

**Н.И. Чепелев, С.Н. Орловский
А.Ю. Щекин**

**ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ТРУДА**

Красноярск 2018

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**Н.И. Чепелев, С.Н. Орловский
А.Ю. Щекин**

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

*Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного
образовательного учреждения высшего образования «Красноярский
государственный аграрный университет» для внутривузовского использования
в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению
20.03.01 «Техносферная безопасность»*

Электронное издание

Красноярск 2018

ББК 67.405

Ч 44

Рецензенты:

А.И. Карнаухов, канд. техн. наук, доцент кафедры ТМП Сибирского государственного университета науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева

Д.А. Едимичев, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности Сибирского федерального университета

Чепелев, Н.И.

Ч 44

Основы эргономики и безопасность труда: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н.И. Чепелев, С.Н. Орловский, А.Ю. Щекин. – Красноярск, 2018. – 253 с.

В издании рассматриваются вопросы эргономики и безопасности труда на предприятиях, а также основные аспекты улучшения условий труда работников. Учебный материал нацелен на освоение будущими специалистами навыков методической и организационной работы по улучшению условий труда в процессе трудовой деятельности.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

ББК 67.405

© Чепелев Н.И., Орловский С.Н., Щекин А.Ю., 2018
© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. ЭРГОНОМИКА И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА»...	7
1.1. Эргономика и ее задачи.....	7
1.2. Междисциплинарные связи эргономики.....	11
1.3. Развитие эргономики и ее современное состояние.....	13
<i>Контрольные вопросы</i>	15
Глава 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ЭРГОНОМИКИ.....	17
2.1. Методологические средства эргономики.....	17
2.2. Общая характеристика эргономических исследований и их методов.....	19
2.3. Методы наблюдения и опроса.....	27
2.4. Методы исследования деятельности работника.....	36
2.5. Методы оценки функциональных состояний работника.....	44
2.6. Моделирование в эргономике.....	50
2.7. Использование ЭВМ в эргономических исследованиях.....	52
2.8. Классификация рабочих профессий.....	53
<i>Контрольные вопросы</i>	59
Глава 3. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА.....	62
3.1. Эргономика рабочего места	62
3.2. Общие эргономические требования к рабочему месту.....	62
3.3. Требования антропометрии и биомеханики.....	69
3.4. Рабочие сиденья.....	74
3.5. Рабочее место программиста.....	77
3.5.1. Характеристика условий труда программиста.....	77
3.5.2. Требования к производственным помещениям.....	78
3.5.3. Освещение.....	79
3.5.4. Параметры микроклимата.....	80
3.5.5. Шум и вибрация.....	81
3.5.6. Электромагнитные и ионизирующие излучения.....	82
3.5.7. Эргономические требования к рабочему месту.....	83

3.5.8. Режим труда.....	87
<i>Контрольные вопросы</i>	88
Глава 4. ОПТИМИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ.....	90
4.1. Деятельность оператора с информационными моделями.....	90
4.2. Пространственная характеристика зрительной информации.....	98
4.3. Яркостная характеристика зрительной информации.....	104
4.4. Временная характеристика зрительной информации.....	107
4.5. Кодирование зрительной информации.....	109
4.6. Требования к визуальным индикаторам.....	112
4.7. Интегральные индикаторы.....	121
4.8. Мнемосхемы.....	122
4.9. Табло коллективного пользования.....	125
4.10. Методы трехмерной индикации.....	132
4.11. Сигнализаторы звуковые (неречевых сообщений).....	135
4.12. Словесные сигналы предостережения.....	138
<i>Контрольные вопросы</i>	139
Глава 5. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ДВИЖЕНИЙ И ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	141
5.1. Оптимизация рабочих движений.....	141
5.2. Общие требования к органам управления.....	145
5.3. Требования к отдельным видам органов управления.....	147
<i>Контрольные вопросы</i>	159
Глава 6. ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА.....	160
6.1. Основные положения системы управления безопасностью труда на предприятии.....	160
6.2. Производственная санитария.....	163
6.2.1. Микроклимат производственных помещений.....	163
6.2.2. Терморегуляция организма человека.....	167
6.2.3. Мероприятия по нормализации состояния воздушной среды производственных помещений.....	171
6.2.4. Измерение параметров микроклимата.....	172
6.2.5. Контроль содержания вредных газов и паров в воздухе помещения.....	174
6.3. Пыль как вредный производственный фактор.....	178

6.3.1. Влияние пыли на организм человека.....	178
6.3.2. Определение концентрации пыли в воздухе производственных помещений.....	179
6.4. Освещённость рабочих мест.....	182
6.4.1. Основные светотехнические величины, характеризующие производственное освещение.....	182
6.4.2. Классификация производственного освещения и основные санитарно-гигиенические требования.....	184
6.4.3. Нормирование и расчет естественного освещения.....	186
6.4.4. Искусственное освещение.....	189
6.4.5. Нормирование искусственной освещенности.....	193
6.4.6. Расчет искусственного освещения.....	194
6.5. Шум и методы его снижения до допустимых пределов.....	199
6.5.1. Физиологические и социально-экономические аспекты борьбы с шумом.....	199
6.5.2. Требования к шумовым характеристикам рабочих мест....	201
6.5.3. Акустическая характеристика помещений.....	203
6.5.4. Снижение шума методами звукоизоляции.....	205
6.5.5. Звукоизоляция щелями и отверстиями.....	206
6.5.6. Изоляция шума многослойными ограждениями.....	208
6.5.7. Звукоизолирующие кожухи.....	211
6.6. Вибрация и способы борьбы с этим процессом.....	213
6.7. Электробезопасность офисного оборудования.....	215
6.7.1. Опасность трехфазных электрических цепей с изолированной нейтралью.....	219
6.7.2. Опасность трехфазных электрических цепей с заземленной нейтралью.....	221
6.7.3. Опасность сетей однофазного тока.....	223
6.8. Пожарная безопасность	224
<i>Контрольные вопросы</i>	236
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	238
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	239
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	241

ВВЕДЕНИЕ

Эргономика вносит определенный вклад в осуществление многоплановой и долгосрочной программы перехода от техники безопасности к безопасной технике. Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное, функционирующее целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку. Сочетание способностей человека и возможностей машины существенно повышает эффективность управления техническими системами. Цель эргономики как техники – оптимизация условий труда. Эргономика и научная организация труда представляют две самостоятельные, но органически взаимосвязанные сферы научной и практической деятельности. Использование достижений эргономики позволяет более эффективно решать современные задачи охраны труда.

Учет требований эргономики – необходимое условие создания удобной, надежной и безопасной техники. Опираясь на работы в области безопасности труда, эргономика открывает новые возможности для определения скрытых причин небезопасных действий, которые могут привести к несчастным случаям. Использование достижений эргономики позволяет более эффективно решать современные задачи охраны труда.

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности. Труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

Современные методы обеспечения охраны труда в сочетании с эргономикой рабочего места направлены на создание комфортных условий жизнедеятельности человека, снижение негативных воздействий до нормативно допустимых уровней, локализацию и ликвидацию негативного воздействия на объектах с повышенным техногенным риском и для защиты от естественных негативных воздействий.

В процессе изучения дисциплины «Эргономика» по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» студенты должны овладеть теоретическими знаниями в области улучшения условий и безопасности труда, а также приобрести практические навыки организации работы в этом направлении на предприятиях и в организациях.

Глава 1. ЭРГОНОМИКА И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА – ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА»

1.1. Эргономика и ее задачи

Создание условий, благоприятствующих всестороннему развитию способностей и творческой активности всех трудящихся России, становится настоятельной потребностью самого хозяйственного развития нашего государства. Развитие производства на основе повышения эффективности и качества – основной путь достижения фундаментальных, долговременных целей экономики нашего общества. Высокая эффективность производства – исключительно многогранная проблема. Ее достижение зависит от широкого круга факторов, связанных с собственно научно-техническим прогрессом, с совершенствованием системы хозяйствования, ростом уровня профессиональной подготовки трудящихся. Возможности человека расширяются за счет развития орудий труда, но орудия труда часто оказываются настолько сложными или нерационально сконструированными, что становится трудно ими пользоваться. С развитием техники возникла задача согласования конструкции машин и условий их функционирования с характеристиками работающего человека. Машина должна быть во всех отношениях удобной для обслуживающего ее человека, она должна соответствовать его психофизиологическим характеристикам.

В настоящее время происходит структурное и функциональное усложнение технических средств и технологических процессов, централизация управления крупными комплексами. Анализ эффективности автоматизированных систем управления показывает, что именно ошибки оператора зачастую оказываются причиной отказов в системе. Тенденции развития современного производства таковы, что в ближайшие десятилетия основные трудности проектирования, вероятно, будут связаны не с исследованием характеристик оборудования, а с определением путей и средств оптимального взаимодействия человека и техники. В процессе проектирования сложных комплексов возникает проблема прогнозирования деятельности человека или группы людей.

За последние десятилетия сменились три поколения ЭВМ. Вместе с тем резко возросла стоимость технических средств, и цена

ошибки человека при управлении сложными системами. Поэтому при проектировании новой техники необходимо заранее учитывать возможности и особенности людей, которые будут ею пользоваться. Показатели физической среды на производстве также должны быть согласованы с характеристиками человека, только при этом условии можно рассчитывать на высокую эффективность труда. В некоторых видах производства человек в течение рабочего дня вынужден находиться в помещениях с искусственным освещением, с определенным, требуемым по технологии, химическим составом воздуха.

Комплексный системный подход к изучению перечисленных проблем явился методологической основой рождения эргономики. Изучение и проектирование системы «человек – машина – производственная среда» обусловили появление новой психофизиологической проблематики. Эргономика сложилась на стыке психологии, физиологии, гигиены труда и технических наук, которые, за исключением технических наук, изучают один и тот же объект, но при этом рассматривают человека в труде с разных точек зрения и пользуются для этого разными методами.

В исследовании проблем развития современного производства и управления им, повышения его эффективности всевозрастающую роль играет комплекс наук о человеке. Формирование эргономики отражает потребности производства в синтезе достижений социально-экономических, естественных и технических наук применительно к задачам исследования и проектирования производственных процессов.

Если прежде развитие техники обеспечивалось в основном успехами физико-математических, химических и технических наук, то в настоящее время все чаще к решению задач, возникающих в технике, привлекаются данные биологических, психологических, социально-экономических наук.

Возникновение эргономики связано с развитием противоречия внутри реального объекта, а именно техники, которая как явление, имеющее природную основу, обладает относительно самостоятельной логикой функционирования и развития, но как элемент процесса труда она функционирует в единой системе с человеком и развивается по законам его труда.

В эргономике разрабатываются проблемы качества труда, которое понимается достаточно широко. Качество представляет интегральную характеристику данного вида труда, в которой фиксируют-

ся показатели качества и количества производимой продукции, взятые в отношении к трудовым затратам, психологической и физиологической деятельности, а также по отношению к показателям здоровья и развития личности работника. Взаимосвязь и взаимообусловленность всех перечисленных компонентов образуют целостную систему качества определенного вида труда, имеющую многоуровневое строение.

Работы в области эргономики относятся к категории тех прикладных исследований, которые непосредственно обеспечивают интеграцию науки с производством. Разработка и внедрение в жизнь эргономических принципов и рекомендаций становятся составной частью широкой программы мероприятий, направленных на создание новой и модернизацию существующей техники, на дальнейшее облегчение и оздоровление труда, а также повышение его эффективности и качества. Эргономика вносит определенный вклад в осуществление многоплановой и долгосрочной программы перехода от техники безопасности к безопасной технике. Одновременно с этим использование достижений эргономики позволяет существенно повысить привлекательность труда.

На работе человек проводит значительную и самую активную часть своей жизни. Отсюда специфика требований, предъявляемых различными социальными группами к своей трудовой деятельности. Это требования и к содержанию труда, и к возможности самовыражения и самоутверждения, это требования к условиям и режиму работы, позволяющим сохранить здоровье и выполнять различные роли и функции вне трудовой деятельности, и, наконец, это требования к определенному материальному вознаграждению. Степень удовлетворения этих требований определяет оценку привлекательности труда.

Тенденции развития эргономики приводят к необходимости применения разрабатываемых ею методов и критериев к любой сфере человеческой деятельности как на производстве, так и в быту.

Эргономика – научная дисциплина, комплексно изучающая человека или группу людей в конкретных условиях их деятельности, связанной с использованием технических средств. Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное, функционирующее целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку. Интерес к системе «человек – машина – производственная среда» возник в се-

редине XX века, он обусловлен тем, что в качестве объектов технического проектирования и конструирования стали все чаще выступать различного рода сложные системы управления производством, транспортом, связью, эффективность их функционирования во многом определяется деятельностью включаемого в них в качестве ведущего звена – человека. Сочетание способностей человека и возможностей машины существенно повышает эффективность управления. Задача оптимизации таких систем требует комплексного подхода. Цель эргономики как техники – оптимизация условий труда.

Эргономика не только изучает, но и проектирует целесообразные варианты конкретных видов человеческой деятельности, связанных с использованием новой техники. На основе проекта деятельности формулируются требования к используемым техническим средствам, которые применяются в трудовой деятельности, и одновременно к профессиональному отбору и обучению, а также к техническим средствам подготовки.

Проектирование человеческой деятельности опирается на фундаментальные психологические исследования и моделирование высших психических функций – восприятие, память, мышление (образное и понятийное). Эти функции являются, по существу, собственными средствами, или психологическими инструментами деятельности. К числу таких средств (способов) деятельности относятся опыт, знания, программы и схемы поведения, навыки оператора, составляющие в совокупности профессиональный облик. На основе собственных средств деятельности формируются постоянные и оперативные образно-концептуальные модели, лежащие в основе процесса принятия решения и управляющей деятельности человека, которые подлежат специальному формированию и тренировке.

