса С соответствующий промежуток составляет от -0,7 до +0,7.

В качестве примера в таблице 2.3 приведены действующие в отношении некоторых зданий нормативные диапазоны параметров комфортности температурной обстановки. В случае с новыми и отремонтированными зданиями работодатель имеет право в соответствии с действующим стандартом обеспечить диапазоны параметров комфортности температурной обстановки, соответствующие II классу. В более старых зданиях целесообразно обеспечение диапазонов параметров комфортности температурной обстановки, соответствующих III классу. В таблице 2.3 не приведены соответствующие I классу диапазоны параметров комфортности температурной обстановки. Такие диапазоны обоснованы в зданиях, где находятся очень чувствительные лица со слабым здоровьем, которые, как правило, не относятся к числу рабочей силы (см. таблицу 2.2) [1].

Таблица 2.3 Рекомендуемые нормативные диапазоны параметров комфортности температурной обстановки в зависимости от классов комфортности температурной обстановки в соответствии со стандартом EVS-EN 15251³

Тип здания (помещения)	Класс комфортности температурной обстановки	Оперативная температура, °С, [1]		Относительная влажность воздуха, %, [1]	Наивысшая скорость движения воздуха ⁴ , м/с	
		Минимальная зимой	Максимальная летом		Летом	Зимой
Контора	II	20,0	26,0	25–60	0,22	0,18
	III	19,0	27,0	20–70	0,25	0,21
Помещение для проведения конференций	II	20,0	26,0	25–60	0,22	0,18
	III	19,0	27,0	20–70	0,25	0,21
Аудитория	II	20,0	26,0	25–60	0,22	0,18
	III	19,0	27,0	20–70	0,25	0,21
Кафе, ресторан	II	20,0	26,0	25–60	0,20	0,16
	III	19,0	27,0	20–70	0,24	0,19
Магазин	II	16,0	25,0	25–60	0,20	0,15
	III	15,0	26,0	20–70	0,23	0,18
Школьные помещения, [2] класс		19,0	23,0	30–70	не выше 0,21	

³ Параметры комфортности температурной обстановки в школьных помещениях и детских садах в таблице 2.3 приведены в соответствии с постановлениями министра социальных дел [2] и [3]

⁴ Показатели скорости движения воздуха являются рекомендуемыми и установлены на основании ранее действующего стандарта EVS 839:2003 – Внутренний климат

спортивный зал	25,0	24,0		
душевая	18,0	27,0		
Детский сад, [3]			30–70	
комната группы, музыкальный или спортивный зал	20 18	22 20		

2.4 Рекомендации для работодателя и факторы риска

1. Жалобы работников являются основным сигналом к тому, что работодателю следует подумать о проверке параметров комфортности температурной обстановки трудовой среды при помощи сподручных индикаторных устройств.

Рекомендуется, чтобы не менее двух параметров комфортности температурной обстановки трудовой среды – температуру воздуха и относительную влажность – работники могли при желании проверить самостоятельно с использованием индикаторных устройств.

Если в результате корректировки параметров трудовой среды не сократится количество жалоб работников, работодателю рекомендуется воспользоваться помощью лиц, оказывающих услуги измерения.

2. Оказывающая на работника влияние оперативная температура учитывает как температуру воздуха, так и среднюю температуру излучения. Если средняя температура излучения на границах помещения (стены, окна, пол, потолок) отлична от температуры воздуха, при описании комфортности температурной обстановки для работника рекомендуется использовать оперативную температуру, а не температуру воздуха. В холодное время года рекомендуется защищать рабочие места от излучающегося с застекленных поверхностей окон холода, а в теплое время года – от солнечного излучения.

3. Поддержание относительной влажности воздуха в пределах нормативного диапазона может быть непростой задачей. В особенности в морозные дни относительная влажность воздуха может быть ниже нормативного диапазона. Для исправления ситуации рекомендуется испарять воду при температуре выше температуры воздуха в помещении, если использование климатической установки не представляется возможным или практичным.

Чересчур низкая относительная влажность может привести к повышению чувствительности глаз или даже воспалениям, носовым кровотечениям, сухости слизистых оболочек.

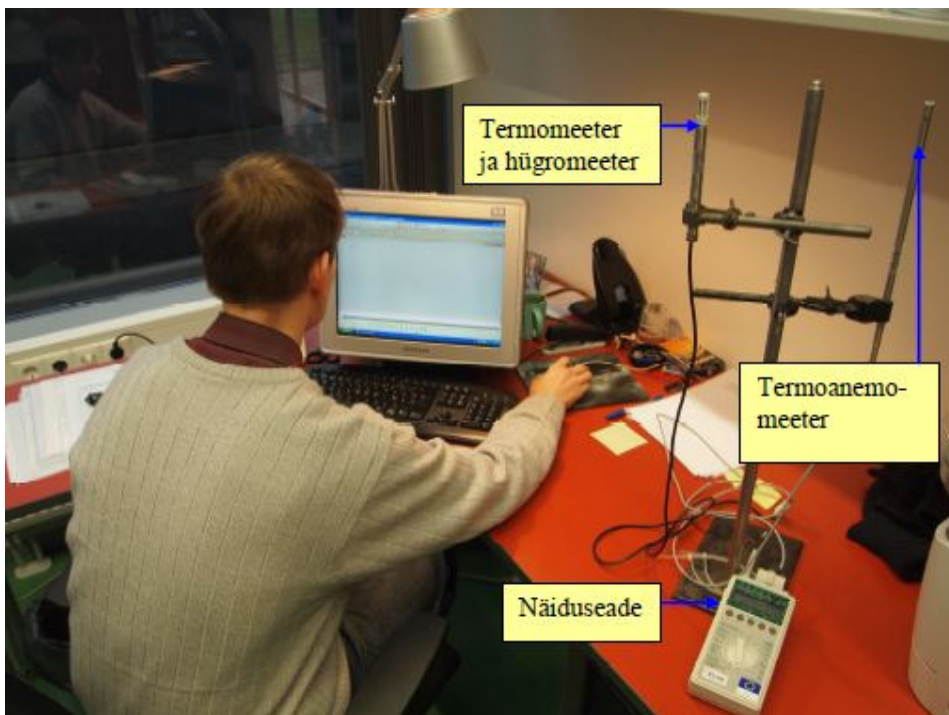
4. Чересчур высокая относительная влажность (85% и более) способствует развитию микроорганизмов (плесени) – преимущественно в плохо проветриваемых зонах помещения, где температура воздуха ниже средней. Плесень может привести к возникновению аллергии.

5. Сквозняк или излишне высокая скорость движения воздуха также уменьшает комфортность температурной обстановки для работника. По этой причине рекомендуется, чтобы рабочие места не были расположены поблизости от отверстий вентиляционной системы.

Использование коробки распределения воздуха или другого средства направления и распределения воздушного потока позволяет сократить скорость движения воздуха на рабочем месте, если именно это является предметом жалоб.



Рис.: Измерение параметров микроклимата с использованием трех сенсоров (температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха)



Термометр и гигрометр

Термоанемометр; Показывающее устройство

Рис.: Измерение параметров комфортности температурной обстановки на рабочем месте (температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха)



Рис.: Логер ELSEC 764 UV+Monitor – Логер, который показывает и периодически записывает в своей памяти данные о температуре воздуха, относительной влажности, освещенности и интенсивности УФ-излучения.

2.5. Базовые документы

1. EVS-EN 15251:2007 – Исходные данные относительно внутренней среды для проектирования и оценки энергетической эффективности зданий, исходя из качества воздуха в помещении, комфортности температурной обстановки, освещенности и акустики.
2. Требования в области охраны здоровья для школ. Постановление № 94 министра социальных дел от 11.12.2009 (RTL 2009, 96, 1437).
3. Охрана здоровья в дошкольных детских учреждениях, требования в отношении развития здоровья и составления расписания. Постановление № 40 министра социальных дел от 21.05.2010 (RTL 2010, 26, 458).

3 Вентиляция в рабочих помещениях

3.1. Основные понятия и параметры, характеризующие вентиляционные системы

Поток воздуха; объемная скорость воздуха - объем поступающего или выводящегося вентиляцией воздуха в единицу времени. Как правило, измеряется в кубометрах в час ($\text{м}^3/\text{ч}$) или в литрах в секунду ($\text{л}/\text{с}$). Уличный воздух поступает в помещение или в здание посредством вентиляционной системы, либо через дверей, окон, стен и возможных неуплотненных мест. **Вентиляционный воздухообмен** проектируется в соответствии с предназначением помещения и количеством человек в нем, что регулируется строительными предписаниями и стандартами [1–4]. С точки зрения собственника здания большую важность имеет **проект вентиляционной системы**, где подробно указаны устройства и детали системы, а также запроектированные значения потоков воздуха.

Воздухонепроницаемость вентиляционной системы – параметр, характеризуемый скоростью утечки воздуха на один квадратный метр вентиляционного канала, например в литрах в секунду на один квадратный метр $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Согласно стандартам [7 и 8] системы в соответствии с воздухонепроницаемостью подразделяются на т.н. классы воздухонепроницаемости А, В, С, D. Начиная с класса А, предельная допустимая норма утечки воздуха каждого последующего класса в 3 раза меньше в сравнении с предыдущим классом. В обычных рабочих помещениях и зданиях, где не используются ядовитые летучие соединения, достаточным является класс воздухонепроницаемости В или С. С этой целью для соединения деталей, труб, колен и пр. частей вентиляционной системы используются резиновые прокладки, которые в случае класса В обеспечивают утечку воздуха до $0,802 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, если статическое давление в системе не превышает барометрического давления на 1000 Па, а в случае класса С до $0,267 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Если в воздухе вытяжного канала вентиляционной системы находится ядовитая или другая опасная для здоровья человека добавка, для соединения труб используются другие приемы, в т.ч. сварные швы, удовлетворяющие требованиям непроницаемости класса D $0,089 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Шум вентиляционного оборудования – производимый вентиляционной системой шум на рабочих местах, в общественных зданиях, детских учреждениях, школах, больницах и пр. Защита от шума см. стандарт [5]. Измерение уровня шума рассматривается в разделе 5 руководства.

3.2 Вентиляция как фактор опасности

Вентиляция является одним из вспомогательных средств, позволяющих обеспечить комфортность трудовой среды и избежать причинения здоровью вреда в связи с наличием в помещении загрязненного или насыщенного углекислым газом (CO_2) воздуха. Малоподвижный воздух и сквозняк в помещении также представляют для людей опасность. Для создания хорошего микроклимата используются системы естественной или механической вентиляции. Системы проектируются и строятся в соответствии с требованиями стандартов [1–5], но перед вводом в действие, а также периодически в ходе эксплуатации они нуждаются в настройке, регулировке и проверке посредством испытаний, поскольку со временем системы загрязняются, изнашиваются и в них могут произойти изменения в результате деятельности человека.

3.3. Рекомендации для работодателя

1. Работодатель обязан предупредить всех работников и использующих помещения лиц, чтобы те не проводили самовольной регулировки вентиляционной системы, поскольку такие действия могут вывести из равновесия всю вентиляционную систему.