Работающий человек, использующий арсенал психологических инструментов деятельности, опирается на внешние средства, предоставляемые ему конструкторами машин и систем. К внешним средствам деятельности относятся информационные модели, реализуемые на устройствах отображения информации (экраны, табло, мнемосхемы, индикаторные приборы или в форме документа), программы ЭВМ и другие вспомогательные средства подготовки решения, органы управления и средства коммуникации.

1.2. Междисциплинарные связи эргономики

Для современного этапа развития эргономики особое значение приобретает вопрос о взаимосвязи ее предмета с предметами смежных наук. Эргономика взаимодействует с общественными, естественными и техническими науками. Логика развития эргономики все теснее связывает ее с *социологией* и, прежде всего, с *социологией труда*. Важное место отводится в социологии труда изучению системы «человек – техника». Изучая социальные аспекты трудовой деятельности и закономерности функционирования трудовых коллективов, социология труда разрабатывает широкий круг проблем, являющихся методологически отправным пунктом многих эргономических исследований. Социологические исследования позволяют более конкретно связать принцип объективной детерминации деятельности с принципом активности субъекта. Применительно к трудовой деятельности источник активности человека лежит в соотношении интересов, поскольку индивид совершает эту деятельность всегда в качестве члена той или иной социальной общности, и она направлена на удовлетворение потребностей и интересов определенной социальной группы, класса или общества в целом.

Для эргономики важны также исследования неформальных отношений всех видов в группах: горизонтальных, вертикальных и «диагональных» (отношения между лицами с различным должностным статусом, но не находящимися в прямом подчинении).

Эргономика нуждается в установлении прочных связей с *экономикой труда*, предметом изучения которой является труд в его исторически определенной форме, общественная и народно-хозяйственная организация труда.

Как уже отмечалось, статус эргономики определяется тем, что она оперирует данными, полученными в других науках, и трансформирует их, разрабатывая свои исходные представления и средства. Разработка общего понятия человеко-машинной системы и соответствующего языка ее описания как единого целого, согласующего между собой описания указанной системы на языках отдельных наук, представляется одной из важных задач эргономики.

Эргономика не отменяет и не подменяет исследований, проводимых в сфере физиологии, гигиены и психологии труда, но опирается на них, синтезирует их достижения. Она использует результаты и стимулирует определение оптимальных характеристик рабочего про-

цесса, позволяющих достигнуть высокой эффективности труда, изучение изменений функционального состояния организма человека под влиянием его рабочей деятельности, осуществляемые в рамках физиологии труда.

Эргономика не может существовать и развиваться без опоры на весь комплекс исследований *гигиены труда*, поскольку целью последней является научное обоснование биологического оптимума, которому должна соответствовать внешняя среда, чтобы обеспечить человеку нормальное развитие, хорошее здоровье, высокую работоспособность.

Важное значение для эргономики имеет установление тесных связей с *психогигиеной*, которая разрабатывает научные основы оздоровительных мероприятий в отношении психического здоровья людей с целью профилактики заболеваний.

Комплексное изучение условий труда, гигиеническая оценка новых технологических процессов и оборудования, психофизиологические исследования определенных видов труда, дальнейшая разработка научно обоснованных мер борьбы с монотонией, гиподинамией и гипокинезией – все это позволяет полнее использовать достижения научно-технического прогресса для оздоровления условий труда.

Эргономика не может развиваться вне связей с *анатомией человека*. В эргономике используется и получает дальнейшее развитие совокупность методических приемов, характерных для антропометрических исследований, с помощью которых измеряют и описывают тело человека в целом и отдельные его части, а также определяют количественные характеристики их изменчивости.

По условиям своего возникновения, а главное по задачам и методам, ближайшей к эргономике отраслью психологии является *инженерная психология*. Являясь отраслью психологии, инженерная психология рассматривает только определенные аспекты взаимодействия человека и машины, и в этом отношении она одновременно выступает как один из разделов эргономики, в задачу которой входит комплексное изучение различных аспектов взаимодействия человека и машины, человеко-машинной системы и среды. Здесь много общих направлений исследований, связанных, прежде всего, с изучением и проектированием трудовых процессов, совершенствованием организации и обслуживания рабочих мест, улучшением условий труда.

Эргономика и *научная организация труда* представляют две самостоятельные, но органически взаимосвязанные сферы научной и

практической деятельности. Использование достижений эргономики позволяет более эффективно решать современные задачи охраны труда.

Эргономика тесно связана с техническими и математическими науками – *кибернетикой, системотехникой, общей теорией систем, исследованием операций* и другими дисциплинами и направлениями современных научных исследований. Своеобразным катализатором этого процесса выступает эргономика.

1.3. Развитие эргономики и ее современное состояние

Собственно, эргономика возникла несколько десятилетий тому назад, однако можно считать, что ее истоки восходят к временам первобытного общества, которое научилось сознательно изготавливать орудия, придавая им удобную для определенной работы форму и расширяя тем самым возможности человеческих органов. До определенного периода и степень совершенства технических объектов определялась эмпирическим путем, так как практическое использование процессов и материалов природы опередило формулирование основных законов, в соответствии с которыми люди добивались необходимых технических решений.

В 1857 г., благодаря естествоиспытателю В. Ястшембовскому, в науке появился новый термин «эргономия». Первые шаги, связанные с изучением трудовой деятельности людей, связаны с именем Ф. Тейлора, который обосновывал необходимость разделения трудовых функций работников на элементарные операции и стандартизированные движения. Определение рациональных перерывов в работе как способ борьбы с утомлением – один из принципов, выявленный Ф. Тейлором.

Н.А. Бернштейном был сделан вывод, что следует приспособить орудие и обстановку к работнику. Принципиальные установки ученого находили воплощение в прикладных исследованиях, одно из которых было связано с психофизиологической реконструкцией рабочего места вагонновожатого. В работе Н.М. Добротворского предельно четко и последовательно прослеживается подход к изучению и оптимизации трудовой деятельности летчика, который в современных условиях называется комплексным. Характеристики человека в той или иной степени учитывались конструкторами при создании летательных аппаратов и на заре развития авиации. Однако последовательный

научно обоснованный подход к их учету, содержащийся в работе Н.М. Добротворского, далеко опережал научно-техническую мысль того времени.

В 1920–1930-е годы в стране действовала широкая сеть психофизиологических лабораторий непосредственно на фабриках и заводах. Для тех лет было характерно тесное сотрудничество психологов, физиологов, специалистов в области гигиены труда, инженерно-технического персонала предприятий, специалистов по организации охраны труда и технике безопасности.

В период Второй мировой войны был дан мощный толчок междисциплинарным исследованиям, направленным на выявление оптимальных условий деятельности человека, а также его предельных возможностей. Произошло это потому, что сложная военная техника, поступавшая на вооружение армий, зачастую не могла эффективно использоваться, так как предъявляла к обслуживающему персоналу требования, которые превосходили психофизиологические возможности человека.

В США лаборатории инженерной психологии были организованы в 1945 г. в военно-воздушных и военно-морских силах. В это же время Национальный исследовательский совет по авиационной медицине и Корнелльский университет США проводят инженерно-психологические исследования, связанные с проектированием кабин для пилотов. Однако вряд ли следует жестко связывать возникновение эргономики войной. Ее предпосылки фактически были заложены еще до войны, а в качестве самостоятельного направления исследований она оформилась после войны.

Термин «эргономика» (гр. *ergon* – работа + *nomos* – закон) был принят в Англии в 1949 г., когда группа английских ученых положила начало организации Эргономического исследовательского общества. В 1960 г. был образован факультет эргономики и кибернетики в английском Технологическом колледже в г. Лавбро, который первоначально осуществлял подготовку в области эргономики из числа дипломированных специалистов. В настоящее время этот факультет, переименованный в факультет наук о человеке, является ведущим высшим учебным заведением по подготовке специалистов по эргономике. Как и в Англии, в период Второй мировой войны в США для работы в авиационной промышленности и военных исследовательских организациях были приглашены психологи, антропологи, фи-

зиологи, биологи и врачи, которые в тесном содружестве с инженерами решали проблемы обеспечения оптимального взаимодействия людей и сложных технических систем.

Ускоренное развитие эргономики в Японии отмечается после войны, когда в стране происходит бурный рост промышленности и осуществляется перевооружение производства на высоком техническом уровне. Эргономика быстро развивается в ФРГ, Франции, Италии, Швеции, а также других развитых странах.

В 1959 г. в Ленинградском университете была организована первая университетская лаборатория инженерной психологии, а в 1966 г. создана кафедра инженерной психологии и эргономики. Координацию работ в области эргономики осуществлял Всесоюзный научно-исследовательский институт технической эстетики (ВНИИТЭ) в Москве.

Учет требований эргономики – необходимое условие создания удобной, надежной и безопасной техники. Опираясь на работы в области безопасности труда, эргономика в определенном отношении дополняет и развивает их. Становится общепризнанным, что число несчастных случаев, вызванных в конечном итоге опасными действиями, значительно больше, чем несчастных случаев, вызванных опасными условиями. В этой связи эргономика открывает новые возможности для определения скрытых причин небезопасных действий, которые могут привести к несчастным случаям.

Проблема критериев оценки тяжести и напряженности труда, решение которой возможно лишь при системном подходе и опоре на достижения гигиены, физиологии, психологии труда, экономики труда и других дисциплин, в наибольшей степени отражает потребность в органической взаимосвязи охраны труда и эргономики. Эргономический подход является необходимым для изучения тяжести и напряженности труда, которые проявляются в показателях функционального состояния организма, формирующихся под влиянием физической, психической или нервно-эмоциональной нагрузки и факторов производственной среды.

Контрольные вопросы

1. К чему приводит структурное и функциональное усложнение технических средств и технологических процессов, централизация управления крупными комплексами?

2. Сколько поколений ЭВМ сменились за последние десятилетия?
3. Какова методологическая основа рождения эргономики?
4. Какие разделы науки привлекаются к решению задач, возникающих в технике?
5. Какие вопросы разрабатываются в эргономике?
6. Какой арсенал психологических инструментов деятельности использует работающий человек?
7. Кто положил начало развитию эргономики?
8. Назовите естествоиспытателя, предложившего термин «эргономия».
9. Какова роль Генри Форда в эргономике?
10. Что даёт использование достижений эргономики?

Глава 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ЭРГНОМИКИ

2.1. Методологические средства эргономики

Под методологическим средством понимается то или иное знание, но взятое в особой роли – функции принципа, метода, приема, способа для получения нового знания. Методологические средства эргономики можно рассматривать по аналогии с тем, что в психологии определяют как общие принципы изучения психических явлений. В эргономическом знании удельный вес мировоззренческого компонента в силу непосредственной ориентации на человека и производственно-практической направленности эргономических исследований весьма велик.

Выше было отмечено, что общая цель эргономики формулируется как единство трех аспектов исследования и проектирования:

- повышение эффективности деятельности человека;
- совершенствование функционирования человеко-машинных систем;
- охрана здоровья и развитие личности людей, участвующих в трудовом процессе.

Актуальное значение для эргономики как дисциплины, направленной на изучение и проектирование трудовой деятельности, имеет анализ категории предметной деятельности, выделение концептуальных схем, в которых эта категория используется и исследуется различными научными дисциплинами, и, прежде всего, психологией труда. Указанные концептуальные схемы, определяя эргономический аспект представлений о деятельности, выполняют методологическую функцию по отношению к конкретным эргономическим исследованиям. Эта функция состоит в формулировании общих мировоззренческих установок, реализующихся через методологические средства эргономики как общенаучного, так и социально-научного типа. К ним, прежде всего, относятся положения о том, что возникновение эргономики обусловлено коренными изменениями в самом процессе труда, связанными с происходящей научно-технической революцией, а также положение о трех этапах в определении характера связи человеческого и машинного компонентов при решении соответствующих научных и производственных задач.

На первом этапе эта связь понималась как приспособление человека к машине, на втором – машины к человеку (его психологиче-

ским, физиологическим, антропометрическим и другим характеристикам). Наконец, для третьего этапа характерна более широкая трактовка «человеческого фактора» как фактора, формирующего саму систему «человек – машина – среда». Выделение соответствующих этапов и определение специфики последнего также служат обоснованию общих целей эргономики, которые расшифровываются в представлениях о ее предмете.

Методологическое содержание тех теоретических положений эргономики, которые сформировались в процессе переработки применительно к ее предмету общенаучных представлений, состоит как в особом типе видения объектов изучения и проектирования, так и в совместном задании объекта и средств его изучения, то есть в построении системной стратегии эргономического исследования.

Использование принципов системного подхода позволяет по-новому ставить многие исследовательские задачи. Особенно хорошо это видно на примере того, как изменяется направленность исследования человеческого действия. Если для первых исследований трудовой деятельности было характерно ее понимание как процесса и основными задачами оказывались задачи выделения и фиксации этапов этого процесса, то в рамках системной ориентации схема процесса уже не является исходной и основной. В центре внимания теперь структура деятельности, а это предполагает уже иное понимание самого действия как многокомпонентного образования, каждое из составляющих которого обладает своими функциями в едином действии (то есть в действии, понятом как система). Это с необходимостью требует рассмотрения различных систем действия, выделения их уровней и т. д.