В результате регулировки конечного элемента вентиляционной системы (плафона, ящика-распределителя воздуха) в одном месте, потоки (объемные скорости) воздуха могут измениться в большей или меньшей мере в других местах системы.

2. Регулировка вентиляционной системы и настройка в соответствии с проектными значениями должна проводиться только прошедшими специальное обучение специалистами. Как правило, такие работы проводятся предприятиями, специализирующимися на строительстве вентиляционных систем.

3. Рекомендуется, чтобы потоки воздуха отрегулированной вентиляционной системы были повторно замерены компетентным лицом, независимым от строителя вентиляционной системы. В протоколе с результатами измерений при каждом результате измерения потока должна быть приведена неопределенность результата измерения.

В соответствии со стандартом [6] потоки воздуха не должны отличаться от запроектированных значений более чем на 20%. В случае более значительных различий следует выяснить причины с привлечением предприятия, осуществившего строительные работы.

4. Изменения в значениях воздушных потоков вентиляционной системы со временем неизбежны. Причиной может быть загрязнение воздушных фильтров (фильтры нуждаются в периодической замене или прочистке). В каналы вентиляционной системы также могут попасть посторонние предметы, накопиться пыль, песок или паутина. В связи с этим вентиляционную систему следует периодически очищать – такую работу предприятие или учреждение может выполнять своими силами, либо заказать услугу в фирме, специализирующейся на техническом обслуживании вентиляционных систем.

5. Качество воздуха в помещении измеряется преимущественно косвенными методами, измеряя вентиляционный воздухообмен по помещениям. Лишь в случаях, когда сохраняются конкретные жалобы работников (например, нездоровый воздух, ощущение нехватки воздуха, неприятный запах), но измерение вентиляционного воздухообмена демонстрирует, что воздух поступает нормально (соответствует проекту или значения потоков воздуха находятся в рекомендованных интервалах), следует изучить концентрацию CO₂ и замерить конкретные количества загрязняющих веществ в воздухе, таких как выделяющиеся из материалов отделки соединения, летучие органические вещества, мелкая пыль и пр.

6. В помещениях, где основным источником загрязнения являются люди, предпочтительно проводить замеры концентрации CO₂ в зимние месяцы, поскольку в холодное время года поступление воздуха извне, как правило, сокращают или реже открывают окна для проветривания. Концентрацию CO₂ предпочтительно измерять на уровне головы и в период, когда можно ожидать наиболее высокой концентрации CO₂, например, в конце рабочего дня.

3.4. Требуемые значения вентиляционного воздухообмена в соответствии с различными классами внутреннего климата [1]

Общая объемная скорость воздухообмена в помещении рассчитывается по следующей формуле:

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A \cdot q_B$$

где q_{tot} – общая объемная скорость воздухообмена помещения, л/с;
 n – количество находящихся в помещении людей;
 q_p – объемная скорость воздухообмена, необходимая для разбавления загрязняющих веществ, выделяющихся от людей, л/с на одного человека;
 A – площадь пола в помещении, м²;

qV – необходимая объемная скорость воздухообмена для разбавления загрязняющих веществ, выделяющихся из строительных и отделочных материалов здания, л/(с·м²).

Таблица 3.2 Необходимые базовые объемные скорости воздухообмена для разбавления выделяющихся от людей загрязняющих веществ (биологических загрязняющих веществ) в соответствии с различными классами внутреннего климата (см. классы, таблица 2.2)

Класс внутреннего климата	Предполагаемый процент людей, испытывающих неудобство	Объемная скорость воздуха на человека q_p л/с
I	15	10
II	20	7
III	30	
IV	> 30	< 4

Необходимые объемные скорости воздухообмена для разбавления (q_v), исходя из выделяющихся из материалов здания загрязняющих веществ			
	Здания с крайне низким уровнем выделения загрязняющих веществ, л/(с·м ²)	Здания с низким уровнем выделения загрязняющих веществ, л/(с·м ²)	Здания с низким уровнем выделения загрязняющих веществ, л/(с·м ²)
Класс I	0,5	1,0	2,0
Класс II	0,35	0,7	1,4
Класс III	0,3	0,4	0,8

Примечание. В рамках стандарта [1] жирным шрифтом выделен II класс внутреннего климата.



Рис.: Измерение потока воздуха при помощи устройства Testovent 410, размещенного на плафоне.



Рис.: Измерение потока воздуха, выходящего из помещения через плафон. Пример измерения методом дифференциального давления.

3.5. Базовые документы

1. EVS-EN 15251:2007 – Исходные данные относительно внутренней среды для проектирования и оценки энергетической эффективности зданий, исходя из качества воздуха в помещении, комфортности температурной обстановки, освещенности и акустики.
2. EVS 845-1:2004 – Проектирование вентиляционных систем в зданиях. Часть 1: Общие требования.
3. EVS 845-2:2004 – Проектирование вентиляционных систем в зданиях. Часть 2: Выбор вентиляционных установок.
4. EVS 845-3:2004 – Проектирование вентиляционных систем в зданиях. Часть 3: Особые требования. (Для школ).
5. EVS 842:2003 – Требования по звуковой изоляции строений. Защита от шума.
6. EVS-EN 12599:2000 – Вентиляционные системы в зданиях – Методы проведения испытаний и измерений для сдачи установленных вентиляционных систем и систем кондиционирования.
7. EVS-EN 12237:2003 Ventilation for buildings – Ductwork – Strength and leakage of circular sheet metal ducts.
8. EVS-EN 1507:2006 Ventilation for buildings – Ductwork – Sheet metal air ducts with rectangular section – Requirements for strength and leakage.

4 Освещение на рабочем месте

4.1. Основные понятия и параметры, характеризующие освещение на рабочем месте. Освещенность, распределение яркости и блескость как факторы опасности

Освещенность (E) равна соотношению падающего на освещаемую поверхность светового потока (Φ) и площади (S):

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Единицей измерения освещенности является «люкс» (лк). 1 лк = 1 лм/м².

Люмен (лм) является единицей измерения светового потока, а площадь при этом измеряется в квадратных метрах.

Освещенность называется также плотностью светового потока. Световой поток характеризует силу (или интенсивность) восприятия человеческого глаза, вызванную световым излучением. Опытным путем установлено, что световому потоку силой один люмен (1 лм) при длине волны 555 нм соответствует поток излучения мощностью 0,0016 Вт.

Освещенность и ее пространственное и спектральное распределения оказывают влияние на выполнение человеком рабочих задач, связанных со зрением. От освещенности зависят безопасность, скорость и удобство выполнения рабочих операций.

Равномерность освещенности рабочей зоны характеризуется соотношением наименьшей и средней освещенности.

Показатель обслуживания освещенности \bar{E}_m является значением, ниже которого не должна падать средняя освещенность данной поверхности (*англ.* maintained illuminance, *эст.* valgustiheduse hooldeväärtus). Данное понятие также можно определить как среднюю освещенность в конце периода обслуживания осветительной установки, т.е. непосредственно перед проведением планового обслуживания (заменой ламп, чисткой светильников и т.п.).

Распределение яркости поля зрения определяет состояние адаптации глаз, что, в свою очередь, оказывает влияние на видимость, а также на зрительный комфорт. Хорошо сбалансированная адаптационная яркость необходима для повышения работоспособности глаз, остроты зрения и разрешающей способности глаз по контрастности.

Во избежание возникновения избыточно светлых зон, рекомендуется соотношение максимальной и средней освещенности в рабочей зоне не выше 1,4.

Блескость является ощущением, которое вызывают избыточно светлые зоны зрительного поля. Ощущение может выражаться в **дискомфрте, ослеплении, вызывающем потерю способности видеть**, или же в ослеплении, возникающем из-за отражения блестящих поверхностей. Такой эффект называется **отраженным ослеплением**.

Блескость характеризуется обобщенным показателем блескости URG (*англ.* Unified Glare Rating). Вызывающее потерю способности видеть ослепление может привести к несчастным случаям на рабочем месте и, как следствие, к судебным тяжбам, ошибкам в технологическом процессе, а также усталости.

Общий индекс цветопередачи R_a является характеристикой свойств цветопередачи источника света. При адекватной передаче цвета окружающей среды, предметов, человеческой кожи и сигнальных цветов наивысшим возможным показателем индекса R_a является 100. Индекс цветопередачи R_a уменьшается тем сильнее, чем больше спектр излучения используемого источника света отличается от спектра естественного (дневного) света. Лампы с индексом цветопередачи ниже 80 не должны использоваться в помещениях, где люди работают или находятся в течение продолжительного периода времени.

Освещенность следует измерять в рабочей зоне во время выполнения всех задач, и она должна соответствовать значениям, рекомендованным в стандарте EVS-EN 12464-1 – Свет и освещение. Освещение на рабочем месте. Часть 1.

Внимание! Приведенные в данном стандарте значения освещенности фактически являются показателями обслуживания освещенности \bar{E}_m .

Обеспечение нормальной освещенности рабочих мест является обязанностью работодателя. Недостаточная освещенность может привести к несчастным случаям на рабочем месте, усталости глаз и ухудшению зрения.

Избыточная освещенность, яркий свет и источники света ненадлежащего спектра также могут стать причиной усталости глаз, ухудшения зрения и общей усталости, равно как и привести к несчастным случаям на рабочем месте.

С точки зрения оценки трудовой среды, объектом преимущественно является внутренняя среда с искусственным освещением.

Используемые методы измерения искусственной освещенности внутренней среды, рабочие приемы и средства аналогичны и подобны методам измерения освещенности находящихся на улице рабочих мест [4]. В данном руководстве измерение внешнего освещения не рассматривается.

4.2. Средства измерения освещенности

Прибор, используемый для измерения освещенности, называется **люксметром**. Современные люксметры снабжены фотометрическим датчиком, спектральная чувствительность которых достаточно точно соответствует кривой спектральной чувствительности человеческого глаза. Поэтому такие люксметры не нуждаются в применении внешних корректирующих фильтров. Старые типы люксметров снабжены дополнительными светофильтрами и инструкцией их применения, в зависимости от спектра источника света.

Требования в отношении средств измерения освещенности, распределения яркости и блескости приведены в стандарте EVS 891 [3]. Диаметр приемной поверхности фотометрического датчика люксметра не должен превышать 3 см.

Более старые люксметры с диаметром датчика большего размера могут использоваться в качестве индикаторов. Индикаторные люксметры допускается применять для первичной оценки освещенности самим работодателем. Аккредитованные лаборатории, оказывающие услуги, должны применять люксметры, калиброванные в аккредитованной лаборатории в течение времени, не превышающего двух лет.

4.3. Рекомендации для работодателя

Измерение освещенности в учреждении или на предприятии должно организовываться периодически в соответствии с рекомендациями составителя проекта или специалиста по вопросам освещения, а также в случае возникновения жалоб работников на недостаточно хорошее освещение. Проверку должно пройти соответствие освещенности показателям обслуживания \bar{E}_m . Измерения с использованием индикаторного устройства (люксметра) должны проводиться работающим в учреждении или на предприятии специалистом по рабочей среде, если такой специалист прошел соответствующее обучение.

Индикаторные люксметры также должны регулярно, предпочтительно 1-2 раза в год, проверяться посредством калибровки. Если полученные при помощи индикатора-люксметра значения величин меньше требуемых, соответствующий работник учреждения или предприятия обязан проверить исправность и напряжение осветительных приборов на рабочих местах, заменить лампы на новые, а затем, по возможности, повторно провести измерения с использованием индикаторного люксметра. Если освещенность не улучшилась, следует обратиться к аккредитованному лицу, оказывающему услуги измерения и, при необходимости, изменить систему освещения в соответствии с рекомендациями специалиста.

Дополнительная информация для работодателя:

1. Аккредитованным лицом, оказывающим услуги измерения, также может быть проверено:
 - 1) соответствие реальной освещенности проектной документации в построенных или отремонтированных зданиях;
 - 2) текущее состояние (показатель обслуживания \bar{E}_m) освещения, которое сравнивается с требованиями правовых актов или государственными и международными стандартами с целью определения помещений и рабочих мест, где необходимо провести обслуживание освещения, его замену или изменение системы.
2. В случае выполнения обозначенных в пункте 2) действий измеряется общая освещенность и местная освещенность. Соответствующие измерения проводятся в темное время суток или с затемненными окнами. Во время проведения измерений уровень освещенности снаружи помещения не должен превышать 1 лк. Освещенность измеряется на прогретых светильниках – светильники включают не менее чем за 10 минут до начала проведения измерений. Также проверяются значения и стабильность напряжения источника питания. Относительно общего освещения составляется план точек проведения измерений, который адаптируется в ходе работ, если оказывается, что какая-либо зона недостаточно хорошо покрыта точками проведения измерений, чтобы определить освещенность.
3. Измерение блескости предполагает наличие средств, необходимых для измерения пространственных углов (штатива и других вспомогательных средств) и знание соответствующих методов проведения измерений, приведенных в стандарте EVS 891 [3]. Измерение блескости и других связанных с освещением параметров, а также оценка неопределенности результата измерения требуют наличия специальных знаний в области оптических измерений. В Эстонии немного специалистов, которые в состоянии провести оценку блескости. В то же время на сайте www.eak.ee можно найти много аккредитованных лиц, в чьей компетенции находится измерение освещенности.
4. В пункте 9 стандарта EVS 891 [3] перечислен минимум данных, который должен содержаться в протоколе измерений освещенности, представляемом заказчику оказывающим услугу измерения лицом.
Эти данные следующие:
 - a) точное название рабочего места (в помещении либо на открытом воздухе), территории, помещения или пр.;
 - b) цель проведения измерений (проверка перед принятием в эксплуатацию, очередная проверка и т.п.);
 - c) имя и профессиональные данные лица, проводящего измерения;
 - d) дата и время проведения измерений;
 - e) точные данные (в т.ч. класс точности) используемых измерительных приборов;
 - f) план помещения, где проводятся измерения, либо рабочего места, расположенного на открытом воздухе, а также, в случае необходимости, разрез с растром измерений и точками измерения на рабочем месте, точки измерения освещенности, дополнительные данные в случае измерения других показателей;
 - g) данные о лампах и светильниках, размещение светильников;
 - h) результаты измерений;
 - i) время проведения измерений ламп и примененные поправочные коэффициенты;
 - j) температура воздуха во время измерений;
 - k) особенности измерений (при наличии таковых);
 - l) соответствие полученных показателей требуемым или разрешенным;
 - m) учет погрешности измерения используемых измерительных приборов;
 - n) подпись и дата.

Протокол измерений также может включать рекомендации по изменению осветительных установок.

4.4. Составляющие неопределенности при измерении освещенности

1. Неопределенность калибровочного устройства люксметра.
2. Отличие спектра измеряемого источника света от стандартного распределения чувствительности люксметра.
3. Отличие напряжения питания источника света от номинального значения.
4. Неопределенность экспоненты, которая выбирается в соответствии с типом и режимом питания источника света.
5. Неопределенность арифметического среднего значения единичных наблюдений в запланированных точках измерений (зоны проведения измерений, рабочего места).
6. Неопределенность отклонения от запланированных точек проведения измерений.
7. Неопределенность углов поворота и подъема, считываемых со шкал штатива люксметра.
8. Неопределенность средней освещенности.
9. Неопределенность равномерности освещенности.

Неопределенность результата измерения освещенности составляет обычно по порядку величины 10% от измеренного значения, но для каждого конкретного результата измерения неопределенность должна оцениваться отдельно, исходя из условий и возможностей местонахождения.

4.5. Рекомендуемые уровни освещенности \bar{E}_m , факторы блескости UGR и индексы цветопередачи R_a

В стандарте EVS-EN 12464-1 [2] приведено большое количество рекомендуемых значений освещенности для разных рабочих мест. Если в нем не указано конкретное подходящее наименование рабочего места, следует сделать выбор по примеру наиболее похожего рабочего места. В рамках данного руководства можно в качестве примера привести (см. Таблицу 4.1) лишь небольшую часть стандарта.

Таблица 4.1

Тип здания	Помещение	Сохраняемая освещенность \bar{E}_m в рабочих зонах, лк	UGR	R_a	Примечания
Офисы	Отдельные офисы	500	19	80	На высоте 0,8 м
	Открытые офисы	500	19	80	На высоте 0,8 м
	Конференц-помещение	500	19	80	На высоте 0,8 м
Учебные заведения	Классные помещения	300	19	80	На высоте 0,8 м
	Помещения для обучения взрослых и для вечернего обучения	500	19	80	На высоте 0,8 м
	Аудитории	500	19	80	На высоте 0,8 м
Учреждения здравоохранения	Общее освещение палаты	100	19	80	На высоте 0,8 м
	Простые исследования	300	19	80	На высоте 0,8 м
	Исследования и лечебные процедуры	1000	19	90	На высоте 0,8 м

Рестораны и гостиницы	Рестораны, столовые, функциональные помещения	Освещение следует спроектировать таким образом, чтобы оно создавало подходящую атмосферу	–	80	На высоте 0,8 м
Спортивные сооружения	Спортивные залы, бассейны	300	22	80	На высоте 0,1 м
Торговые помещения	Торговые здания	300	22	80	На высоте 0,8 м
	Зоны касс	500	19	80	На высоте 0,8 м
Помещения общего пользования	Коридоры	100	28	40	На высоте 0,1 м
	Лестничные площадки	150	25	40	На высоте 0,1 м
Прочие помещения	См. EVS-EN 12464-1				



Рис.: Люксметр Testo 545



Рис.: Измерение освещенности с использованием люксметра Testo 545

4.6. Базовые документы

1. Предъявляемые к рабочим местам требования в области трудового здравоохранения и безопасности труда. Постановление Правительства Республики № 176 от 14.06.2007 (RT I 2007, 42, 305).
2. EVS-EN 12464-1:2003 – Свет и освещение. Освещение на рабочем месте. Часть 1: Рабочие места, находящиеся в помещении.
3. EVS 891:2008 – Измерение и оценка искусственного освещения на рабочих местах.
4. EVS-EN 12464-2:2007 – Освещение на рабочих местах. Часть 2: Рабочие места, находящиеся на открытом воздухе.

5 Шум

5.1. Основные понятия и параметры для характеристики шума на рабочем месте

Шумом является любой раздражающий [неприятный, мешающий сосредоточиться] или оказывающий неблагоприятное влияние на здоровье звук. При этом не имеет значения, идет ли речь о целенаправленно произведенном (например, громкой музыке) или о неизбежном звуке, который может, например, возникать в процессе работы.

Под **частотой** звука подразумевается количество колебаний воздуха в секунду, достигающих уха. Например, в случае 1000 Гц это 1000 колебаний в секунду. Лучше всего человек слышит звуки с частотой около 2500 Гц, хуже всего – звуки с частотой выше 15 000 Гц.

На практике измерение уровня шума проводится посредством измерения созданного шумом **звукового давления**. Человек не в состоянии ощущать давление звука ниже $p_0 \approx 20 \text{ мПа}$, т.е. 20 миллионных паскаля. Спокойная беседа в тихой среде создает звуковое давление около 0,2 Па. Звуковое давление 100 Па превышает т.н. болевой порог, т.е. такой звук может моментально привести к повреждениям наших органов слуха. При столь значительном диапазоне силы звука наиболее целесообразным является выражение силы и давления звука в логарифмической или т.н. **децибельной шкале**. Для этого используется следующая формула:

$$L_m(\text{dB}) = 20 \cdot \log \frac{p_m}{p_0},$$

где $L_m(\text{dB})$ является замеренным уровнем шума, p_m – измеряемым давлением звука и p_0 – звуковым порогом (20 мкПа). По сути, децибельная шкала показывает, во сколько раз замеренный уровень шума превышает наиболее тихий звук, который может услышать человек. 0 на децибельной шкале является слуховым порогом человека, т.е. на уровне шума 0 дБ является наиболее тихим звуком, который слышит человек (20 мкПа). Чем выше уровень шума, тем выше он находится на децибельной шкале. Например, в жилых помещениях уровень шума ночью составляет около 30 дБ, звуковое давление человеческой речи составляет около 60–70 дБ, уровень шума бензопилы составляет около 95 дБ. Рекомендуется помнить о следующих аспектах, действительных для любой точки децибельной шкалы:

3 дБ изменение на шкале = 2-кратное различие в силе звука;

10 дБ изменение на шкале = 10-кратное различие в силе звука;

20 дБ изменение на шкале = 100-кратное различие в силе звука;

30 дБ изменение на шкале = 1000-кратное различие в силе звука.

Например, если принять в расчет, что предельная норма воздействия шума в течение 8-часового рабочего дня составляет 85 дБ [1] и в случае, если реальный уровень воздействия превышает предельную норму на 3 дБ (т.е. результат 88 дБ), это означает 2-кратное превышение предельной нормы. Исходя из приведенной выше логики также ясно, что при результате измерений 95 дБ предельная норма превышена в десятикратном объеме.

Наиболее простой способ определения потребности в измерении уровня шума – попытаться поговорить с кем-либо в условиях шума. Если на расстоянии около метра друг от друга собеседники могут общаться, существенно не повышая голос, можно предполагать, что уровень шума в помещении составляет менее 70 dB(A) и, с точки зрения аспекта опасности для здоровья, в проведении измерений нет необходимости.

Человеческое ухо воспринимает звуки одинаковой (физически измеренной) интенсивности, но разной частоты, как **звуки разной громкости** (по существу это субъективное ощущение). Для приведения показаний измерителя шума в соответствие с субъективными ощущениями человека, используются т.н. взвешивающие фильтры звуковых частот типа А или С. Такие фильтры учитывают особенности чувствительности человеческого уха в зависимости от частоты звука. Например, если интенсивность звука не меняется, а меняется только частота, показание измерителя шума с взвешивающим фильтром меняется в такой же степени, в какой меняется

ощущаемая ухом громкость звука. В соответствии с фильтром отмечаются единицы измерения громкости дБ(А) или дБ(С). Если в шуме доминируют звуки средней и высокой частоты, используется фильтр типа А, в случае же преобладания низкочастотных и очень громких звуков (например, шума самолета) используется фильтр типа С. При измерении громкости звука показания прибора с фильтром называются **скорректированными показаниями уровня звукового давления** [2].