Методологическое значение имеет также ряд теоретических положений, разработанных либо непосредственно в эргономике, либо в смежных с ней научных дисциплинах и органически вошедших в ее состав. К ним относятся:

- различие коррективной и проектной эргономики, раскрытие содержания понятия человеческого фактора в технике;
- постановка проблемы комплексного изучения и проектирования внешних средств и способов деятельности;
- гипотеза иерархической организации деятельности оператора с выделением системного и операционно-психологических уровней;
- спецификация общепсихологических схем деятельности с введением в качестве особых элементов функциональных блоков;

- разработка методов структурных анализов;
- гипотеза оперативного образа;
- концепция «включения»;
- структурно-эвристический подход к исследованию информационных процессов, включая процедуры принятия решения;
- математическая теория построения функциональных структур систем «человек – машина – производственная среда» и ряд других положений «системно-технической» эргономики.

2.2. Общая характеристика эргономических исследований и их методов

Методологической базой эргономики является системный подход. На его основе возможно использование в эргономическом исследовании методов различных наук, на стыке которых возникают и решаются качественно новые проблемы изучения системы «человек – машина – производственная среда».

При этом происходит определенная трансформация используемых методов, приводящая к созданию новых методических приемов исследования. В эргономике используются методы исследования, сложившиеся в социологии, психологии, физиологии и гигиене труда, функциональной анатомии, кибернетике, системотехнике и других. При этом главной проблемой являются координация различных методических приемов при решении той или иной эргономической задачи и синтез полученных с их помощью результатов. Эргономический подход к изучению и оптимизации деятельности имеет свою специфику. В методическом отношении это выражается в следующих принципиальных положениях:

- *во-первых*, направленность эргономики на **проектирование** деятельности и ее компонентов требует применения не только экспериментальных, но и априорных проектировочных методов;
- *во-вторых*, использование в эргономике **обобщенных показателей** активности, напряженности и комфортности деятельности предполагает применение процедур получения интегральных критериев на основе системы частных показателей;
- *в-третьих*, эргономическое исследование или оценка должны быть всегда системными, что осуществимо лишь при **одновременном** использовании различных методов, отражающих

взаимосвязи между компонентами и основными свойствами системы «человек – машина – производственная среда».

Из перечисленных методических особенностей вытекает определенная стратегия выбора методов для решения конкретных эргономических задач.

Методы исследования в эргономике условно могут быть разделены на две группы: аналитические (или описательные) и экспериментальные. В большинстве исследований они тесно переплетены между собой и применяются одновременно, дополняя друг друга.

Практически любая эргономическая проблема возникает в результате переформулировки реальных задач. Поэтому каждая встающая перед эргономикой практическая задача подлежит в первую очередь анализу при выявлении специфики влияния человеческого фактора в заданных условиях. Умение квалифицированно анализировать производственную деятельность (производительность труда, передовой опыт, условия труда, брак, текучесть кадров, характерные ошибочные действия работающих людей, травматизм и др.) является непременным условием профессиональной деятельности специалиста в области эргономики.

Любое эргономическое исследование должно начинаться с анализа деятельности человека и функционирования системы «человек – машина – производственная среда». Его целью является определение места человека в решении задач, для которых предназначена изучаемая система, общая психофизиологическая характеристика деятельности человека в ней, выявление структуры человеческих факторов, влияющих на эффективность работы системы в целом и ее частей.

В зависимости от конкретной задачи цель такого анализа может быть различной. Если предстоит проводить экспериментальные исследования, то анализ нужен главным образом для выбора адекватной модели деятельности или отдельных типовых действий, а также для определения конкретных задач эксперимента. Если требуется провести экспертизу системы «человек – машина – производственная среда», то целью анализа будет выявление тех компонентов системы, по которым должна производиться эргономическая оценка. При разработке критериев и методов профессионального отбора анализ будет направлен на выявление свойств личности, существенно влияющих на качество выполнения деятельности.

Усовершенствование конструкции машины (технического средства) с целью наиболее полного учета в ней возможностей и особенностей работающего человека предполагает, во-первых, точное знание причин неудовлетворенности существующей конструкцией с точки зрения эргономики, во-вторых, ясное представление о том, в каком направлении следует ее модифицировать. Ответы на эти вопросы можно получить, если в ходе предварительного анализа деятельности вскрыты недостатки в организации взаимодействия человека и машины и определены требования, которые данный вид деятельности предъявляет к реализующим ее техническим средствам и психофизиологическим свойствам человека. В идеальном случае результатом аналитического этапа должно явиться решение принципиальных эргономических вопросов усовершенствования существующего и проектирования нового технического средства.

На аналитическом этапе эргономического исследования оказываются полезными многие современные методы проектного анализа, которые удачно обобщены английским ученым Дж.К. Джонсом. Большинство из них являются результатом «спонтанного», выполненного инженерами или руководителями работ, психологического анализа деятельности наиболее талантливых проектировщиков и целых коллективов, добившихся выдающихся успехов в создании современных технических средств.

Предварительный функционально-структурный анализ деятельности служит обоснованию цели, которой будут посвящены последующие эргономические исследования. Ссылка на общепринятое мнение о значимости определенной проблемы нередко приводит к постановке ложных целей, не оправданных действительным положением вещей. Переход к экспериментальному уровню анализа плодотворен лишь тогда, когда почва для эксперимента подготовлена детальным описанием всей совокупности факторов, имеющих прямое или косвенное отношение к исследуемой эргономической проблеме.

Постановка эксперимента предполагает проверку истинности выдвинутой гипотезы или системы гипотез, которые в эргономике в каждом отдельном случае отражают определенные представления о характере связи и взаимодействий некоторой группы факторов. Выдвижение и обоснование гипотез должно осуществляться в ходе предварительного анализа проблемы.

Решение поставленных в ходе предварительного анализа задач осуществляется в ходе экспериментального исследования. Многообразны типы экспериментальных ситуаций и конкретных методических приемов, используемых в эргономической практике. Конкретное содержание некоторых из них будет подробно рассмотрено ниже. Следует подчеркнуть, что эксперимент в эргономике обладает рядом черт, существенно отличающих его от проведения исследования на аналитическом уровне и от традиционного лабораторного эксперимента.

Использование экспериментального метода направлено на выявление таких особенностей организации взаимодействия человека с техническими средствами, которые не обнаруживаются непосредственно в процессе анализа. В обычных производственных условиях к человеку зачастую предъявляются достаточно низкие требования, и имеющиеся недостатки технического устройства легко компенсируются им. В этой связи важным методическим приемом является усложнение деятельности (постановка дополнительных задач, моделирование аварийной ситуации и др.) как эффективный способ выявления преимуществ одного среди нескольких вариантов технического средства в сравнительных исследованиях.

Выполнение вторичной или дополнительной задачи одновременно с выполнением основной деятельности, подлежащей оценке, используется для регистрации резервного времени, под которым понимается избыточное время (сверх минимально необходимого), которым может располагать человек-оператор для предотвращения отклонения регулируемого параметра за допустимые пределы. В свою очередь, величина резервного времени, меняющаяся в зависимости от уровня мобилизации человека-оператора, служит одним из прогностических показателей, на основании которого предсказывается, при какой степени усложнения деятельности надежность работы человека-оператора резко упадет.

Невозможность прямого перенесения данных, полученных в лабораторных условиях, на реальные ситуации связана главным образом с тем, что в первом случае испытуемые действуют под влиянием специфических мотивов, которые теряют свою силу, едва испытуемый покидает стены лаборатории. Так, например, человек соглашается участвовать в эксперименте, надеясь получить квалифицированную оценку своих способностей, а этот мотив может не иметь значения в его профессиональной деятельности. Другими мотивами, кото-

рые побуждают и регулируют деятельность испытуемых в лабораторном эксперименте, могут быть стремление помочь науке или просто получить вознаграждение. Конечно, эти мотивы не специфичны исключительно ситуациям лабораторного исследования, но нельзя упускать из виду то обстоятельство, что схожая по своей операционной структуре деятельность в условиях лабораторий и в ситуациях реальной жизни может определяться различными мотивами.

В настоящее время четкая классификация методов исследования в эргономике отсутствует. Сложность разработки такой классификации связана с тем, что она должна охватить все сферы исследований эргономики, которые еще окончательно не оформились и продолжают достаточно быстро расширяться. Определенная модификация указанной классификации приемлема и для эргономики.

Входящие в первую группу методы условно называют организационными. К ним, прежде всего, относится система методологических средств, обеспечивающих комплексный подход к исследованию. Комплексный подход реализуется на протяжении всего междисциплинарного исследования, а его эффективность определяется по конечным результатам такового. Методическая основа комплексных исследований лишь начинает разрабатываться. Характерной чертой междисциплинарных исследований является не синтез результатов, полученных на основе независимых исследований, а организация такого исследования, в ходе которого синтезируются представления различных дисциплин.

Вторую группу методов составляют существующие эмпирические способы получения научных данных. К этой группе относятся:

- наблюдение и анализ;
- экспериментальные методы (лабораторный, производственный эксперимент);
- социологические исследования (различного рода тесты, анкеты современных типов, социометрия, интервью и беседы);
- приемы анализа процессов и продуктов деятельности (хронометрия, циклография, трудовой метод, оценка изделий и т. д.);
- моделирование (предметное, математическое, кибернетическое и т. д.).

Третью группу методов составляют приемы обработки данных. К этим методам относятся различные способы количественного и качественного описания данных.

В четвертую группу методов входят различные способы интерпретации полученных данных в контексте целостного описания дея-

тельности человеко-машинных систем. Наиболее обширной и разработанной является вторая группа методов, внутри которой в зависимости от целей и характера исследований можно выделить целый ряд конкретных методических процедур.

В эргономике применяются экспериментальные методы изучения динамики различных физиологических функций. Характерной чертой является широкое использование электрофизиологических методик:

- электроэнцефалография (ЭЭГ) – запись электрической активности мозга, которая позволяет получить ряд характеристик деятельности нейронных ансамблей головного мозга в естественных условиях;

- электромиография (ЭМГ) – запись потенциала действия мышц, которая является чувствительным показателем включения в динамическую связь или статическую работу определенных мышечных групп и играет важную роль при оценке состояния мышечного тонуса (незаменима при исследовании позы и рабочих движений);

- регистрация кожно-гальванической реакции (КХР) – изменение разности потенциалов кожи, которое является весьма чувствительным показателем эмоционального состояния человека;

- электрокардиография (ЭКГ) – запись электрической активности сердца является надежным индикатором состояния сердечно-сосудистой системы;

- электроокулография (ЭОГ) – запись потенциала, возникающего при повороте глазного яблока, используемая как объективный показатель перемещения взора человека при рассматривании какого-либо объекта.

Регистрация биоэлектрических процессов позволяет определять и количественно характеризовать малодоступные для непосредственного наблюдения функциональные сдвиги в организме человека, происходящие под воздействием самых разнообразных изменений окружающей среды.

Метод комплексной регистрации психофизиологических функций, который называют еще полиэффекторным методом, используется в эргономике для изучения различных по содержанию и сложности видов человеческой деятельности. Большое распространение этот метод получил при изучении функциональных состояний человека. Ценность данного метода состоит в возможности одновременной регистрации многих психофизиологических параметров, что позволяет

дать целостное представление о работе основных функциональных систем организма.

В эргономических исследованиях находят применение методы биомеханики, такие, как:

- ускоренная съемка;
- циклография;
- киноциклография;

- электрическая тензометрия (изменение электрических свойств датчиков, наложенных на деформируемые человеком части технических средств, электрическая регистрация механических величин с помощью датчиков угловых перемещений, опорных динамографов и др. С их помощью дается характеристика двигательной активности человека с точки зрения эффективности работы различных звеньев опорно-мышечного аппарата).

С целью изучения условий, в которых протекает производственная деятельность человека, в эргономике широко используются такие методы, как:

- описание микроклиматических условий – температурного режима, влажности и т. д.;
- измерение и оценка интенсивности облучения в диапазоне радиочастот;
- измерение уровня шума и определения его частотного состава;
- измерение и оценки вибрации
- определение содержания пыли в воздухе;
- определение токсических веществ в воздухе;
- световые измерения и другие методы гигиены труда.

Для решения различных эргономических задач используется техника антропометрических исследований. Широкое применение находит соматография – технико-антропологический анализ положения тела и изменения рабочей позы человека, соотношения размеров человека и машины. Результаты этого анализа обычно представляются в графической форме. Соматография позволяет рассчитывать зоны легкой и оптимальной досягаемости, находить оптимальные способы организации рабочего места с учетом пропорциональных отношений между элементами оборудования и человеком.

Сущность операционно-структурного описания трудовой деятельности, часто называемого алгоритмическим анализом, состоит в разложении трудовой деятельности на качественно различные со-

ставляющие, определении их логической связи между собой порядка следования друг за другом и вычислении ряда показателей, имеющих определенный психофизиологический смысл. Важное значение в эргономике имеют методы системно-структурного анализа деятельности, в частности, функционально-структурного и микроструктурного анализа.

В методический арсенал эргономики входят многие психофизиологические методики, такие, как:

- измерение времени реакции, существующие во многих вариантах (простой сенсорной и моторной реакции, реакции выбора, реакции на движущийся объект и т. д.);
- психофизические методики (определение порогов и динамики чувствительности в различных модальностях);
- психометрические методы исследования перцептивных, мнемических, когнитивных процессов и личностных характеристик.

Используемые в эргономике социометрические методы исследования межличностных отношений позволяют решить целый ряд актуальных вопросов:

- установить факт предпочтения или установку, выраженную индивидом в отношении других членов группы или коллектива в определенных ситуациях;
- описать положение индивида в группе так, как оно представляется самому субъекту, и сопоставить это с реакциями других членов группы;
- выразить взаимоотношения внутри сравниваемых групп с помощью формальных методов.

В эргономике находят применение шкалы оценок, которые служат вспомогательным средством при вынесении суждений о степени выраженности признака того или иного явления. Оценка представляет собой измерение, если последнее понимается как сравнение количественной стороны признака с некоторым масштабом. Шкалы оценок следует считать таким масштабом, если различные судящие выносят по одному и тому же признаку совпадающие в большой мере оценки и суждение надежно.

Особое значение шкалы оценок для эргономики состоит в том, что с их помощью легче сделать вывод о выраженности комплексных признаков. Метод экспертной оценки используется в эргономике для оценки компоновки пультов управления, средств отображения ин-

формации и других объектов, когда применение расчетных и экспериментальных методов затруднено.

Эргономика использует и способствует дальнейшему развитию методов кибернетики, которая в понятие оптимизации включает требования оптимального управления деятельностью человека в сложных человеко-машинных системах. Много общего имеют методы эргономики и бионики. Методы разработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию оптимальных решений также входят в методический арсенал эргономики. Привлечение методов теории автоматического регулирования, теории информации, теории массового обслуживания и других к исследованию и проектированию системы «человек – машина – производственная среда» побуждает уделять все больше внимания обоснованию применимости используемых подходов, выявлению их принципиальных возможностей и адекватности специфике решаемых задач.

Используемые в эргономике методы многообразны, поэтому не представляется возможным дать подробное описание каждого из них. Специальное внимание будет уделено методам наблюдения и опроса, изучения исполнительской и познавательной деятельности человека, оценки функциональных состояний, моделирования и использования ЭВМ в эргономических исследованиях.

2.3. Методы наблюдения и опроса

Под наблюдением понимают целенаправленное, организованное и систематизированное рассмотрение исследуемого объекта. При этом очень важно четко фиксировать результаты наблюдений с целью их воспроизведения и использования других видов проверки. Методика наблюдения претерпела за последнее время значительное изменение благодаря применению различных фиксационных и других технических средств (фотографических, видеозаписи, звукотехнических). Вместе с тем повышаются требования к культуре наблюдения, прежде всего, с точки зрения корректной постановки задачи наблюдения, точности его выполнения, широты рассмотрения описываемого явления.

В эргономике наблюдение часто является составной частью экспериментального исследования. Организация наблюдения включает решение следующих вопросов:

- а) определение задачи и цели наблюдения;
- б) выбор объекта, предмета и ситуации наблюдения;
- в) выбор способа наблюдения, наименее влияющего на исследуемый объект и обеспечивающего сбор необходимой информации;
- г) выбор способа регистрации наблюдаемого явления;
- д) обработка и интерпретация полученной информации.

При организации наблюдения необходимо учитывать, что присутствие наблюдателя оказывает существенное влияние на протекание деятельности. С помощью метода наблюдения, дополненного хронометражем, фото- или видеосъемкой всех операций в порядке их следования, можно достаточно подробно описать трудовую деятельность.

Особое значение в профессионально графических исследованиях имеет заранее продуманная и подготовленная схема наблюдения. Ниже приводятся две схемы наблюдения с целью анализа рабочего места, рабочей позы и рабочих движений. Первая составлена для изучения деятельности диспетчеров, вторая – рабочих по специальности намотчиц катушек трансформаторов. Деятельность диспетчеров изучалась с целью разработки эргономических требований к рабочему креслу, деятельность намотчиц катушек трансформаторов – с целью реорганизации их рабочего места.

Схема наблюдения-1

1. Специфика диспетчерского труда по занятости органов чувств и включенных в работу частей тела (руки, ноги, зрение, слух).
2. Специфика положения тела: фиксированная поза, подвижность относительно сиденья, пульта.
3. Угол наклона туловища: отрицательный (вперед), прямой, положительный (назад).
4. Высота опорной точки туловища (спины) над сиденьем.
5. Высота пульта и угол наклона рабочей панели.
6. Занятость рук (правая, левая, обе).
7. Положение рук в зоне досягаемости: по глубине (предельная, ближняя), по ширине (справа, слева).
8. Соответствие размеров пульта зонам легкой или оптимальной досягаемости моторного поля рабочего места.
9. Опорные точки рук (локти, предплечья).
10. Положение ног (правой, левой).

11. Соответствие размеров пульта зонам легкой или оптимальной досягаемости.

12. Определение опорной части сиденья: передняя, средняя, задняя.

13. Возможность отдыха вне рабочей зоны.

Схема наблюдения-2

1. Специфика труда по занятости органов чувств и включенных в работу частей тела (руки, ноги, зрение, слух).

2. Специфика положения тела: фиксированная поза, подвижность относительно сиденья, станка.

3. Угол наклона туловища: отрицательный (вперед), прямой, положительный (назад).

4. Угол наклона головы: отрицательный, прямой, положительный.

5. Занятость рук: постоянная (правая, левая, обе), периодическая (правая, левая, обе).

6. Положение рук в зоне досягаемости: по глубине (предельная, ближняя), по ширине (справа, слева).

7. Соответствие размеров станка зонам легкой или оптимальной досягаемости моторного поля рабочего места.

8. Занятость ног: рабочей (правая, левая), опорной (правая, левая).

9. Положение рабочей ноги в период отсутствия действия: на педали, на полу, на подставке, без опоры.

10. Положение опорной ноги: на полу, на подставке, на педали, без опоры.

11. Соответствие размеров станка зонам легкой или оптимальной досягаемости ног.

12. Использование подставки для ног (да, нет; для правой, для левой, для обеих).

13. Расстояние от средней подмышечной линии до оправки (поперечная ось станка).

14. Определение опорной части сиденья: передняя, средняя, задняя.

15. Отношение работницы к введенным усовершенствованиям стула (положительное, отрицательное).

Запись результатов наблюдения может быть сделана в виде таблицы, к которой должна прилагаться инструкция по ее заполнению. Для сбора информации относительно структуры процесса трудовой деятельности, характера его протекания и отношения человека к работе широко используется метод опроса.

Опрос может быть регламентированным. Для него характерны предварительная подготовка единообразных для всех опрашиваемых вопросов и строгая их последовательность. Он может быть нерегламентированным, предполагающим свободную беседу с опрашиваемым в соответствии лишь с ее общим планом.

Применение метода беседы требует определенных навыков и даже искусства. Его рекомендуется применять при опросе незначительного количества работников. Метод беседы позволяет уточнить ответы на поставленные вопросы, понять вопросы, вызывающие затруднения различного (например, терминологического) характера, а также фиксировать замечания опрашиваемого, выходящие за пределы поставленных вопросов, но представляющие определенный интерес.

Обычно происходит объединение задаваемых вопросов в опросниках, составляемых специально в каждом конкретном случае с учетом особенностей изучаемой профессии. Опросники должны составляться в зависимости от целей и задач эргономического исследования. Прежде чем составлять опросник, исследователь должен некоторое время понаблюдать за работниками, или, что еще лучше, сам освоить основные трудовые операции. Затем составляется первый вариант опросника, который апробируется на малом количестве испытуемых. На этом этапе проверяются ясность формулировок вопросов, полнота включенного перечня вопросов, уточняется последовательность вопросов с целью устранения нежелательных влияний, дополнительно вносятся вопросы, освещающие упущенные аспекты изучаемой проблемы, апробируется форма составления опросника с тем, чтобы он не вызвал отрицательного отношения со стороны опрашиваемых.

Комплексный подход предполагает использование методов опроса, которые получили широкое распространение в практике эргономических исследований в форме анкетирования и интервьюирования. Методы опроса, как и наблюдения, используются в эргономике для разработки рабочих гипотез и в целях дополнения данных, полученных с помощью других методов. При применении методов опроса

большое значение имеют характер вопросов, их формулировка и направленность. Различают открытые вопросы (свободный ответ) и закрытые (ответ заключается в выборе из нескольких предлагаемых утверждений). В целях правильной постановки вопросов необходимо учитывать следующее:

- 1) каждый вопрос должен быть логически законченным;
- 2) следует избегать малораспространенных иностранных слов, специальных терминов и слов с двойным значением;
- 3) нельзя задавать слишком длинных вопросов;
- 4) если вопрос касается предмета, с которым опрашиваемый недостаточно знаком, или для ответа на который он не имеет необходимого запаса специальных терминов, необходимо дать соответствующие пояснения;
- 5) каждый вопрос должен быть более конкретным;
- 6) следует или указать все возможные варианты ответа, которые опрашиваемому необходимо иметь в виду, или не давать ни одного;
- 7) необходимо предлагать опрашиваемому только такие варианты ответов, каждый из которых может быть приемлем в равной степени;
- 8) нужно формулировать вопрос таким образом, чтобы избежать стереотипных, шаблонных ответов;
- 9) следует остерегаться включения в вопрос слов, которые сами по себе могут вызвать негативное отношение опрашиваемого;
- 10) вопрос не должен иметь внушающего характера.

В качестве примера приведем два вида опросника. Первый был использован при изучении деятельности диспетчеров объединенных энергосистем и диспетчеров по распределению билетов на вокзалах. Цель исследования – разработка оптимального варианта рабочего кресла диспетчера. Поэтому вопросы были направлены на выяснение субъективного отношения к существующему креслу и пожеланий относительно его усовершенствования. Вторым опросник был применен для исследования работы намотчиц катушек трансформаторов с целью реконструкции рабочего места.

Опросник-1

- А. Фамилия, имя отчество.
- Б. Возраст.
- В. Должность.

Г. Стаж работы.

Д. Продолжительность рабочего дня.

1. Удобно ли Вам сидеть (да, нет)?

2. Что вызывает чувство неудобства?

3. В какой части тела ощущается боль (спина, поясница, плечи)?

4. Удобно ли действовать руками (да, нет)?

5. Нужно ли, чтобы сиденье вращалось (да, нет)?

6. Целесообразно ли, чтобы стул был на роликах (да, нет)?

7. Нужна ли опора спине, пояснице при работе (да, нет)?

8. Нужна ли качающаяся спинка (да, нет)?

9. Сиденье должно быть плоское, отклонено назад, вперед?

10. Нужны ли подлокотники (да, нет)?

11. На каком уровне должна быть опора для спины (лопаток, плеч, поясницы)?

12. Каким должно быть сиденье (мягким, полумягким, жестким)?

13. Какой должна быть обивка (ткань, клеенка, дерматин)?

Опросник-2

А. Фамилия, имя, отчество.

Б. Возраст.

В. Должность.

Г. Стаж работы в качестве намотчицы.

Д. Продолжительность рабочего дня.

Е. Номер станка.

Ж. Тип станка.

З. Норма выработки за смену.

И. Тип намотки.

1. Удобно ли Вам работать (да, нет)?

2. Что вызывает чувство неудобства?

3. Какие части тела наиболее устают в процессе работы (спина, поясница, плечи, шея, руки, ноги)?

4. В какой части тела и когда ощущается боль (спина, поясница, плечи, шея, руки, ноги; в процессе работы, в начале дня или после работы)?

5. Испытываете ли Вы физическое напряжение при повороте рычагов управления, при нажатии педали (да, нет)?

6. Удобно ли Вам действовать руками (да, нет)?

7. Устраивают ли Вас размеры станка: высота (да, нет), глубина (да, нет), ширина (да, нет)?
8. Устраивают ли Вас высота стула (да, нет), форма (да, нет)?
9. Нужна ли спинка стула (да, нет)?
10. На каком уровне должна быть опора для спины (лопаток, плеч, поясницы)?
11. Целесообразно ли иметь качающуюся спинку стула (да, нет)?
12. Каким должно быть сиденье (мягким, полумягким, жестким)?
13. Какой должна быть обивка (ткань, клеенка, дерматин)?
14. Должно ли вращаться сиденье (да, нет)?
15. Нужны ли подлокотники (да, нет);
 - для обеих рук (да, нет);
 - для левой (да, нет)?
16. Нужна ли опора для ног (да, нет)?
17. Часто ли Вам приходится вставать во время работы?

Как видно из тематики опросников, сначала задаются общие вопросы: «Удобно ли Вам работать?», «Удобно ли Вам сидеть?», «Что вызывает ощущение неудобства?», ответы на которые мало информативны, но способствуют установлению контакта с респондентом. Далее следуют вопросы о субъективном отношении к элементам рабочего места, например: «Устраивают ли Вас размеры пульта (высота, глубина, ширина)?», затем задаются вопросы о самочувствии работающего. В последнюю очередь записываются пожелания опрашиваемого.

Как правило, опрос проводится непосредственно на рабочем месте, в процессе трудовой деятельности. Но можно производить опрос и в лабораторных условиях с использованием опытных образцов изделий или экспериментального стенда.

Эффективность использования метода опроса во многом зависит от уровня образования обследуемых и их профессионального опыта. Так, например, диспетчеры энергосистем – это опытные высококвалифицированные специалисты, работающие в очень сложных условиях. Прежде чем стать диспетчерами, они проработали определенное время на других энергообъектах. При опросе их были получены исчерпывающие ответы.

Диспетчерами по распределению билетов на вокзалах работают в основном женщины со средним и неполным средним образованием.

Производственный опыт у них очень незначителен, в силу чего на многие вопросы был получен ответ: «Не знаю». Что касается работников завода, то они по-разному отвечали на общие и конкретные вопросы. Например, на вопрос: «Удобно ли Вам работать?» они почти всегда отвечали положительно. Ответы на конкретные вопросы варьировали в большей степени. Работницы жаловались на общую усталость, локализованные боли, отмечали недостатки в конструкции станка, стула и т. д.