Чтобы в случае изменяющегося шума оценить, сколько данный источник производит звуковой энергии в течение некоторого периода, независимо от частоты и изменчивости уровня звука, используется понятие **эквивалентного уровня шума**. Наиболее распространенным обозначением этого понятия является L_{eq} . При использовании взвешивающих фильтров А или С используется обозначение $L_{A,eq}$ или $L_{C,eq}$ [1]. Эквивалентный уровень шума является энергетическим эквивалентом, показывающим, каким должен быть равномерный уровень шума, чтобы переносить такое же количество энергии, как и измеряемый неравномерный шум. Проще говоря, его можно рассматривать, как средний уровень шума на протяжении периода проведения замеров, например, на протяжении минуты, часа, суток или недели.

Уровень соприкосновения работника с шумом в течение рабочего дня или **экспозиционный уровень шума** является параметром, определение которого позволяет найти эквивалентный уровень шума для конкретного работника в течение рабочего дня, с учетом его передвижений между рабочими местами с разным уровнем шума, перерывов в работе и возможного использования средств защиты слуха. Следует помнить, что экспозиционный уровень шума не то же самое, что эквивалентный уровень шума **среды проживания или трудовой среды**.

Таблица 5.1 Максимальное разрешенное время пребывания в зоне шума

Эквивалентный уровень шума, дБ(А)	Максимальное разрешенное время пребывания в зоне шума
85	8 часов
88	4 часа
91	2 часа
94	1 час
97	30 мин.
100	15 мин.

Исходя из предписания по расчету уровня соприкосновения (см. п. 5.4. важнейшие правовые акты), можно также определить максимальный период воздействия в зонах с каким-либо уровнем шума, т.е. периоды времени, на протяжении которых человек с незащищенными органами слуха может находиться в помещении с данным уровнем шума. Таким образом, в зоне с уровнем шума 85 дБ(А) разрешено находиться на протяжении до 8 часов и, наоборот, – **уровень соприкосновения с шумом на протяжении 8-часового рабочего дня не должен превышать 85 дБ(А)**. Такая комбинация нормативных показателей характеризует определенную суммарную шумовую энергию, которая – как доказано научно – не вредит слуху человека и условно разрешена. Напомним об особенностях децибельной шкалы: при каждом изменении на +3 дБ мощность соприкосновения с шумом (т.е. уровень энергии в единицу времени) возрастает в 2 раза и, соответственно, разрешенный период пребывания в условиях шума сокращается в 2 раза. Чтобы предусмотренная предельными нормами суммарная энергия не превышала предельных норм, в случае 85 дБ + 3 дБ = 88 дБ рабочее время должно быть сокращено в 2 раза, т.е. с 8 часов до 4 часов. В таблице 5.1 уровням шума от 85 дБ(А) до 100 дБ(А) соответствуют разрешенные периоды пребывания в условиях шума, действительные в

том случае, **если не используется средство защиты слуха**. Например, если при уровне шума 94 дБ(А) можно находиться без средства защиты слуха 1 час на протяжении рабочего дня, то с использованием средства защиты слуха с фактором снижения уровня шума SNR = 9 дБ(А) (т.е. 94 дБ – 9 дБ = 85 дБ), оказывающая на органы слуха суммарная шумовая энергия сократилась бы в $2^3 = 8$ раз, а разрешенное время работы увеличилось бы в 8 раз, т.е. с 1 часа до 8 часов.

5.2. Рекомендации для работодателя. Средства защиты слуха и типичные средства измерения шума

При определении уровня подверженности работника шуму, уровень шума измеряется на всех рабочих местах, где на протяжении рабочего дня находится работник, при этом в расчет принимается продолжительность пребывания в зонах с разным уровнем шума.

Если работником используются средства защиты слуха, они также принимаются в расчет. Каждое средство защиты слуха обладает установленным производителем фактором снижения уровня шума – на сколько dB средство понижает уровень шума, достигающий органов слуха.

Как правило, фактор снижения уровня шума обозначается сокращением SNR и должен быть указан в документации средства защиты, а также на сайте производителя в Интернете. Фактор снижения уровня шума средства защиты слуха (число в децибелах) вычитается от значения уровня соприкосновения с шумом, полученного в единицах дБ(А) или дБ(С) на основании оценок и данных измерения.



Рис.: Средство защиты слуха, фактор снижения уровня шума SNR = 27 дБ



Рис.: Анализатор шума



Рис.: Наплечный дозиметр шума

Для измерения уровня шума могут использоваться средства измерения и вспомогательные средства различной точности и сложности.

Наиболее простые измерители показывают в данный момент времени шум, скорректированный фильтром типа А и пиковое звуковое давление (наиболее высокое давление, создаваемое звуковой волной у микрофона измерительного устройства). Другие и сложные устройства позволяют определить также эквивалентный уровень и множество других параметров, таких как распределение громкости шума в различных частотных диапазонах, что называется **шумовым спектром**.

Шумовой спектр может оказаться важным показателем в среде с сильным инфра- или ультразвуком, или при определении наличия тонального шума. Подобные измерители шума используются аккредитованными лицами, оказывающими услуги измерения.

Одной из дополнительных возможностей является использование т.н. **дозиметров шума** – небольших средств измерения шума, микрофон которых закрепляется как можно ближе к уху человека и которые носят на протяжении всего рабочего дня.

Использование дозиметров шума позволяет работнику работать без мешающих факторов, таких как присутствие техника по измерениям и т.п., и в то же время будет измерен фактический уровень соприкосновения работника с шумом.

Учреждениям и предприятиям, где имеются рабочие места с высоким уровнем шума, рекомендуется приобрести простое устройство для измерения уровня шума или дозиметр шума. Такое устройство является т.н. индикаторным устройством, и производимые с его использованием замеры не являются достаточной доказательной базой при проведении анализа рисков рабочей среды или в случае возможных судебных тяжб, однако оно позволяет определить шумные рабочие места внутри предприятия, следить за ситуацией в них и осуществлять надзор за эффективностью мер по уменьшению уровня шума.

Начиная с уровня соприкосновения работника с шумом 80 dB(A) работодатель обязан в соответствии с постановлением [1] принять меры по сокращению влияния шума. Основными мерами являются:

- использование средств защиты слуха;
- замена рабочих приемов, приводящих к возникновению сильного шума, на менее шумные;
- обеспечение работникам частых перерывов в помещениях с низким уровнем шума.

Проблемы вызывают также периодические единичные шумные виды деятельности в рабочих помещениях, которые в остальное время являются тихими. Они могут повысить уровень соприкосновения с шумом до высокого. Кроме того, единичные шумовые импульсы (возникающие, например, при использовании гвоздезабивных и скобозабивных пистолетов) могут быть достаточно сильными, чтобы мгновенно нанести значительный вред слуху.

Необходимо следить за целевым использованием средств защиты слуха – они должны использоваться на протяжении всего пребывания в зоне опасного уровня шума. Приблизительное правило таково, что при использовании средств защиты в течение 90% времени работник получает лишь 10% защиты.

При выборе средства защиты слуха следует в первую очередь руководствоваться необходимой степенью снижения уровня шума, а во вторую – предпочтениями работника. Необходимо учитывать имеющийся опыт, поскольку на привыкание к определенному средству защиты слуха у работника уходит от нескольких дней до недели, поэтому рекомендуется позволить работникам опробовать различные средства в течение адекватного периода времени, что позволит им определить свои предпочтения. Основные жалобы работников связаны с неудобством средства защиты слуха, но, по мере привыкания к конкретному средству защиты слуха, количество жалоб сокращается и средство начинает устраивать работника.

5.3. Суть влияния шума и опасность, которую шум представляет для человека

Приведенная выше трактовка шума подразделяет шум на два вида – шум, который доставляет беспокойство, и шум, который причиняет вред здоровью. Исследования показали, что эквивалентный уровень шума, который на протяжении рабочего дня не превышает 70 дБ(A), не представляет собой опасности для органов слуха человека, если после окончания рабочего дня органам слуха дают в достаточной мере отдохнуть.

В связи с этим шум ниже 70 дБ(A) называют **шумом, который доставляет беспокойство**. Примерами шума, который доставляет беспокойство, является шум вентиляционной системы, не соответствующая предпочтениям работников музыка в рабочее время, громкие беседы коллег, монотонный звук работающих в помещении устройств и т.п. Шум, который доставляет беспокойство, в первую очередь утомителен – в подобной среде снижается производительность труда, возрастает частота возникновения ошибок, учащаются связанные с усталостью симптомы (такие как головные боли и пр.), повышаются показатели индекса стресса, что, в свою очередь, может стать причиной повышенного кровяного давления и хронической усталости.

5.4. Базовые документы

1. Требования трудового здравоохранения и безопасности труда в отношении рабочей среды, влияние на которую оказывает шум, предельные нормы шума в рабочей среде и порядок измерения шума. Постановление Правительства Республики № 108 от 12.04.2007 (RT I 2007, 34, 214).
2. Нормативные уровни шума в жилой зоне и зоне отдыха, в жилых домах и зданиях общего пользования, а также методы измерения уровня шума. Постановление № 42 министра социальных дел от 04.03.2002 (RTL 2002, 38, 511).

6 Вибрация

6.1. Основные понятия и параметры, характеризующие вибрацию на рабочем месте

Вибрацией называют колебания твердого тела вокруг определенного положения равновесия: сотрясение ударной дрели в руках при бурении отверстия в стене, сотрясение ковшового погрузчика на дороге, тряску палубы на судне из-за работающего двигателя и т.п. Вибрация в рабочей среде разделяется на общую и местную вибрацию⁵.

Об **общей вибрации** идет речь, когда человек опирается о вибрирующую поверхность всей тяжестью тела, например, стоя, сидя или лежа на ней. С общей вибрацией наиболее часто сталкиваются транспортные работники (трактористы, водители, операторы погрузчиков, горнодобывающего оборудования), судовые команды, а также операторы различных движущихся или просто больших машин и т.п.

Местной вибрацией называют вибрацию, при которой вибрация входит через одну конечность и преимущественно этой конечностью ограничена. Как правило, это означает, что работник держится за вибрирующий объект рукой или вибрирующая установка закреплена на нем. С местной вибрацией сталкиваются преимущественно работники строительной, металло- и деревообрабатывающей отраслей при использовании разнообразных ручных инструментов, а также операторы более крупных машин, которые держатся за вибрирующие детали (рули, рукоятки и пр.).