Данные опроса обрабатываются статистически. Результаты обработки представляются в виде описания, причем наблюдения и субъективные замечания обследуемого разграничиваются. Описываемый материал сопровождается таблицами и графиками соответствующих данных. В таблицах следует указывать процентное соотношение того или иного показателя по данным всех обследований. При наблюдении, сочетаемом с опросом, важно найти рациональный способ фиксации ответов. Лучше всего, если в протоколе (или схеме наблюдения) будут предусмотрены различные варианты ответов. На простые вопросы следует отвечать однозначно: да, нет, не знаю. Следует заранее предусмотреть, на какие вопросы могут быть даны развернутые ответы. Особое значение приобретает наличие общей схемы наблюдений при параллельной работе нескольких исследователей. Это позволяет объединять и сравнивать результаты. Однако в этих случаях должны быть разработаны четкие инструкции по ведению наблюдений и записи результатов.

Объективные (инструментальные) методы исследования предполагают использование различных приборов и аппаратуры. К объективным методам исследования относятся:

- измерение различных характеристик производственной среды (освещенность, шум, вибрация и т. п.);
- антропометрические измерения;
- хронометраж;
- измерение физиологических показателей (пульс, дыхание, ЭКГ и т. п.);
- измерение психологических характеристик.

Первый и два последних метода требуют применения довольно сложной контрольно-измерительной аппаратуры. Применение же второго и третьего методов не имеет такого ограничения.

При решении вопросов совершенствования организации труда и повышения его эффективности могут играть существенную роль дан-

ные о размерах производственного помещения, его отдельных элементов, о расположении окон, дверей, а также данные о габаритах оборудования, рабочих мест и т.п. Пространственная организация рабочего места влияет на характер и качество рабочих движений, рабочую позу, поэтому анализ пространственной организации рабочего места должен осуществляться на начальных этапах профессионально графического исследования. Ниже приводится схема проведения анализа пространственной организации рабочего места при его реконструкции.

Схема проведения анализа пространственной организации рабочего места

1. Выделение основных типов сенсорной активности (зрительная, слуховая, зрительно-кинестетическая и т. п.).
2. Выявление характера моторной активности.
3. Пространственное определение зон сенсорной активности.
4. Пространственное определение зон моторной активности.
5. Составление эскиза расположения основного оборудования относительно работающего с указанием основных сенсорных и моторных зон.
6. Составление эскизов расположения вспомогательного оборудования относительно работающего человека.
7. Составление общего эскиза рабочего места.
8. Анализ полученного материала.

Работа проводится следующим образом. Путем наблюдения за действиями работающего человека определяются основные и вспомогательные типы оборудования, зоны моторной и сенсорной активности. Затем путем опроса и наблюдения выявляются основное рабочее положение и поза работающего.

Эскизы дают возможность выявить несоответствие существующей пространственной организации рабочего места психофизиологическим и антропометрическим характеристикам человека. Дальнейший их анализ с учетом основных эргономических требований позволяет дать рекомендации относительно оптимальных путей реконструкции рабочего места.

Одним из методов объективного наблюдения является хронометраж – регистрация изменений во времени каких-либо параметров

трудового процесса с помощью секундомера или часов. Хронометраж позволяет определить различные временные характеристики трудового процесса, на основании которых можно установить распределение затрат времени на выполнение различных операций и на устранение помех. Также он позволяет определить фактические затраты времени на изготовление единицы продукции и сменной нормы, потери времени на действия, опосредованно влияющие на трудовую деятельность (уход с рабочего места, отсутствие материала и пр.), определить динамику двигательной и сенсорной активности человека и других показателей работоспособности. Хронометраж не должен оказывать влияния на естественное протекание трудового процесса. При изучении профессии проводится хронометраж как отдельных периодов работы, так и рабочего дня в целом, в разные смены, дни недели и т. п.

Как и любому методу объективного исследования, проведению хронометража предшествует специальная подготовка, заключающаяся в определении и изучении трудовых операций. Главная предпосылка правильного проведения хронометража состоит в выделении операций.

Одной из разновидностей хронометража является хронография, которая заключается в графическом способе фиксации временных характеристик. В условиях производства с помощью хронографии анализируются состояние и динамика двигательной и сенсорной активности человека в процессе труда.

Объектом исследования при хронографировании могут служить рабочие движения (скорость, направление, амплитуда) и рабочая поза, число зрительных, слуховых и тактильных обращений к объекту труда, средствам предъявления информации.

2.4. Методы исследования деятельности работника

Содержание методов исследования движений определяется, с одной стороны, совокупностью параметров, характеризующих процесс реализации движения, а с другой – способами регистрации этих параметров.

Выделение комплекса параметров, описывающих процесс реализации движения, связано в первую очередь с выбором определенной концептуальной модели, описывающей работу двигательной системы (биомеханическая модель, физиологическая модель нервно-

мышечного аппарата и др.). Осознание этого обстоятельства позволяет наметить подход к классификации методов исследования движений. Так, кинематические (характеристики пространственного перемещения) и динамические (силовые) параметры движений и способы их регистрации связаны с разработкой биомеханической модели двигательной системы, а электромиографические методы исследования обязаны своим существованием разработке физиологической модели нервно-мышечного аппарата.

Характеристику методов исследования движений следует начать с циклограммы, которая представляет собой съемку движения на неподвижную пластинку. Для этого на подвижных частях тела испытуемого укрепляются светящиеся метки или электрические лампочки. Перед фотоаппаратом помещается обтюратор с определенной частотой, закрывающий объектив. На фотопластинке фиксируются последовательные положения лампочек, которые перемещаются в процессе выполнения движения вместе с кинематическими звеньями исследуемого тела. Для регистрации сложных циклических действий этот способ не применим. При кимоциклографии фотопленка, на которой фиксируется информация о перемещении лампочек, равномерно и медленно перемещается. В этом случае циклические действия растягиваются на регистрирующей пленке. Описанные методы циклографии и кимоциклографии предназначены для плоскостной регистрации перемещений.

С помощью метода циклографии можно проводить достаточно тонкий анализ некоторых двигательных актов. Существует еще ряд методов, используемых при исследовании различных двигательных задач. К ним следует отнести методы измерения напряженности магнитных и электромагнитных полей, тензометрический, голографический, радиолокационный и другие.

Особенно широкое применение получила тензометрическая методика для измерения макроизменений суставного угла при исследовании тремора. Телевизионный, голографический и радиолокационный методы в настоящее время еще не нашли должного развития в области исследования движений. Телевидение используется в основном как индикационное устройство. Это связано с тем, что получение с телевизионных систем пространственных параметров в виде электрических сигналов, удобных для анализа перемещений объекта, представляет определенные трудности.

Преодоление последних идет по пути широкого внедрения ЭВМ в область эргономических исследований. Методы голографии и радиолокации используются пока довольно редко, хотя и являются весьма перспективными. Пожалуй, самым удобным и распространенным методом для измерения угловых перемещений является гониография, с помощью которой получают показания об изменениях пространственного положения сочленения кинематической цепи, используется для целей искусственной обратной связи. В арсенал методических средств исследования исполнительной деятельности входят и специальным образом организованные экспериментальные ситуации. Последние включают в себя различные переменные, которые можно рассматривать в качестве существенных условий, определяющих выполнение двигательных задач. Одной из широко распространенных экспериментальных ситуаций, применяемых в исследованиях исполнительной деятельности, является слежение. Применительно к исследованию исполнительной деятельности человека ситуация слежения может рассматриваться в двух планах:

- как лабораторная модель различных видов практической деятельности человека (работа оператора РЛС, управление различными транспортными средствами и др.);
- как экспериментальный прием решения некоторых теоретических проблем, возникающих при анализе двигательного поведения.

В ситуации слежения испытуемому предлагается совершать движение, параметры которого (скорость, направление, амплитуда, время) должны удовлетворять параметрам движущейся цели, с которой согласуется собственно движение испытуемого. Специфика ситуации слежения (в отличие от «точностной задачи» и задачи «сохранения постоянства» параметров движения) состоит, прежде всего, в том, что в данном случае двигательное поведение испытуемого жестко детерминировано практически по всем параметрам движения.

Для описания слежения обычно употребляют несколько следующих терминов: задающий или эталонный объект (или «цель») – объект, закон движения которого задается посредством определенной входной функции. Управляемый объект (или «курсор») – это объект, которым управляет испытуемый, воздействуя на орган управления. В движении управляемого объекта (выходная функция) реализуется двигательное поведение испытуемого в заданной ситуации.

Задача слежения, таким образом, состоит в том, чтобы значение выходной функции точно соответствовало значению входной функции в соответствующий момент времени, а испытуемый должен на основе воспринятой информации выработать корректировочное воздействие, устраняющее рассогласование со значениями входной и выходной функции. В зависимости от того, насколько жестко детерминировано двигательное поведение испытуемого и какую информацию о слежении он получает, выделяют два класса переменных, определяющих ситуацию слежения. Первый класс переменных связан с типом используемой входной функции, который определяется, прежде всего, характером динамики входной функции во времени. Различают непрерывную и дискретную задачи слежения. При непрерывном слежении параметры входной функции непрерывно изменяются во времени. Если же значения входной функции изменяются в отдельные моменты времени «скачками», то мы имеем дело с задачей дискретного слежения. Второй класс переменных связан с характером информации о ходе решения задачи слежения. В зависимости от того, движется цель или она неподвижна, различают соответственно преследующее и компенсаторное слежение.

В случае преследующего слежения испытуемый получает информацию трех видов: о движении цели, о собственном движении «преследования» цели и о рассогласовании (или об ошибке) положения цели и курсора. В ситуации компенсаторного слежения цель неподвижна, а испытуемый должен на ней удерживать управляемый объект, который подвергается возмущающим воздействиям и отклоняется от требуемого положения. В этом случае информация о собственных регулирующих воздействиях на управляемый объект и характеристики входной функции неразличимы. При решении задачи используется только информация о величине отклонения курсора относительно цели.

В зависимости от прикладной или теоретической направленности изучения слежения по-разному формировались основные задачи исследования и конструировались специфические экспериментальные процедуры, предполагающие, в частности, реализацию определенного вида слежения. Так, при использовании слежения как прикладного метода, как правило, применялось и применяется компенсаторное слежение. Это объясняется, прежде всего, тем, что основной интерес в этом случае направлен на анализ различных переменных, оказывающих влияние на величину рассогласования между положе-

нием задающего и управляемого объектов, и перемещение органа управления с целью минимизации ошибки.

Поэтому желательно максимально упростить экспериментальную процедуру и исключить из рассмотрения влияние «избыточных» каналов информации на процесс решения задачи. Напротив, в случае применения слежения для анализа теоретических проблем (например, относительно роли эфферентных систем в регуляции движений) богатство информационного поля в ситуации преследующего слежения обеспечивает более широкие возможности.

Использование слежения как средства анализа исполнительской деятельности предполагает выбор и моделирование в экспериментальных условиях (или в условиях обучения операторов при работе на тренажерах) различных переменных, обуславливающих процесс решения двигательной задачи. Среди таких переменных слежения наиболее распространены:

- временная задержка (то есть интервал времени между управляющим воздействием и изменением регулируемой величины на входе);
- одновременное управление несколькими параметрами (много-степенное управление), в том числе и взаимозависимыми;
- манипулирование зрительной обратной связью (прерывание, инвертирование);
- дополнительная задача.

Введение указанных переменных, а также использование различных видов слежения в сочетании с другими методами анализа движений, обеспечивает решение широкого круга прикладных и теоретических задач.

Необходимым условием изучения двигательных актов является создание адекватного способа регистрации и анализа пространственно-временной развертки исполнительских действий. Этому требованию удовлетворяет экспериментальный стенд для исследования инструментальных двигательных навыков.

Функциональная блок-схема экспериментального стенда (рис. 2.1) включает:

- систему управления объектом;
- цветной телевизионный индикатор;
- управляющую ЭВМ, которая работает как в режиме счета для многомерной статистической обработки результатов, так и в режиме управления экспериментом.

Система управления объектом включает многостепенный орган управления, тензометрический усилитель и блок операционных уси-

лителей. Орган управления манипуляторного типа (датчик пространственного перемещения руки оператора) представляет собой параметрическую модель руки человека. Конструктивно он выполнен как шарнирное соединение трех кинематических звеньев посредством одностепенных шарниров и имеет три степени подвижности. Всякое пространственное перемещение точки приложения оператором управляющего усилия трансформируется в соответствующие изменения углов, образованных кинематической схемой органа управления. Входными параметрами являются текущие значения тригонометрических функций углов, формируемые синусно-косинусными датчиками, установленными на осях вращения звена (рис. 2.1).

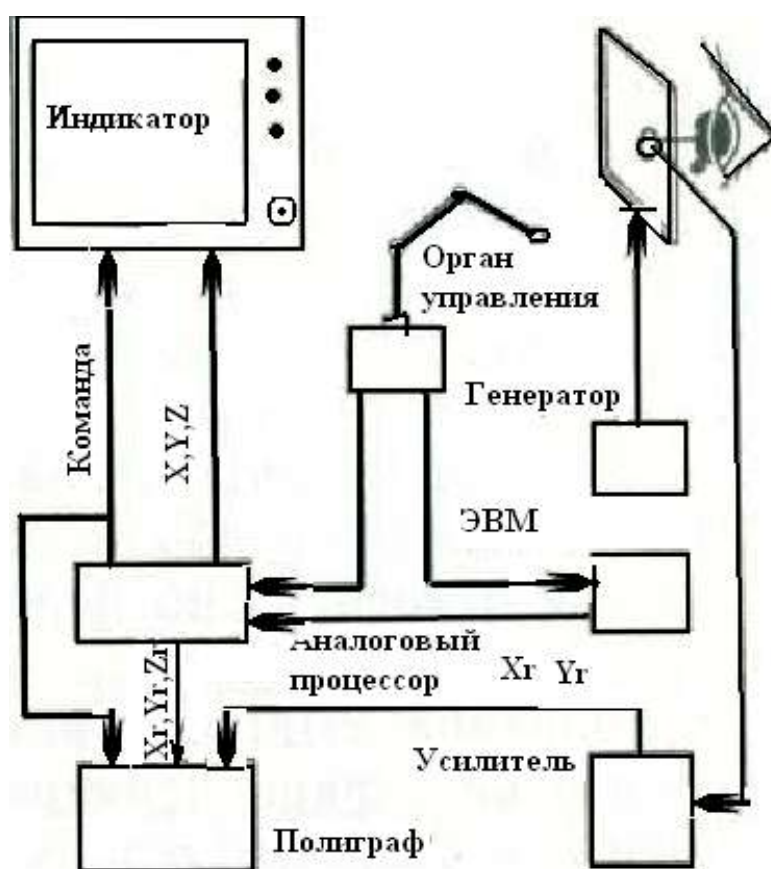


Рисунок 2.1 – Функциональная блок-схема экспериментального стенда для исследования инструментальных двигательных навыков

По ним в аналоговом вычислительном блоке строится пространственная математическая модель органа управления относительно прямоугольной декартовой системы координат. Конструктивное решение органа управления позволяет сохранять содержание и естественную направленность мануальных движений оператора, хотя сис-

тема управления предусматривает возможность нарушать однородность и соответствие моторного и сенсорного полей введением коэффициентов сжатия пространства или введением электрической инверсии направления одноименных векторов.

Используемый в экспериментальной установке цветной монитор можно назвать иллюзорно изобразительным, так как за счет изменения величины управляемого сигнала в нём создается впечатление объемности тестовых и управляемого сигналов. В соответствии с подаваемыми на выходы блока управления аналоговыми электрическими сигналами на экране индикатора формируются световые сигналы различных цветов. Впечатление объемности достигается управлением изменения площади высвечиваемых сигналов. Перемещение световых сигналов в поле экрана осуществляется по горизонтали (X), вертикали (Y) и изменению их световой площади.

Независимость управления световыми стимулами по параметрам X, Y, Z позволяет кодировать ими пространственные координаты перемещения объекта управления и формировать систему отсчета сенсорного поля оператора. Управляющие координатные сигналы строятся в блоке управления объектом по уравнениям связи пространственного движения руки оператора и органа управления.

Ведение эксперимента осуществляется в режиме диалога с машиной по принципу приоритетного обслуживания следующих устройств связи с объектом:

- модуля ввода дискретной информации сигналов управления экспериментатора и испытуемого;
- модуля группового управления выводом дискретной информации тестовых сигналов зрительного канала связи оператора;
- бесконтактного коммутатора; аналого-цифрового преобразователя, воспринимающего аналоговые сигналы относительно положения руки испытуемого в пространстве.

Описанный многоцелевой экспериментальный стенд позволяет регистрировать пространственно-временные (скоростные и точностные) параметры исследуемого процесса. Движения ручки-манипулятора записываются в виде трех составляющих по оси X, Y, Z.

Для целого ряда современных операторских профессий решающей является способность зрительного обнаружения и различения критических элементов, предъявляемых на фоне других, отличающихся по одним и совпадающих по другим признакам элементов (экраны радиолокаторов, фотографии событий в камерах Вильсона, рентгеновские снимки и т. д.).

Оптимизация такого рода деятельности связана в первую очередь со свойствами зрительной системы, как фильтра пространственных и временных частот. Психофизические исследования на человеке и психофизиологические исследования на животных показали, что в зрительной системе существуют каналы переработки информации, специфичные по отношению к определенным пространственным частотам изображения. Им свойственна максимальная чувствительность к синусоидально-модулированному распределению яркости, имеющему определенную пространственную частоту. Таким образом, зрительная система структурно и функционально способна к осуществлению частотного анализа любого изображения, подобно тому, как аналитически некоторая функция может быть представлена в виде сумм синусоидальных компонент при ее разложении.

Близкой областью прикладных исследований, испытавшей сильное влияние экспериментальной психологии, является область проектирования и создания многомерных устройств отображения информации. Здесь задача проектировщика состоит в том, чтобы по возможности одновременно и без интерференции сообщить оператору множество разнородных сведений, которые по отдельности или же в некоторой комбинации определяют правильность принимаемых им решений. Вся история работ в этой области показывает, что идеальным примером решения этой задачи является наше повседневное предметное восприятие, интегрирующее в единый целостный образ не только разнообразную сенсорную информацию, но и данные, хранящиеся в памяти. Поэтому все более интересные разработки в этой области в большей или меньшей степени опираются на использование экологически естественных механизмов перцептивной обработки, детали которых выявляются с помощью разнообразных методик изучения восприятия.

Большие возможности кроются в использовании резервов зрительной образной памяти для целей идентификации. Как показывают последние исследования, если запоминание случайных зрительных структур страдает от тех же ограничений, что и запоминание бессмысленного вербального материала, то запоминание предметных видовых слайдов, пусть даже довольно однообразных в тематическом отношении, намного превосходит по своему объему и продолжительности хранения все другие известные виды памяти.

Возможно, не самым важным, но, безусловно, весьма демонстративным примером опоры на механизмы предметного восприятия

может служить работа швейцарских авторов, перед которыми была поставлена задача создания алгоритмов, позволяющих обеспечить зрительное различение настоящих и фальшивых банкнот. Трудность этой задачи состоит в существовании значительного числа пространственных параметров рисунка, каждый из которых в норме характеризуется определенным диапазоном вариации.

2.5. Методы оценки функциональных состояний работника

В современной литературе обычно выделяются три типа критериев, с помощью которых можно оценить состояние субъекта:

- физиологические;
- поведенческие;
- субъективные.

В качестве возможных индикаторов динамики функциональных состояний рассматриваются самые разнообразные показатели функционирования центральной нервной системы. К их числу относятся, прежде всего, электрофизиологические показатели, а также частота сердечных сокращений, величина артериального давления, состояние тонуса сосудов, величина диаметра зрачка и многие другие. Кроме того, интенсивно развиваются исследования биохимических сдвигов в организме при различных функциональных состояниях.

Изменения параметров электрической активности мозга традиционно рассматриваются в качестве непосредственного индикатора динамики уровня активации. Различным видам функциональных состояний ставят в соответствие характерные изменения. Другим общепринятым методом изучения динамики функциональных состояний является кожно-гальваническая реакция, используемая в качестве показателя «вегетативного тонуса».

Экспериментально доказано существование непосредственной связи характера электрокожных ответов с изменением состояния ретикулярной формации и, следовательно, они могут рассматриваться как один из наиболее приемлемых критериев уровня общей активности. Использование этого показателя связано с задачей диагностики состояний эмоциональной напряженности.

В связи с этими данными, свидетельствующими о системном характере наблюдаемых сдвигов, возрастает актуальность описания комплекса физиологических реакций, специфичных для того или иного состояния организма.

Психологические методы тестирования. Разработка психологических методов оценки функциональных состояний осуществлялась преимущественно в контексте исследований утомления и динамики работоспособности. Симптомы проявления утомления в психической жизни индивида весьма разнообразны. Непосредственным выражением утомления являются чувства усталости, слабости, бессилия, быстрой утомляемости, сонливости. При сильных степенях утомления обычно наблюдаются негативные эмоциональные реакции:

- отвращение к работе;
- раздражительность;
- неприязнь к окружающим;
- тягостное напряжение и т. д.

С разной степенью осознанности переживаются состояния физиологического дискомфорта:

- повышенная потливость;
- учащение сердцебиения;
- появление отдышки;
- боли в различных частях тела и т. д.

Кроме того, к субъективной симптоматике можно отнести осознаваемые расстройства в области различных психических функций. К их числу относятся характеристики внимания (вялое, малоподвижное или хаотичное, неустойчивое), разнообразные сенсорные расстройства, нарушения в моторике (изменение темпа движений, снижение точности и координации, деавтоматизация навыков).

Среди перечисленных симптомов можно выделить две категории: субъективные оценочные реакции, характеризующие отношение индивида к собственному состоянию, и объективно контролируемые признаки утомления (физиологический дискомфорт и нарушения психической деятельности), которые могут осознаваться человеком. Существование качественно различных групп симптомов дает основание для развития различных направлений в методах субъективной диагностики – субъективного оценивания и опросников.

Использование опросников направлено на выявление качественно разнообразных симптомов утомления, которые с большей или меньшей легкостью могут быть осознаны человеком. Количественная оценка или определение степени выраженности каждого признака не ставится главной целью подобных исследований. Состояние человека оценивается общим количеством перечисленных симптомов и их качественным своеобразием.

Отдельные опросники существенно различаются между собой объемом перечисленных признаков и способом их группировки. Объем их варьирует от нескольких признаков до нескольких десятков и даже сотен. Общей тенденцией при разработке новых опросников является стремление к ограничению списка симптомов, что соответствует требованиям краткости тестового описания и простоты количественной обработки. В то же время это предполагает включение в состав списка наиболее важных ключевых признаков.

В качестве примера рассмотрим опросник физической активности, разработанный Японской ассоциацией здоровья в 1971 г. При конструировании опросника использовался факторно-аналитический метод. Исходным являлось предположение о том, что все многообразие проявлений утомления можно классифицировать следующим образом:

- симптомы слабой активации;
- симптомы слабой мотивации и физической дезинтеграции.

Причем эти группы симптомов являются общими для всех видов труда. Исходным материалом для построения опросника послужили 48 терминов, описывающие различные проявления утомления. Было проведено исследование, в котором 65 испытуемых с помощью семибалльной шкалы оценивали пригодность каждого термина для тестирования утомления. С помощью факторного анализа на основании результатов предварительного оценочного исследования были выделены две группы наиболее информативных симптомов, объединенных под названием «слабая активация» и «слабая мотивация». Ниже представлено содержание опросника.

Таким образом, для современных исследований в области создания субъективных опросников характерны тщательная разработка симптоматики утомления, классификация признаков и выделение определяющих факторов, разработка способов контроля за выполнением теста. Однако практическое использование имеющихся опросников встречает целый ряд серьезных трудностей.

В первую очередь это связано с отсутствием разработанных способов количественной оценки получаемых результатов. Общее количество отмеченных симптомов – слишком грубый показатель, особенно если не оценена сравнительная значимость присутствия того или иного признака. Кроме того, в опросниках обычно не определяется степень выраженности того или иного симптома. Последний

недостаток преодолевается с помощью методик распределения субъективного состояния.

Японский опросник физической активности

«Слабая активация»

1. Не хочется ходить.
2. Срывающийся голос.
3. Не готов к работе.
4. Впалые щеки.
5. Избегание разговоров.
6. Мрачное лицо.
7. Безжизненные глаза.
8. Раздражительность.
9. Апатичное лицо.
10. Вялость

«Слабая мотивация»

1. Ошибки в работе.
2. Избегание взгляда.
3. Затруднения в общении
4. Медлительность.
5. Сонливость.
6. Легкая отвлекаемость
7. Бледное лицо
8. Одеревеневшее лицо.
9. Дрожание пальцев
10. Трудность концентрации
внимания

Методики субъективной оценки предназначены для определения степени утомления самим человеком. Испытуемого просят соотнести свое состояние с рядом признаков, для каждого из которых выделены полярные оценки (отсутствие / присутствие, плохой / хороший). Расстояние между крайними точками представляется в виде многоступенчатой шкалы. Степень выраженности каждого признака определяется расположением точки, выбранной испытуемым на этой шкале.

Диагностика функциональных состояний в психологической практике чаще всего ведется на основании анализа эффективности выполнения определенного вида деятельности. При этом анализируется динамика показателей количества, качества и скорости выполнения работы, а также лежащие в ее основе изменения соответствующих психологических функций.

Целью анализа может выступать характеристика показателей выполнения реальной трудовой деятельности человека. Основными показателями динамики работоспособности в этом случае служат характеристика общего числа выпущенной продукции, число сбоев и изменение темпа работы в зависимости от продолжительности рабочего дня, а также влияние разнообразных неблагоприятных факторов среды: плохой организации производственного процесса, недостаточной освещенности рабочего места и вентиляции помещений,

вредных воздействий, обусловленных спецификой производства. Примером методики многофакторного шкалирования может служить тест дифференцированной самооценки утомления (САН). При разработке этого теста предполагалось, что характеристика функционального состояния возможна с помощью трех категорий признаков: самочувствия, активности и настроения. Испытуемый должен соотнести свое состояние с рядом признаков, характеризующих каждую из перечисленных категорий. Степень выраженности признака устанавливается по 7-балльной шкале.

Тест САН представляет собой карту, на которую нанесены 30 пар слов полярного значения. Каждую из трех категорий характеризуют 10 пар слов. К категории «самочувствие» относятся характеристики силы, здоровья, степени утомляемости, например:

- самочувствие плохое/хорошее;
- чувствую себя сильным/слабым;
- полный сил/обессиленный и т. д.

К категории «активность» относятся характеристики подвижности, скорости протекания различных функций:

- пассивный/активный;
- малоподвижный/подвижный;
- медлительный/быстрый и т. д.