При колебании объекта или поверхности такой объект или поверхность постоянно находятся в движении с изменяющейся скоростью, как это происходит и при вибрации. Изменение (скорости) также происходит с определенной скоростью. Используя физические термины, можно сказать, что **скорость изменения скорости является ускорением**. Единица измерения ускорения – метры в секунду в квадрате (m/c^2). Ускорение – самый важный для характеристики вибрации параметр.

От численного показателя **ускорения вибрации** зависит влияние вибрации на человека, если вибрация переносится на человека или его части тела (см. п. 6.2). В связи с этим ускорение вибрации на практике также является наиболее часто измеряемым **параметром вибрации**.

6.2 Суть влияния вибрации и ее опасность для человека

Влияние вибрации на организм заключается преимущественно в механическом воздействии на костную и мышечную систему. Например, при общей вибрации позвонки находящегося в сидячем положении работника начинают двигаться в отношении друг друга, а при местной вибрации двигаться начинают небольшие кости в области запястья и пр. Несмотря на то, что амплитуда движения составляет лишь несколько микрометров, кости то отдаляются друг от друга, то прижимаются друг к другу от нескольких десятков до нескольких сотен раз в секунду.

Общая вибрация в первую очередь оказывает влияние на части тела, переносящие тяжесть, опорную и мышечную систему. Первыми симптомами часто являются боли в спине (при сидячей работе) или в коленях (при стоячей работе). В случае продолжительного воздействия вибрации такие боли переходят в разряд хронических. Общая вибрация оказывает также влияние на внутренние органы и внутреннюю регуляцию организма, приводя к повышению кровяного давления, нарушениям равновесия и даже язвам желудка.

⁵ Несколько более точными являются англоязычные выражения, соответственно *whole-body vibration* и *hand-arm vibration*.

Показатели уровней соприкосновения с местной вибрацией в рабочей среде, как правило, значительно выше показателей соприкосновения с общей вибрацией. В связи с этим обусловленные местной вибрацией повреждения здоровья проявляются значительно быстрее после начала работы на должности и могут быть существенно более серьезными.

Первыми признаками зачастую является онемение поврежденных конечностей в связи с повреждением сосудов и регулирующих их проходимость нервов. При продолжающемся влиянии вибрации движение конечностями может становиться болезненным, может пропасть чувствительность пальцев, руки могут стать холодными с пр. Одним из наиболее серьезных результатов является т.н. синдром белых пальцев, симптомом которого являются нарушения кровоснабжения в конечностях. В особо тяжелых случаях синдром может привести к необходимости ампутации пальцев или целой кисти. Известно о связи между местной вибрацией и туннельным синдромом, когда из-за связанных с вибрацией повреждений канал между костями запястья начинает зарастать и сдавливает срединный нерв. В результате появляются болезненные ощущения и покалывание в руке, неприятные ощущения могут достигать плеча или шеи и быть особо сильными по ночам.

6.3 Предельные нормы вибрации

Обязанности работодателя по созданию трудовой среды при соприкосновении с вибрацией в значительной мере аналогичны приведенным выше. Как в случае шума, так и в случае вибрации можно измерить и оценить дневные уровни соприкосновения с вибрацией в **пересчете на 8-часовые сравнительные периоды**. Постановление [1] Правительства Республики № 109 от 12.04.2007 предусматривает следующие предельные нормы и показатели для принятия мер в трудовой среде:

1. **Предельная норма соприкосновения работника с общей вибрацией в течение дня составляет $1,15 \text{ м/с}^2$** . Если соприкосновение с вибрацией превышает $0,5 \text{ м/с}^2$, следует принять меры по сокращению влияния вибрации.

2. **Предельная норма соприкосновения работника с местной вибрацией в течение дня составляет $5,0 \text{ м/с}^2$** . Если соприкосновение с вибрацией превышает $2,5 \text{ м/с}^2$, следует принять меры по сокращению влияния вибрации.

Основными мерами по сокращению соприкосновения с вибрацией являются:

- использование защитных средств, способствующих ослаблению вибрации, если они могут применяться в соответствующих условиях труда;
- использование более качественных и современных инструментов, которые создают меньшую вибрацию;
- обеспечение перерывов в работе.

6.4. Средства измерения вибрации и организация измерений

Измерительные устройства вибрации, как правило, состоят из двух частей – датчика ускорения (акселерометра) и регистрирующего устройства. Датчик выбирается в соответствии со свойствами объекта и вибрации. Регистрирующее устройство обрабатывает сигнал датчика. Современные регистрирующие устройства часто очень похожи на устройства, используемые при измерении шума, или и вовсе являются анализаторами шума с дополнительными функциями, позволяющими одновременно сохранять и обрабатывать различные параметры. Как правило, датчик прочно закрепляется на вибрирующей поверхности с использованием шурупов либо клея, или помещается между точкой соприкосновения работника с вибрирующей поверхностью и работником таким образом, что его удерживает сам работник. В идеальном случае измерения вибрации должны проводиться на рабочем месте в обычный рабочий день с применением обычных инструментов работы. Если это представляется невозможным, рабочая ситуация и задачи симулируются как можно точнее.

Наиболее важной предпосылкой при измерении вибрации является обеспечение достаточно хорошего контакта с вибрирующей поверхностью. Если датчик вибрации расположить под ногой или тазом работника, можно предполагать, что датчик будет оказывать на поверхность пола или сидения такое же давление, как сам человек, что позволяет измерить оказывающий реальное влияние уровень вибрации. Если в момент проведения замеров работник отсутствует на рабочем месте либо передвигается в его пределах, датчик следует закрепить на поверхности при помощи двухсторонней клейкой ленты, клея, специального воска, шурупов или пр. Следует учитывать, что тяжесть человеческого тела изменяет силу вибрации и прочие параметры, поэтому, чтобы симулировать влияние, оказываемое работником, технику следует опереться о датчик или как минимум стоять рядом с ним неподвижно.

При измерении местной вибрации датчик помещают непосредственно на рукоятку инструмента (например, при помощи клея, шурупов или двухсторонней клейкой ленты) или между рукояткой и держащейся за нее рукой. В первом случае достигается хороший контакт, но в таком случае энергия вибрации измеряется не в точке переноса и, с большой вероятностью, будет зарегистрировано и другое распределение ускорения по различным осям. Во втором случае работник обхватывает датчик так же плотно, как рукоятку, что позволяет также учитывать влияние распространенных в наше время поглощающих вибрацию материалов, использующихся в качестве оболочки рукоятки. На силу обхвата ручки оказывает влияние толщина датчика, что, в свою очередь, оказывает влияние на результат измерений, в связи с чем нельзя переоценить использование по возможности тонких датчиков.

6.5. Рекомендации для работодателя

1. Поскольку субъективно человек не в состоянии точно оценить силу вибрации, измерения с целью определения уровня соприкосновения с вибрацией следует проводить в случаях, если у работников, специалиста по рабочей среде или лица, проводящего анализ рисков, возникают подозрения в связи с каким-либо объектом или рабочим заданием или, в крайнем случае, если у кого-либо из работников возникают первые признаки связанных с вибрацией травм – покалывание в конечностях к концу рабочего дня, боли в спине и суставах и пр.

При жалобах работника на здоровье настоятельно рекомендуется направить его на медицинское обследование!

2. Если работающий в учреждении или на предприятии специалист по рабочей среде прошел соответствующее обучение, он может лично проверить уровень вибрации на рабочих местах с использованием индикаторного устройства. Прошедший соответствующее обучение специалист должен уметь оценить и рассчитать **уровни соприкосновения с вибрацией, приведенные на 8-часовые рабочие дни. Без этого невозможно сравнить результаты измерений с предельными нормами.** Если работник не обладает такими навыками, следует воспользоваться помощью аккредитованного лица, оказывающего услуги измерения. Работники, соприкасающиеся с

вибрацией, должны быть оповещены о результатах измерений на рабочих местах и об анализа трудовых условий!

3. Если дневной уровень соприкосновения приближается к предельной норме, работодателю следует подготовиться к принятию мер по ослаблению влияния вибрации, но в качестве первичной меры можно сократить рабочее время работника, соприкасающегося с вибрацией.

6.6. Источники неопределенности и оценка ее составляющих при измерении вибрации

Как сказано выше, при расчете дневного соприкосновения с вибрацией следует учитывать как значение ускорения, так и продолжительность дневных соприкосновений с вибрацией. Связанная со средствами измерения доля неопределенности результата измерения в общей неопределенности крайне незначительна в сравнении с другими источниками. Основными источниками неопределенности результата измерения при измерении вибрации и дневного соприкосновения с ней являются прочность контакта между поверхностью и датчиком, неравномерность вибрации и оценка продолжительности периода соприкосновения.

Наибольший вклад в неопределенность результата измерения может внести неравномерность вибрации. В оборудовании, используемом в горном и лесозаготовительном деле, зачастую присутствуют единичные удары, сильное сотрясение и колебание, в связи с чем в данных сферах деятельности компонент неопределенности результата измерения, обусловленный неравномерностью вибрации, составляет до 30% измеренного значения – это зависит как от технического состояния устройства, в отношении которого проводятся измерения, так и от особенностей ландшафта.

При оценке периода соприкосновения с вибрацией в общем случае можно руководствоваться оценками самого работника. Если соприкосновение с вибрацией крайне нерегулярно или оценка работника не достоверна, длительности соприкосновения следует определить при помощи часов или секундомера.

В большинстве случаев неопределенность результата измерения вибрации находится в интервале 3–10%. Существенно выше (более 10%) являются неопределенности результата измерений в случае, если уровень вибрации в значительной степени изменяется, например, в случае горнодобывающего и лесозаготовительного оборудования, и в случае местной вибрации, если некоторые свойства обрабатываемого материала крайне неравномерны или если устройства, при помощи которых осуществляется обработка, электрические инструменты и т.п. находятся в плохом состоянии. Особенно последнее может привести к неравномерной вибрации.

6.7. Базовые документы

1. Требования в области трудового здравоохранения и безопасности труда для рабочей среды, на которую оказывает влияние вибрация, предельные нормы вибрации в рабочей среде и порядок измерения вибрации. Постановление Правительства Республики № 109 от 12.04.2007 (RT I 2007, 34, 215).

2. Предельные показатели вибрации в жилых домах и зданиях общего пользования, а также методы измерения вибрации. Постановление № 78 министра социальных дел от 17.05.2002 (RTL 2002, 62, 931).

7 Электромагнитные поля

7.1 Физические величины, характеризующие электромагнитные поля и их влияние. Опасность, которую электромагнитные поля представляют для человека

Электромагнитные поля - это общее наименование, которое используется в правовых актах в отношении статических магнитных полей и меняющихся по времени электрических, магнитных и электромагнитных полей (с частотой до 300 ГГц).

Единицей измерения **силы электрического поля** является вольт на метр (В/м), единицей измерения **силы магнитного поля** является ампер на метр (А/м). В некоторых случаях, например, для характеристики магнитного поля в биологической ткани, подходящей физической величиной является **плотность магнитного потока**, единица измерения которого – тесла (Тл).