В категорию «настроение» включены характеристики эмоционального состояния:

- веселый/грустный;
- настроение плохое/хорошее;
- жизнерадостный/мрачный и т. д.

Десятикратное предъявление полярных признаков повышает надежность получаемых данных. Расположение положительных (отрицательных) признаков как с правой, так и с левой стороны карты, уменьшает возможность преднамеренного искажения результатов.

По данным авторов этого метода, его использование дает возможность охарактеризовать функциональное состояние и не только по абсолютным оценкам самочувствия, активности и настроения, которые снижаются по мере развития утомления, но и по показателям их соотношения. У отдохнувшего человека все три категории признаков оцениваются близкими цифрами. По мере нарастания утомления растет их дивергенция за счет снижения показателей самочувствия и активности по сравнению с субъективной оценкой настроения.

Развитие методов субъективных оценок функционального состояния идет по линии создания сложных и многоплановых тестов, основанных на использовании современного математического аппарата и ассимиляции данных, накопленных в области традиционного использования метода шкалирования в субъективной психофизике. Однако ещё в первых экспериментальных исследованиях утомления отмечалось, что чувство усталости может быть следствием низкой мотивации, незаинтересованности в выполнении работы, и что смена деятельности восстанавливает исходный уровень работоспособности.

Другой группой психометрических методов является анализ динамики различных проявлений двигательной активности человека. Традиционными способами диагностики функциональных состояний являются различные варианты степ-теста и теппинг-теста.

Широко используются разнообразные методики оценки состояния различных психических функций: восприятия, памяти, внимания, мышления.

Пригодность теста для решения конкретной задачи диагностики определяется с помощью центральных понятий теории психологического тестирования – валидности и надежности. В наиболее общем смысле валидность отражает соответствие выбранной методики задаче исследования, а с помощью понятия надежности определяется устойчивость или воспроизводимость получаемых оценок.

Другой принципиальный недостаток существующих психометрических методов тестирования состоит в том, что с их помощью можно оценить лишь результативную сторону деятельности и, как правило, ничего нельзя сказать о причинах наблюдаемых изменений.

С этой целью была разработана система автоматизированных тестов, включающая типичные процедуры исследования процесса преобразований информации: времени реакции опознания, полного воспроизведения, поиска сигнала в шуме, определения отсутствующей цифры. Успешность выполнения различных методик определяется эффективностью реализации определенных психологических операций или групп операций, специфичных для решения конкретных задач.

Было установлено, что утомление избирательно влияет на выполнение одних и тех же операций, своеобразных «слабых мест» в системе преобразований информации. К таким эффектам относятся увеличение продолжительности хранения информации в сенсорной

памяти, нарушение операций повторения и извлечения информации из первичной памяти, нарушение операций установления семантических связей во вторичной памяти. Относительно неизменными остаются продолжительность хранения информации в первичной памяти, а также операций сенсорной обработки единичного стимула, его опознания, перевода в первичную память и ответа.

Внедрение ЭВМ в область практических исследований функциональных состояний не всегда оказывается возможным. В этом случае на помощь приходят средства «малой автоматизации» – портативные установки, специально разрабатываемые для проведения тестирования с помощью узкого класса психометрических задач в заранее ограниченной зоне экспериментальных условий, небольшие по объему, удобные в обращении и пригодные для транспортировки.

Комплексные методы оценки функциональных состояний. Проведенный анализ показывает, что всем существующим методическим направлениям оценки функциональных состояний свойственны существенные недостатки. Решение этой задачи может быть достигнуто только на пути применения комплексных методов, объединяющих достоинства рассмотренных подходов.

Поскольку работоспособность системы в целом определяется состоянием тех звеньев, которые испытывают наибольшую нагрузку или несут наибольшую ответственность за успешность работы, постольку соответствующие методики исследования работоспособности должны быть адресованы в первую очередь к этим звеньям. В целом ряде экспериментальных работ показано, что тесты, выбранные на основании анализа функциональной структуры деятельности, обладают большей диагностической информативностью, чем стандартные «универсальные» методики. Таким образом, содержательный психофизиологический анализ конкретных видов трудовой деятельности является необходимым условием создания комплексных систем тестов, пригодных для оценки динамики функциональных состояний в условиях реального производства.

2.6. Моделирование в эргономике

Моделирование структуры и функций системы «человек – машина – производственная среда» получило широкое распространение в эргономике. Существуют различные виды моделирования: предмет-

ное, предметно-математическое, знаковое и его важнейшая форма – математическое. Предметное моделирование, в ходе которого исследование ведется на модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики оригинала, является характерной особенностью многих эргономических работ.

При этом используются статические и функциональные макеты. Первые представляют, как правило, трехмерные, выполненные в натуральную величину модели оборудования, его отдельных блоков, которые подвергают испытаниям. Статический макет может использоваться:

- для выбора оптимального способа организации оборудования;
- эргономической оценки оборудования и получения ответов на такие вопросы о его функционировании, которые не могут быть решены с помощью двухмерных чертежей;
- решения задач организации рабочего места;
- проверки размещения органов управления с точки зрения удобства пользования ими;
- проверки точности и скорости считывания показаний приборов;
- определения доступности точек проверки, испытаний и регулировки в процессе технического обслуживания оборудования.

Функциональный макет представляет модель оборудования в натуральную величину, которая в отличие от статического может воспроизводить реальное функционирование аппаратуры в режимах ручного и автоматического управления. К этому виду макетов можно отнести и тренажеры, предназначенные для профессиональной подготовки специалистов и используемые для изучения и решения задач проектирования соответствующего вида деятельности. Функциональные макеты, используемые в эргономике, это созданные по определенным правилам экспериментальные модели системы «человек – машина – производственная среда» или ее подсистемы, свойства которых таким образом детерминируют деятельность человека, что ее основные характеристики соответствуют параметрам деятельности в реальной системе. Возможности использования функциональных макетов в эргономике могут быть значительно расширены с применением в качестве программирующих и анализирующих устройств электронной вычислительной техники.

Функциональный макет может быть использован для изучения трудовой деятельности человека (группы людей) в имитированных условиях работы с целью сравнения альтернативных вариантов конструкции, а также для оценки отдельных характеристик оборудования.

В эргономике необходимо применять методы математического моделирования. В последнее время модели человеческих факторов в технике появляются в большом количестве. Стремление дать математическое описание человеческих факторов в целом, безусловно, способствует развитию теории и практики эргономики. Главные проблемы, которые возникают при этом, связаны с выявлением всего комплекса психофизиологических свойств и характеристик человека, существенных для его деятельности в системе. Именно они должны быть отражены в соответствующих математических моделях, призванных для количественного описания указанной деятельности. Проводятся работы по систематизации моделей, предназначенных для описания деятельности человека в конкретных режимах функционирования системы «человек – машина – производственная среда». Одним из наиболее перспективных направлений развития моделирования для целей проектирования деятельности человека является использование теоретико-математического аппарата теории игр. Это является существенным условием эффективного развития эргономики как сферы научной и практической деятельности.

2.7. Использование ЭВМ в эргономических исследованиях

Построение адекватных моделей человеческой деятельности требует учета все большего числа факторов и взаимосвязей между ними, что ведет к постоянному усложнению моделей и способов работы с ними. В большинстве случаев работа с подобными моделями принципиально невозможна без использования вычислительной техники. Среди таких задач можно назвать:

- необходимость получения достаточного объема экспериментальных результатов за сравнительно короткое время;
- создание банка стандартных справочных эргономических данных;
- экстраполяцию результатов, получаемых в лабораторных исследованиях на реальные условия деятельности;
- получение количественных характеристик возможностей человека при осуществлении различных видов познавательной и исполнительной деятельности.

Эффективное решение таких задач возможно лишь на основе полной и частичной автоматизации различного рода эргономических исследований, что позволит повысить достоверность и сопоставимость результатов различных работ. Наиболее доступной и распространенной формой использования вычислительной машины является обработка результатов экспериментов (опросов, анкетирования, поведенческих показателей, физиологических параметров и т. п.). Достаточно указать для примера различные виды многомерного анализа (частная корреляция, множественная регрессия и т. д.). Таким образом, в экспериментальных работах на вычислительную технику возлагаются следующие задачи:

- сбор данных;
- обработка данных;
- управление большими комплексами устройств с соблюдением весьма жестких временных режимов;
- проведение адаптивных и самооптимизирующихся управляемых экспериментов.

Задачей машины не может быть просто исследование некоторого явления. Необходимым этапом является составление четкого алгоритма решения поставленной задачи во всех его деталях. Успех в решении проблемы зависит от степени разработанности моделей в значительно большей степени, чем от использования компьютерной техники, а эта работа остается прерогативой человека.

2.8. Классификация рабочих профессий

В историческом аспекте выделяют три стадии развития техники и труда, или системы «техника – человек»:

- ручной труд;
- механизированный труд;
- автоматизированный труд.

Эргономика имеет отношение ко всем трем его типам и нуждается в классификации видов труда. Классификация видов труда в России применяется по признаку его механизации. Согласно этой классификации, выделяют пять групп рабочих по степени механизации трудовой деятельности.

Первая группа – рабочие, выполняющие работу при помощи автоматов, автоматизированных аппаратов и установок. Сюда относят-

ся рабочие, наблюдающие за работой автоматических и полуавтоматических блоков, агрегатов, аппаратов, станков, регулирующие режим их работы, настраивающие и ремонтирующие их. К этой же группе относятся и рабочие полуавтоматических машин, станков, аппаратов, если их функцией также являются контроль и регулировка работы полуавтоматов, а также наладчики и настройщики полуавтоматов, у которых преобладает функция наблюдения.

Вторая группа – рабочие, выполняющие работу при помощи машин, станков, механизмов, аппаратов, механизированного инструмента. Это станочники, машинисты, шоферы, трактористы и им подобные. Для всех этих рабочих характерна, прежде всего, функция непосредственного управления машиной, аппаратом. Внутри этой группы иногда вводится деление на подгруппы в зависимости от совершенства применяемых орудий труда.

Третья группа – рабочие, выполняющие работу вручную при машинах и механизмах, дополняющие своим ручным трудом работу машин (подсобные рабочие):

- грузчики при контейнерах и транспортерах;
- сортировщики, фасовщики, упаковщики, мойщики, разливатели и другие рабочие, занятые при машинах и механизмах.

Рабочие этой группы могут быть заняты на совершенно аналогичных работах в равной мере, как у неавтоматических машин, так и у автоматов и полуавтоматов. Для рабочих всей этой группы характерен малоквалифицированный монотонный труд.

Четвертая группа – рабочие, выполняющие работу вручную или с помощью немеханизированного инструмента, занятые не на машинах и механизмах. Они работают на ручных работах (рабочие малоквалифицированного труда мануфактурного типа). К ним же относятся рабочие высококвалифицированного ремесленного типа, рабочие высококвалифицированного труда на ручной комплексной сборке и по наладке сложных сборных изделий.

Пятая группа – рабочие, выполняющие работу по ремонту машин и механизмов, слесари, электрослесари, электромонтеры-ремонтники, включая дежурных. К этой же группе относятся наладчики, настройщики станков, машин, установщики инструмента, у которых преобладает функция наладки.

Вместе с тем рабочие ремонтных групп, участков, мастерских, цехов, заводов, которые заняты не на комплексном ремонте машин, а

на специализированных операциях, относятся к какой-либо из первых четырех групп. Например, токари и другие станочники, сварщики, занятые на ремонтных работах, относятся ко второй группе, как рабочие, выполняющие работу при помощи машин и механизированного инструмента.

В приведенной классификации переплетаются работы, связанные с ручным, машинным и автоматизированным производством. Для целей эргономического анализа в большинстве случаев осуществляется дробное деление профессий. Так, рабочие автоматизированных систем управления, или операторы (первая группа), подразделяются на пять видов, в соответствии с которыми определяют пять классов операторской деятельности.

1. **Оператор-технолог.** Оператор непосредственно включен в технологический процесс, работает в основном в режиме немедленного обслуживания, совершает преимущественно исполнительные действия, руководствуясь при этом четко регламентирующими действия инструкциями, которые содержат, как правило, полный набор ситуаций и решений. Это операторы технологических процессов автоматических линий, операторы, выполняющие функции формального перекодирования и передачи информации.

2. **Оператор-манипулятор.** В этом случае для оператора основную роль играют механизмы сенсомоторной деятельности и в меньшей степени образного и понятийного мышления. К числу функций оператора-манипулятора относятся управление манипуляторами, роботами, машинами-усилителями мышечной энергии. К этой же категории можно отнести и деятельность операторов, обслуживающих радиолокационные станции – классический объект исследования инженерной психологии. Правда, деятельность этих операторов с такими основаниями может быть отнесена к деятельности оператора-наблюдателя, поскольку при выполнении функций слежения, сопровождения целей в условиях помех огромная доля нагрузки падает на зрительную систему.

3. **Оператор-наблюдатель, контролер.** Это классический тип оператора (оператор слежения радиолокационной станции, диспетчер транспортной системы и т. п.). Для данного типа деятельности характерен большой «вес» информационных и концептуальных моделей, у него соответственно несколько редуцированы навыки управления (по сравнению с первыми двумя типами деятельности оператора). Он

может работать как в режиме немедленного, так и в режиме отсроченного обслуживания. Такой тип деятельности является массовым для операторов технических систем, работающих в реальном масштабе времени.

4. **Оператор-исследователь.** Такой оператор в значительно большей степени использует аппарат понятийного мышления и опыт, заложенный в образно-концептуальных моделях. Органы управления играют для него еще меньшую роль, а «вес» информационных моделей, напротив, существенно увеличивается. К таким операторам относятся исследователи любого профиля – пользователи вычислительных систем, дешифровщики объектов (изображений) и другие.