Плотность магнитного потока обозначается B , сила магнитного поля – H , магнитная константа $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$ и относительная магнитная проницаемость μ , которая в случае биологической ткани составляет примерно $\mu \approx 1$. Связь между данными величинами составляет $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$, поскольку если известно значение силы магнитного поля H в амперах на метр, то соответствующее значение плотности магнитного потока составляет $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot H$ теслы.

Соприкосновение с электромагнитными полями разной частоты, сила которых превышает предельные нормы, может привести к разнообразным нарушениям и повреждениям. Наряду с силой полей для утверждения предельных норм соприкосновения с электромагнитными полями используются и другие физические величины.

Плотность потока в миллиамперах на квадратный метр (мА/м²)

- в случае изменяющихся во времени полей частотой до 1 Гц предельная норма соприкосновения предусмотрена для предотвращения вредного влияния на сердце, сердечнососудистую и центральную нервную систему;
- в промежутке частот 1 Гц – 10 МГц предельная норма соприкосновения для плотности потока устанавливается с целью предотвращения влияния на деятельность центральной нервной системы.

Коэффициент удельного поглощения в ваттах на килограмм (Вт/кг)

- в промежутке частот 100 кГц – 10 ГГц предельная норма соприкосновения для удельного коэффициента поглощения потока устанавливается с целью предотвращения общего перегрева человеческого организма и локального перегрева тканей;
- в промежутке частот 100 кГц – 10 МГц предельная норма соприкосновения устанавливается как для плотности потока, так и для удельного коэффициента поглощения (Ар).

Плотность мощности в ваттах на квадратный метр (Вт/м²)

- в промежутке частот 10 ГГц – 300 ГГц предельная норма соприкосновения с плотностью мощности устанавливается с целью предотвращения перегрева поверхностных и близких к поверхности тканей человеческого тела.

Основные важнейшие термины разъясняются в постановлении Правительства Республики № 54 от 25.01.2002 «Предельные нормы физических факторов опасности рабочей среды и порядок измерения параметров факторов опасности» [1]. Эти термины следующие: находящаяся под защитой зона, находящаяся под контролем зона, не находящаяся под контролем зона, максимально разрешенное и частичное воздействие, зона ближнего поля, зона дальнего поля, «горячая точка» радиочастотного поля, удельный коэффициент поглощения (Ар) и пр. Использование понятия предельной нормы фактора опасности, как правило, упрощает понимание постановления.

В директиве Европейского парламента и Совета Европы 2004/40/EÜ [2] различается два термина:

предельные значения соприкосновения – предельные значения соприкосновения с электромагнитными полями, основанные непосредственно на доказанном влиянии на здоровье и на биологических соображениях. Соблюдение предельных значений гарантирует, что соприкасающиеся с электромагнитными полями работники защищены от любых видов вредных для здоровья влияний;

значения применения – диапазон непосредственно измеряемых параметров в виде силы электрического поля (E), силы магнитного поля (H), плотности магнитного потока (B) и плотности мощности (S), в случае которых следует принять одну или несколько приведенных в директиве мер. Следуя данным значениям, обеспечивают соответствие предельным значениям соприкосновения.

7.2. Рекомендации для работодателя

1. Действующие предельные нормы электромагнитных полей приведены в постановлении Правительства Республики № 54 от 25.01.2002 «Предельные нормы физических факторов опасности рабочей среды и порядок измерения параметров факторов опасности» [1].

2. Поскольку до возникновения повреждений органы чувств человеческого организма не ощущают электромагнитных полей, все работники, работающие там, где присутствуют сильные постоянные или переменные магнитные поля и электромагнитное излучение, должны быть предупреждены об этом.

3. Работодатель обязан гарантировать, чтобы при работе с электромагнитными полями работники строго руководствовались предупреждениями на изделиях. Например, подобно микроволновой печи, к перегреву внутренних тканей человеческого организма могут привести и другие устройства с сильным электромагнитным полем, если человек попадет в зону сильного электромагнитного поля. Большинство таких изделий снабжены защитными предохранителями, которые при условии целевого использования устройства позволяют избежать повреждений. Например, при открывании дверцы микроволновой печи излучатель электромагнитных волн автоматически выключается. В то же время, в ходе ремонта предохранитель может быть снят и тогда микроволновая печь становится опасным для человека устройством, которое при неправильном использовании может привести к ожогам.

4. В Эстонии существует множество разнообразных станций телефонной связи, радио и телевидения, в непосредственной близости от антенн которых может наблюдаться опасно сильное электромагнитное поле. Как правило, человек не попадает в такие места случайно, но во время выполнения ремонтных работ абсолютно необходимо руководствоваться предписаниями, данными производителем. На электростанциях и подстанциях также действуют строгие предписания по работе в зоне действия электромагнитных полей. К числу обязанностей работодателя относится проведение соответствующего обучения безопасности труда. Похожие меры предосторожности следует применять и на предприятиях, где технологические устройства представляют собой сильные источники электромагнитных полей.

5. **Наибольшую важность** имеют:

- предварительное обучение работника технике безопасного использования устройства;
- проверка того, что работник действительно выполняет все требования безопасности, указанные в инструкции по использованию устройства.



Рис.: Устройства для измерения электромагнитных полей Narda EMR-300 (слева) и Chauvin Arnoux CA 43

7.3. Базовые документы и использованные материалы

1. Предельные нормы физических факторов опасности рабочей среды и порядок измерения параметров факторов опасности. Постановление Правительства Республики № 54 от 25.01.2002 (RT I 2002, 15, 83).
2. К. Кеплер, А. Владимиров, М. Ноорма. Риски для здоровья работников при соприкосновении с электромагнитными полями на основании директивы 2004/40/EÜ. Анализ. Министерство социальных дел, Таллинн, 2007.

8 Искусственное оптическое излучение

8.1. Основные понятия и параметры, характеризующие искусственное оптическое излучение

Оптическим излучением является электромагнитное излучение в диапазоне длины волны от 100 нм до 1 мм. Искусственные источники оптического излучения являются созданными человеком источниками излучения.

Конкретным диапазонам длины волны оптического излучения присвоены наименования и обозначения, которые приведены в таблице ниже. Обозначения зон и диапазонов являются международными.

Таблица 8.1

Диапазон длин волн	Обозначение или наименование диапазона	Зона
от 100 до 280 нм	UV-C	ультрафиолетовое излучение (UV)
от 280 до 315 нм	UV-B	
от 315 до 400 нм	UV-A	
от 400 до 800 нм	фиолетовый (от 400 нм)	видимое излучение, т.е. свет (VIS)
	синий	
	сине-зеленый	
	зеленый	
	желто-зеленый (555 нм)	
	желтый	
	оранжевый	
от 800 до нм	IR-A	инфракрасное излучение (IR)
от 1400 нм до 3,0 мкм	IR-B	
от 3,0 мкм до 1 мм	IR-C	

Когерентное оптическое излучение – это монохроматическое излучение с согласованными по времени фазами электромагнитных колебаний, создаваемое лазерами.

Некогерентное оптическое излучение является электромагнитным излучением со случайными по времени фазами, т.е. с несогласованными колебаниями; такое излучение могут производить разнообразные холодные и горячие источники света, горячие тела и т.п., за исключением источников лазерного излучения.

Предельные нормы соприкосновения – предельные нормы соприкосновения с оптическим излучением, основанием для которых являются доказанные при помощи исследований влияния для здоровья и биологические соображения. Соответствие таким нормам гарантирует, что соприкасающиеся с искусственными источниками оптического излучения работники будут защищены от вредного для здоровья влияния.

Интенсивность излучения (E) или **плотность мощности** – мощность излучения на единицу площади, выражается в ваттах на квадратный метр ($W\ m^{-2}$).

Соприкосновение с излучением (H) – временной интеграл интенсивности излучения, выражается в джоулях на квадратный метр ($J\ m^{-2}$).

Плотность излучения (L) – поток излучения или выходная мощность на единицу телесного угла и на единицу площади; выражается в ваттах на квадратный метр и стерадиан ($W m^{-2} sr^{-1}$).

Уровень (оптического излучения) – средняя суммарная мощность оптического излучения, с которой соприкасается работник.

Предельные нормы оптического излучения приведены в постановлении Правительства Республики № 47 от 08.04.2010 «Требования в области трудового здравоохранения и безопасности труда в рабочей среде, подверженной влиянию искусственного оптического излучения, предельные нормы искусственного оптического излучения и порядок измерения излучения» [1].

8.2. Суть воздействия некогерентного и когерентного оптического излучения и опасности, которую они представляют для человека

Когда оптическое излучение поглощается в поверхностных тканях тела, оно оказывает биологическое воздействие преимущественно на кожу и на физиологические процессы, связанные с ее питанием и защитой. Что касается глаз, то оптическое излучение может поглощаться как в поверхностных, так и во внутренних его тканях, при этом причиняя вред также главному дну.

В некоторых случаях влияние оптического излучения может охватить организм в целом, например, в случае перегрева тела под воздействием инфракрасного излучения, или в связи с повреждением кожи под воздействием попадающего на тело ультрафиолетового излучения. Влияние различных длин волн зависит от того, какой участок кожи или глаза поглощает излучение. Влияние также зависит от типа взаимодействия: в ультрафиолетовой зоне преобладает фотохимическое влияние, а в инфракрасной – термическое. При видимом свете речь идет о фотохимическом влиянии.

Лазерное излучение может оказать дополнительное влияние, заключающееся в том, что ткань поглощает больше энергии в короткий период времени, чем защитные механизмы организма в состоянии компенсировать. Например, глаза не закрываются достаточно быстро или постепенно приспособляются по мере изменения силы света. Именно поэтому **попадание лазерного луча в глаз представляет особую опасность.**

Биологические повреждения могут по большей части быть поделены на острые (наличествуют в течение короткого периода времени) и хронические (наличествуют в течение продолжительного периода времени или в результате многократного соприкосновения с излучением на протяжении продолжительных периодов времени). Как правило, острое влияние возникает лишь в случае превышения предельных норм соприкосновения. Характер острого влияния зависит от конкретного человека. Наиболее существенная часть предельных норм соприкосновения основана на исследованиях острых влияний, и соответствующие предельные нормы вычисляются на основании изучения пациентов. В связи с этим превышение предельной нормы соприкосновения с излучением не обязательно означает повреждение здоровья. Опасность вредного для здоровья влияния возрастает по мере роста уровня соприкосновения и превышения предельной нормы. Большинство из описанных ниже влияний проявляется у здоровых работающих взрослых в случае, если соприкосновение с оптическим излучением существенно превысило установленные предельные нормы.

Исключения представляют крайне чувствительные к свету люди, на чей организм может оказать влияние и соприкосновение в объеме меньше предельной нормы.

Таблица 8.2 Возможные повреждения и диагнозы в зависимости от диапазонов длин волн

Длина волны (нм)		Возможное повреждение или диагноз	
		Глаз	Кожа
100–280	UV-C	Фотокератит Фотоконъюнктивит	Эритема Рак кожи
280–315	UV-B	Фотокератит Фотоконъюнктивит Катаракта	Эритема Эластоз (фотостарение) Рак кожи
315–400	UV-A	Фотокератит Фотоконъюнктивит Катаракта Обусловленное светом повреждение сетчатки	Эритема Эластоз (фотостарение) Непосредственное потемнение пигмента Рак кожи
380–780	Видимый свет	Обусловленное светом повреждение сетчатки (синий свет) Ожог сетчатки	Ожог
780–1400	IR-A	Катаракта Ожог сетчатки	Ожог
1400–3000	IR-B	Катаракта	Ожог
3000–10 ⁶	IR-C	Ожог роговицы	Ожог

8.3. Измерение искусственного оптического излучения и необходимые для этого средства измерения

К причинению вреда здоровью может привести поглощение оптического излучения в человеческих органах и тканях. Соприкосновение с излучением H измеряется в джоулях на квадратный метр ($\text{Дж}/\text{м}^2$), что должно характеризовать плотность поглощенной энергии в ткани. Интенсивность излучения E (единица $\text{Вт}/\text{м}^2$), период соприкосновения с излучением t (единица секунда) и соприкосновение с излучением H связаны друг с другом посредством следующей формулы: $H = E \cdot t$.

На практике для оценки опасности оптического излучения можно измерить интенсивность излучения и период соприкосновения с излучением, вычислить интегральное соприкосновение с излучением H и сравнить его с предельной нормой, установленной в приложении постановления № 47 об искусственном оптическом излучении. При этом следует учитывать требования статьи 8 постановления:

«(5) При оценке соответствия уровня оптического излучения требованиям безопасности труда, замеренный уровень считается удовлетворяющим требованиям безопасности труда, если сумма значения результата измерения и расширенная неопределенность меньше предельной нормы или равна ей, при этом расширенная неопределенность должна быть оценена на уровне доверительной вероятности 95%».

В некоторых случаях предельная норма приведена в приложении к постановлению посредством плотности излучения (L), которая выражается в ваттах на квадратный метр и настерадиан: $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ср})$. Это предполагает навыки измерения, оценки и вычисления телесных углов.

Для измерения интенсивности излучения используются **радиометры** со сменными сенсорами и **спектрометри**, которые предназначены для измерений в диапазонах UV-A и UV-C ($0,01 \dots 200$) $\text{мВт}/\text{см}^2$, UV-B ($0,001 \dots 20$) $\text{мВт}/\text{см}^2$, VIS ($0,01 \dots 200$) $\text{мВт}/\text{см}^2$; в диапазоне IR используются устройства для измерения инфракрасного излучения, которые измеряют температуру излучающих поверхностей, а также мощность источников IR.

Сенсоры, предназначенные для измерения лазерного излучения, зачастую не применимы для измерения некогерентного излучения, что следует учитывать при покупке средства измерения. Рекомендуется знать соотношения кратных и дробных единиц измерения, используемых в данной области:

$$1 \text{ Вт/м}^2 = 0,1 \text{ мВт/см}^2 = 100 \text{ мВт/см}^2. \quad 1 \text{ Дж} = 1000 \text{ мДж} = 1 \text{ Вт}\cdot\text{с} = 1000 \text{ мВт}\cdot\text{с}.$$

8.4. Рекомендации для работодателя

1. Если на предприятии или в учреждении используются источники искусственного оптического излучения, у работодателя должен быть их перечень и описания.

В качестве источников факторов опасности не рассматриваются обычные источники света на рабочих местах – лампы накаливания, люминесцентные лампы, LED-лампы (а также работающая на их базе осветительная техника), которые можно проверить с использованием люксметра (см. главу 4 данного руководства «Освещение на рабочем месте»).

2. В осветительной и рекламной технике могут использоваться лазерные установки, которые могут представлять определенную опасность. Это зависит от класса лазера, данные о котором производитель обязан указать в руководстве по использованию устройства, перечислив соответствующие меры предосторожности. Работодатель обязан знать о наличии на своих предприятиях устройств, содержащих источники лазерного излучения. В случае слабых источников лазерного излучения в руководстве по использованию устройства должны содержаться данные о безопасности устройства.

3. Если у предприятия или учреждения нет радиометрического средства измерения оптического излучения, при необходимости ему следует обратиться к лаборатории или компетентному лицу, оказывающему соответствующие услуги.

4. Человек замечает искусственное оптическое излучение в видимой части спектра глазами, а инфракрасное излучение ощущает как тепловое излучение внешней поверхностью частей тела. Поэтому он может реагировать на такие виды излучения инстинктивно.

При необходимости работник должен иметь возможность использования индивидуальных средств защиты (защитных очков, маски с защитой от излучения, соответствующей рабочей одежды, перчаток и т.п.). При сварочных работах, – кроме видимого света и инфракрасного излучения, возникает также ультрафиолетовое излучение. Для защиты глаз от этих излучений следует использовать специальные очки или защитную маску, которые в необходимой степени поглощают излучения трех видов, но в то же время позволяют видеть необходимый объект.

5. О повреждении глаз или кожи, вызванных ультрафиолетовым излучением, органы чувств человека, как правило, дают знать с большим опозданием, когда последствия уже проявились (см. таблицу 8.2).

При возникновении яркого света глаз закрывается. Но данная защитная реакция глаза недостаточно быстра, когда в глаз попадает лазерный луч.

Работодатель обязан проинформировать работников обо всех факторах опасности, потребовать пользоваться индивидуальными средствами защиты, давать глазам отдых и периодически проходить медицинское обследование. На предприятии или в учреждении специалист по рабочей среде обязан следовать предписаниям офтальмолога и следить за диагнозами работников, которые сталкиваются с интенсивным оптическим излучением.

6. Работодатель обязан следовать инструкциям производителя и требованиям безопасности в отношении используемых в технологии устройств, если речь идет об устройствах и инструментах, содержащих источники искусственного оптического излучения. Особую опасность представляют мощные лазерные установки и источники ультрафиолетового излучения, если такое излучение достигает глаз. Как правило, такие устройства снабжены экранами и другими защитными средствами, которые снижают опасность для человека. **Работники должны быть предупреждены о том, что им не следует самовольно удалять защитные средства или использовать установку, содержащую источник оптического излучения, если они заметят изменение(я) в положении защитного средства.**



Рис.: Прибор для измерения оптического излучения Ophir Nova II

8.5. Базовые документы

1. Требования в области трудового здравоохранения и безопасности труда в рабочей среде, подверженной влиянию искусственного оптического излучения, предельные нормы искусственного оптического излучения и порядок измерения излучения. Постановление Правительства Республики № 47 от 08.04.2010 (RT I 2010, 16,84).
2. A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC. Не имеющее обязывающей силы руководство в отношении директивы ЕС об искусственном оптическом излучении 2006/25/EC (см. www.sm.ee или www.ti.ee).

9 Ионизирующее излучение в трудовой среде медицинских учреждений

9.1. Мониторинг излучения в медицинских учреждениях

Медицинское учреждение (как работодатель) обязано в своей трудовой среде обеспечить для работников и посетителей защиту от излучения, что, в числе прочего, обозначает способность дать оценку количеству профессионального облучения и облучения среди населения, сравнить его с разрешенными предельными нормами. Как правило, профессиональное облучение и облучение среди населения непосредственно зависят от медицинского облучения, которое пациенты получают с целью исследований или лечения. В ходе обычного рентгеновского облучения получаемая пациентом доза излучения примерно в тысячу раз больше в сравнении с дозой, получаемой медицинским работником, который стоит рядом с пациентом.

В связи с диагностической функцией и лечебными целями применения излучения в медицине, на него не устанавливаются предельных норм, однако следует учитывать, что оптимизация приходящейся на долю пациента дозы излучения, помогающая снизить риск излучения для пациента, также позволит сократить радиационную нагрузку на трудовую среду и работников. В случае множества медицинских радиологических исследований, когда медицинский работник находится во время процедуры за защитной стеной, ширмой или пр., годовая эффективная доза профессионального облучения относительно невысока и сравнима с годовой эффективной дозой естественного фона излучения около 2 миллизиверта (мЗв).

О гораздо более значительных дозах идет речь в том случае, если медицинский работник вынужден в ходе диагностических или лечебных процедур находиться в непосредственной близости от пациента и быть в зоне интенсивного непосредственного или рассеянного радиационного поля. Такими случаями являются, например, связанные с рентгеновским просвечиванием процедуры инвазивной радиологии (например, катетеризация сердца и сосудов), обычные процедуры просвечивания, изготовление и применение радиофармпрепаратов в медицинской радиологии, процедуры брахитерапии. Две первые сферы дают весомую долю коллективной дозы всех медицинских работников, и среднегодовая эффективная доза может в таком случае составлять более 6 мЗв.

Влияние ионизирующего излучения и общие принципы оценки связанного с ним риска описаны в публикациях Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Научная трактовка и рекомендации МКРЗ основаны на имеющихся эпидемиологических исследованиях в области повреждений ионизирующим излучением, при этом в расчет принимается как стохастическое (в т.ч. приводящее к возникновению наследственных и злокачественных опухолей), так и детерминистическое (например, покраснение кожи, выпадение волос, повреждение хрусталика) влияние. Основой радиационно-биологического подхода МКРЗ является модель, согласно которой при относительно небольших дозах стохастический риск находится в линейной зависимости от дозы, при этом такая зависимость не имеет порогового значения. Это означает, что в случае сколь угодно небольших отличных от нуля доз для человека присутствует фатальный риск облучения, отличный от нуля.

Для оценки риска радиационного повреждения МКРЗ рекомендует использовать зависящий от вредного влияния вида излучения фактор излучения w_R , зависящий от чувствительности ткани к излучению фактор ткани w_T и соответствующие показатели радиационной защиты – эквивалентную дозу для ткани (или органа) H_T и эквивалентную дозу для тела в целом E . Эквивалентную дозу ткани H_T получают умножением дозы поглощения тканью и фактора излучения w_R .

Эффективная доза является величиной, выражающей общий риск стохастического влияния ионизирующего излучения на человека, и является взвешенной суммой эквивалентных доз H_T , воздействующих на все ткани (и органы) человека с соответствующими факторами w_T :

$$E = \sum w_T H_T.$$

Значения фактора излучения и фактора ткани утверждены в постановлении министра окружающей среды № 45 «Порядок мониторинга и оценки эффективных доз работающего с излучением лица и населения, а также значения коэффициентов доз, обусловленных приемом радионуклидов, и факторов излучения и тканей» от 26 мая 2005.

Однако ни величина H_T , ни величина E не могут быть измерены непосредственно. В связи с этим также описываются измеряемые оперативные величины, являющиеся производными показателей, соответствующих поглощенной дозе, и дающие консервативную оценку показателям радиационной защиты H_T и E .

Описывающими внешнее облучение оперативными величинами являются амбиентный эквивалент дозы $H^*(10)$, направленный эквивалент дозы $H(0,07; \Omega)$ и индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$.

В мониторинге помещений (мониторинге территории) используются величины $H^*(10)$ и $H(0,07; \Omega)$. Амбиентным эквивалентом дозы $H^*(10)$ в какой-либо точке поля излучения является такой эквивалент дозы, который возникает в т.н. сфере ICRU⁶ под воздействием особым образом направленного и расширенного поля на радиусе с противоположным этому полю направлением на глубине 10 мм от поверхности сферы. Направленным эквивалентом дозы $H(0,07; \Omega)$ в какой-либо точке поля излучения является такой эквивалент дозы, который возникает под воздействием одностороннего расширенного радиационного поля в т.н. сфере ICRU на глубине 0,07 мм и на радиусе Ω с заданным направлением.

В индивидуальном мониторинге используется величина $H_p(d)$, которая выражает эквивалент дозы эквивалентного ткани материала ICRU на глубине d (в миллиметрах) под той точкой человеческого тела, где носят индивидуальный дозиметр и измеряют дозу. Величины $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ и $H_p(3)$ используются соответственно для оценки эффективной дозы, эквивалентной дозы кожи и эквивалентной дозы хрусталика.

В случае исключительно внешнего излучения количественный показатель эффективной дозы E , полученный на основании индивидуального мониторинга приблизительно равен показателю $H_p(10)$, а E , полученный на основании мониторинга помещений, примерно равен показателю $H^*(10)$. В обоих случаях эффективная доза, которая не может быть измерена непосредственно, устанавливается по результатам измерения эквивалента дозы ($H_p(10)$ или $H^*(10)$), включающем также неопределенность результата измерения. Таким образом, эффективная и эквивалентная дозы могут принципиально быть оценены на основании показателей дозиметра(-ов), установленного(-ых) на определенных участках тела.

В некоторых случаях для оценки эквивалентной дозы хрусталика может быть необходимым измерение величины $H_p(3)$, но, как правило, ее можно вывести из измерений $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$.

При оценке эффективной дозы (дозы всего тела) предполагается, что дозиметр носят на части тела, которая наиболее сильно подвержена облучению, что не всегда легко определить.

Поэтому при использовании защитной одежды, например, свинцового фартука, или в условиях крайне негетерогенного радиационного поля, например, в инвазивной радиологии (*англ. interventional radiology, эст. menetlusradioloogia*), крайне большую роль играет верное расположение дозиметра (дозиметров). Для более точной оценки может потребоваться использование нескольких дозиметров E и H_T . Инструкция Отдела радиационного мониторинга Министерства окружающей среды рекомендует носить один или два персональных дозиметра. При использовании одного персонального дозиметра его носят в области груди. При использовании защитного фартука дозиметр рекомендуется носить на защитном фартуке в области груди. При одновременном использовании двух персональных дозиметров один из них рекомендуется носить под фартуком в области груди, а второй – на фартуке в области шеи (при этом необходимо следить, чтобы дозиметры не взаимодействовали друг с другом).

⁶ Сфера ICRU является установленной Международной комиссией по радиационным единицам и измерениям (ICRU) моделью человеческого тела для расчета поглощения ионизирующего излучения; сфера представляет собой шар из эквивалентного ткани материала диаметром 30 см с плотностью 1 г/см³; в состав шара входит 76,2% кислорода, 11,1% углерода, 10,1% водорода и 2,6% азота.

Основанием плана по мониторингу излучения в трудовой среде в общем случае должна являться оценка поля излучения рабочего места. Для более точного определения энергетического и направленного распределения радиационного поля требуется наличие специальной аппаратуры и знакомых с ней квалифицированных специалистов, поскольку соответствующие замеры могут быть довольно сложными. Они могут быть затратными по времени и, как следствие, очень дорогими. Определение поля излучения при работе в сфере инвазивной радиологии особенно осложняет и делает непредсказуемым то, что речь идет о (в значительной степени) негомогенном поле, которое зависит от перемещения пациента в отношении рентгеновской трубки во времени и пространстве, которое изменяется в разной степени в зависимости от пациента.

В Эстонии и во многих других странах наиболее распространенным персональным дозиметром до сих пор являлся термолюминесцентный дозиметр (ТЛД), использовавшийся до сих пор в качестве пассивного дозиметра. В других странах используются также дозиметры на основе оптическим путем стимулированной люминесценции и активные (электронные) персональные дозиметры (АПД). АПД набирает популярность именно благодаря своему дисплею, поскольку его можно использовать как в качестве интегрирующего, так и в качестве сигнального дозиметра. Зависимость АПД от энергии и направления у большинства моделей не хуже, чем у пассивных дозиметров, и позволяет с достаточно высокой точностью проводить измерения в стабильном радиационном поле. Однако до сих пор не во всех моделях АПД решена проблема неадекватных показаний в пульсирующем радиационном поле. В сфере инвазивной радиологии излучение преимущественно пульсирует. В связи с этим перед взятием на вооружение АПД следует в обязательном порядке оценить способность дозиметра определять пульсирующее излучение. Пленочные дозиметры, основанные на чувствительности фотоэмульсии к излучению, в настоящее время используются в качестве персональных дозиметров относительно редко.

9.2. Предельные нормы ионизирующего излучения на рабочих местах

Предельные нормы для зон контроля и слежения при подразделении работающих с излучением лиц на категории А и В

Установленные для рабочих мест предельные нормы, как правило, связаны с годовой эффективной дозой работающего на таком рабочем месте лица или с эквивалентными дозами определенных чувствительных к излучению тканей. В соответствии с постановлением министра окружающей среды № 113 «Уровни активности радионуклидов, требования, предъявляемые к помещениям, являющимся местом нахождения источника радиации, и к маркировке помещений и источников радиации» от 7 сентября 2004, лицо, обладающее разрешением на работу с излучением, обязано создать в зоне влияния источника радиации **контрольную зону** в случае, если годовая эффективная доза работающего с излучением лица может превышать 6 мЗв. В случае такой эффективной дозы работающее с излучением лицо признается на основании определения Закона о радиационной безопасности работающим с излучением лицом **категории А**. Аналогично на основании указанного выше постановления в зоне влияния источника радиации должна быть создана **контрольная зона**, если годовая эквивалентная доза для глаз работающего с излучением лица может превышать 15 мЗв или годовая эквивалентная доза для рук, пальцев рук или кожи может превышать 50 мЗв. Работающее с излучением лицо также относится на основании Закона о радиационной безопасности к **категории А**, если существует опасность получения им эквивалентной дозы в объеме более трех десятых годовой предельной нормы, установленной для хрусталика, кожи или конечности, т.е. соответственно более 45 мЗв или 150 мЗв. Работающим с излучением лицами **категории В** считаются работающие с излучением лица, которых нельзя отнести к категории А. Если годовая доза излучения в зоне действия источника излучения может превышать 1 мЗв, лицо, обладающее разрешением на работу с излучением, обязано создать граничащую с контрольной зоной или источником радиации **зону слежения**.

Предельные нормы дозы

Предельные нормы эффективной дозы для работающих с излучением лиц и эквивалентной дозы для хрусталика, кожи и конечностей установлены постановлением Правительства Республики № 193 «Предельные нормы эффективной дозы и эквивалентной дозы для хрусталика, кожи и конечностей для работающих с излучением лиц и населения» от 17 мая 2004:

1) **предельная норма**, полученная на протяжении пяти последовательных лет работающим с излучением лицом, составляет 100 мЗв при условии, что полученная в течение одного года эффективная доза не превышает 50 мЗв;

2) **предельная норма эквивалентной дозы**, полученной в течение одного года работающим с излучением лицом, составляет:

- в хрусталике 150 мЗв;
- в коже в среднем 500 мЗв на 1 см² поверхности кожи без учета реальной площади облученной кожи;
- в конечностях 500 мЗв.

Организация мониторинга излучения

Согласно требованиям Закона о радиационной безопасности лицо, обладающее разрешением на работу с излучением, обязано обеспечить мониторинг излучения контрольной зоны или зоны слежения, при этом в зависимости от потребности он включает мониторинг радиационной дозы и/или мониторинг содержания радиоактивных загрязняющих веществ в воздухе или на поверхностях и определение свойств, а также физического и химического состояния радиоактивного загрязнения, при этом лицо, обладающее разрешением на работу с излучением, обязано зарегистрировать результаты мониторинга и сохранять их на протяжении всей такой деятельности.

Если обусловленное работой с излучением облучение может превысить эффективную дозу, установленную для населения Законом о радиационной безопасности, или эквивалентную дозу профессионального облучения на одну десятую в год, лицо, обладающее разрешением на работу с излучением, обязано в соответствии с Законом о радиационной безопасности получить консультацию квалифицированного специалиста по вопросам излучения относительно возможной необходимости применения дополнительных мер, с целью обеспечения достаточной радиационной безопасности на рабочем месте.

Согласно требованиям Закона о радиационной безопасности мониторинг индивидуальных доз для работающих с излучением лиц должен осуществляться лицензированной дозиметрической лабораторией. На данный момент в Эстонии имеется лишь одна подобная аккредитованная лаборатория – лаборатория TLD Отдела радиационного мониторинга Министерства окружающей среды. Дозиметры должны проходить типовые испытания и регулярные калибровки. Мониторинг индивидуальных доз для работающих с излучением лиц категории А должен проводиться не реже раза в месяц; мониторинг для работающих с излучением лиц категории В должен быть достаточным, чтобы продемонстрировать, что категория В присвоена работнику правильно.



Рис.: Радиационный дозиметр на медицинском работнике



Рис.: Медицинский работник, соприкасающийся с особо сильным магнитным полем

9.3. Базовые документы

1. Директива совета 96/29/EURATOM от 13 мая 1996, которой утверждаются основные нормы безопасности для защиты здоровья работников и прочего населения от опасностей, связанных с ионизирующим излучением (EÜT L 159, 29.6.1996, стр. 1–114).
2. Директива совета 97/43/EURATOM, от 30 июня 1997, рассматривающая индивидуальную защиту от опасностей, связанных с ионизирующим излучением, в связи с медицинским излучением и которой признается недействительной директива 84/466/EURATOM (EÜT L 180, 9.7.1997, стр. 22–27).
3. Закон о радиационной безопасности.

4. Предельные нормы эффективной дозы и эквивалентной дозы для хрусталика, кожи и конечностей для работающих с излучением лиц и населения. Постановление Правительства Республики № 193 от 17.05.2004 (RT I 2004, 45, 321).
5. Порядок мониторинга и оценки эффективных доз работающего с излучением лица и населения, а также значения коэффициентов доз, обусловленных приемом радионуклидов, и факторов излучения и тканей. Постановление № 45 министра окружающей среды» от 26.05.2005 (RTL 2005, 65, 934).
6. Уровни активности радионуклидов, требования, предъявляемые к помещениям, являющимся местом нахождения источника радиации, и к маркировке помещений и источников радиации. Постановление № 113 министра окружающей среды от 7.05.2004 (RTL 2004, 122, 1892).
7. European Commission. *Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation. Radiation Protection 160*. CEC, Luxembourg, 2009.
8. Памятка пользователя персонального дозиметра (www.kiirguskeskus.ee/image/TLDmeelespea.pdf).