5. **Оператор-руководитель.** Он управляет не техническими компонентами системы или машины, а другими людьми. Это управление осуществляется как непосредственно, так и опосредствованно через технические средства и каналы связи. К таким операторам относятся организаторы, руководители различных уровней, лица, принимающие ответственные решения, обладающие соответствующими знаниями, опытом, тактом, волей, навыками принятия решения и интуицией. Операторы-руководители в своей деятельности должны «играть» не только с объектом, учитывать не только возможности и ограничения машинных компонентов системы, но в полной мере должны учитывать особенности подчиненных, их возможности и ограничения, состояния и настроения. Основным режим деятельности оператора-руководителя – оперативное мышление.

При всем своем несовершенстве эта классификация операторской деятельности проясняет пути согласования внешних средств и способов деятельности и позволяет лучше ориентировать исследовательскую и практическую работу в области эргономики.

В сферу эргономических исследований преимущественно включаются виды трудовой деятельности, которые связаны с использованием технических средств. Труд, выполняемый вручную, иногда включают в сферу изучения эргономики. Имеется ряд эргономических изданий, посвященных проблемам ручного труда.

Наиболее непосредственное взаимодействие субъекта и объекта труда происходит при использовании орудий или различного рода инструментов. Примером таких видов деятельности может служить не только труд слесаря-инструментальщика, строителя или специали-

ста по ремонту или наладке, труд врача и конструктора, а также труд работников искусства – художников прикладного искусства, скульпторов и т. д. Объект в этих случаях предстает перед субъектом во всем многообразии своих свойств, а субъект обладает многообразными возможностями их изменения и использования с целью получения желаемого результата. Для использования этих возможностей он должен осуществить не только исполнительные, но и различные аналитические и познавательные действия, иными словами, решить задачу наиболее эффективной организации своих действий.

Требования к функциональным или эстетическим качествам результата определяют способ трудовых действий и эффективность их осуществления. При использовании орудий человек применяет свои способности, приобретает опыт и навыки в разных сферах трудовой деятельности. Он также удовлетворяет свои потребности в познании и творчестве. Для данного вида трудовой деятельности характерно создание новых, более удобных или целесообразных средств производства, получение новых результатов.

Иначе протекает деятельность при использовании механизированных средств производства в системе «человек – машина – производственная среда». Объект труда выступает здесь только ограниченным количеством своих свойств, так как машина неспособна учесть все свойства материала. Обеднению качественного содержания взаимодействия с объектом сопутствует и рост требований к количественным характеристикам взаимодействия, например, к его скорости или величине затраченной энергии. Соответственно, и к трудовым действиям человека в данных условиях предъявляются требования с точки зрения определенного количественного эффекта, то есть получения заданного объема продукции в минимальные сроки с наименьшими затратами.

При таких условиях трудовой деятельности необходимо повышение четкости, организованности и стереотипности исполнительных действий. В результате в трудовом акте не остается места для познавательных действий. Производство не требует и даже не допускает отклонений в качественных характеристиках результата по отношению к заданным параметрам. Оно требует от человека приложения ограниченного круга его способностей, главным образом определенных навыков и их эффективной координации с временным режимом работы машины. По существу, объектом трудовых действий для че-

ловека становится не только предмет производства, но и сама машина. Именно к ее пространственным и временным особенностям он должен приспособить свои действия.

Инициатива человека в оптимизации трудовой деятельности может проявиться в сфере организации этой деятельности, в выработке профессионального стиля, в совершенствовании технологии, то есть во всем, что касается способа действий, а не средств производства и свойств объекта. Изучением и анализом эффективности последних занимаются люди других специальностей, которые не участвуют в трудовом процессе.

Наконец, в условиях использования автоматизированных средств производства функциональная направленность действий человека еще более дифференцируется, повышаются требования к срокам или скорости выполнения действий, еще более жесткой становится их организация в целом. Жесткая алгоритмизированная организация действий, например, оператора-наблюдателя или оператора систем слежения далеко не всегда позволяет оператору сформировать наиболее удобный для него способ действия и не создает непосредственно потребностей в улучшении качеств конечного результата. Фактически изменяется содержание результата. Под ним понимается уже не результат воздействия человека с помощью автоматизированных средств на какой-либо объект, а результат изменений, которые вызываются действиями человека в самом автоматизированном устройстве. И те меры, которыми определяется эффективность режима работы системы, переносятся на действия человека. К ним относятся меры точности, скорости и надежности.

Таким образом, непосредственным объектом деятельности для человека становится само средство производства, а требования к результату взаимодействия ограничиваются его рабочим режимом или состоянием. Практически эти требования относятся только к исполнительным действиям человека. Лишь в случае, когда само устройство перестает работать в заданном режиме, человеку дается возможность совершить некоторые познавательные действия по обнаружению причины аварии. Эти действия характеризуются чаще не мерой потребности, а мерой ответственности. В результате можно было бы заключить, что основными критериями трудовых действий должны быть меры исполнительных действий, которые устанавливаются исходя из эффективного функционирования системы. Однако в услови-

ях автоматизированного производства появляются новые типы профессий: оператора-исследователя и руководителя, которые требуют иного подхода.

В этих видах деятельности все большую роль играют не только совершенное владение орудиями и средствами труда, не только исполнительные и когнитивные процессы, но и процессы формирования целей и выбора способов их достижения. При этом речь идет о достижении целей вполне конкретных. Предметом эргономики является всякая деятельность постольку, поскольку она включена в достаточно широкий контекст технических средств. Это, естественно, не означает, что эргономика тождественна общей теории деятельности, а у нее гораздо более узкие задачи, связанные, прежде всего, с анализом и целенаправленным конструированием существующих видов трудовой деятельности. Именно поэтому, как отмечалось ранее, эргономика вносит вклад в развитие общей теории трудовой деятельности человека в условиях современного производства.

Контрольные вопросы

- 1. Что понимается под методологическими средствами эргономики?*
- 2. Положение о трех этапах в определении характера связи человеческого и машинного компонентов при решении соответствующих научных и производственных задач.*
- 3. Использование принципов системного подхода в постановке исследовательских задач эргономики.*
- 4. Общая характеристика эргономических исследований и их методов.*
- 5. С чего начинается любое эргономическое исследование?*
- 6. Что предполагает усовершенствование конструкции машины (технического средства) с целью наиболее полного учета возможностей и особенностей работающего человека?*
- 7. Существует ли классификация методов исследования в эргономике? С чем связана сложность разработки такой классификации?*
- 8. Организационные методы эргономических исследований, их группы.*

9. Экспериментальные методы изучения динамики различных физиологических функций в эргономике.

10. Что даёт применение электроэнцефалографии (ЭЭГ) (записи электрической активности мозга) для получения характеристик деятельности нейронных ансамблей головного мозга в естественных условиях?

11. Что решает применение электромиографии (ЭМГ) (записи потенциала действия мышц) при оценке состояния мышечного тонуса?

12. Какова цель применения электрокардиографии (ЭКГ) в эргономике?

13. В каких целях используется электроокулография (ЭОГ) в эргономике?

14. Какие методы биомеханики находят применение в эргономических исследованиях?

15. Какая техника антропометрических исследований используется для решения различных эргономических задач?

16. В чем состоит сущность операционно-структурного описания трудовой деятельности?

17. Какие психофизиологические методики входят в методический арсенал эргономики?

18. Какие социометрические методы исследования межличностных отношений позволяют решить целый ряд актуальных вопросов эргономики?

19. Шкалы оценок в эргономике.

20. Что дает организация наблюдения за рабочим процессом?

21. Какое значение в профессионально графических исследованиях имеет заранее продуманная и подготовленная схема наблюдения?

22. Как делается запись результатов наблюдения?

23. Использование методов опроса в практике эргономических исследований.

24. Как проводится опрос работников?

25. Каковы действия работодателей по результатам опроса?

26. Приведите схему проведения анализа пространственной организации рабочего места при его реконструкции.

27. Охарактеризуйте хронометраж как метод объективного наблюдения.

28. *Что такое хронография и каковы объекты ее исследования?*
29. *Приведите основные методы исследования исполнительной и познавательной деятельности.*
30. *Что можно определить с помощью метода циклографии?*
31. *Использование слежения как средства анализа исполнительной деятельности.*
32. *Методы оценки функциональных состояний.*
33. *Комплексные методы оценки функциональных состояний.*
34. *Что даёт моделирование структуры и функций систем «человек – машина – производственная среда» в эргономике?*
35. *Как используется ЭВМ в эргономических исследованиях?*
36. *Приведите классификацию рабочих профессий.*

Глава 3. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА

3.1. Эргономика рабочего места

Под рабочим местом понимается зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу или операцию. Организацией рабочего места называется система мероприятий по оснащению рабочего места средствами и предметами труда и их размещению в определённом порядке.

По уровню механизации рабочие места делятся на автоматизированные, механизированные и рабочие места, где выполняются ручные работы. Рабочие места подразделяются на индивидуальные и коллективные. В зависимости от специализации рабочие места могут быть:

- универсальными;
- специализированными;
- специальными.

Под рабочим местом человека-оператора автоматизированной системы управления понимается место в системе «человек – машина», оснащенное средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием, где осуществляется трудовая деятельность указанного специалиста.

3.2. Общие эргономические требования к рабочему месту

Рабочее место должно быть приспособлено для конкретного вида труда и для работников определенной квалификации с учетом их физических и психических возможностей и особенностей. Для некоторых групп рабочих мест можно определить общие требования.

При проектировании рабочего места необходимо исходить из конкретного анализа трудового процесса человека на данном оборудовании и учитывать антропометрические данные, физиологические и психологические характеристики трудового процесса, санитарно-гигиенические условия работы.

Пространственная организация рабочего места включает в свой состав учет антропометрических данных, выбор рационального рас-

положения рабочих зон, рабочих поверхностей, физиологически рациональной рабочей позы, а также проектирование рациональных конструкций организационной оснастки.

При конструировании рабочих мест должны быть соблюдены следующие основные условия:

- достаточное рабочее пространство для работающего человека, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием, а также между людьми в процессе выполнения общей трудовой задачи;
- оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, а также безопасные и достаточные проходы для работающих людей;
- необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания;
- допустимый уровень акустического шума и вибрации создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибрации;
- необходимые средства защиты работающих от действия опасных и вредных производственных факторов (физических, химических, биологических и психофизиологических).

При конструировании и размещении рабочих мест следует предусматривать меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление работающего человека, предотвращающие возникновение у него психофизиологического стресса, а также появление ошибочных действий.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать быстроту, безопасность, простоту и экономичность технического обслуживания в нормальных и аварийных условиях; полностью отвечать функциональным требованиям и предполагаемым условиям эксплуатации.

При организации рабочего места необходимо принимать во внимание:

- рабочую позу (работа «сидя», «стоя», «сидя – стоя»);
- конфигурацию и способ размещения панелей индикаторов и органов управления;
- потребность в обзоре рабочего места (пульта);

- необходимость использования рабочей поверхности для письма или других работ, для установки телефонных аппаратов, а также хранения инструкций и других материалов, используемых работающими людьми или обслуживающим персоналом;

- пространство для ног и стоп при работе «сидя».

При конструировании необходимо обеспечивать зоны оптимальной и легкой досягаемости моторного поля рабочего места. Моторное поле –пространство рабочего места с размещенными органами управления и другими техническими средствами, в котором осуществляются двигательные действия человека по выполнению рабочего задания. Различают зоны досягаемости, оптимальной и легкой досягаемости.

Зона досягаемости – это часть моторного поля рабочего места, ограниченная дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Зона легкой досягаемости – часть моторного поля рабочего места, ограниченная дугами, описываемыми расслабленными руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона досягаемости – часть моторного поля рабочего места, ограниченная дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой.

При конструировании необходимо также обеспечивать оптимальную зону информационного поля рабочего места. Под информационным полем понимают пространство рабочего места с размещенными средствами отображения информации и другими источниками сведений, используемых человеком в процессе трудовой деятельности. Оптимальная зона – часть информационного поля рабочего места, обеспечивающая наилучшее восприятие информации. Важным критерием при организации рабочего места является угол обзора. По отношению к горизонтали он должен составлять $30\text{--}40^\circ$, а в вертикальной плоскости $0\text{--}30^\circ$ по отношению к горизонтали (15° вверх и 15° вниз от нормальной линии взгляда).

При проектировании оборудования необходимо предусматривать рациональное положение тела («стоя», «сидя», «лежа»), которое должно быть удобным и свободным. По данным биомеханики, «положение тела» определяется его ориентацией и местоположением в пространстве, а также отношением к опоре. Каждое из положений ха-

рактируется определенными условиями равновесия, которые определяются в основном величиной площади опоры, положением общего центра тяжести по отношению к площади опоры. Кроме того, каждое из этих положений характеризуется определенным взаиморасположением звеньев опорного аппарата, степенью напряжения мышц, положением внутренних органов, состоянием кровеносной и дыхательной систем и, следовательно, расходом энергии.

Выбор рабочего положения обычно определяется величиной усилий, которые затрачивает человек при выполнении той или иной операции, размахом движений, необходимостью переходить с места на место или возможностью сосредоточить свою работу на одном месте, точностью и темпом выполнения трудовых операций.

В каждом из положений можно различать бесчисленное количество поз. Поза – относительное расположение звеньев тела, независимое от ориентации и местоположения тела в пространстве и его отношения к опоре. Когда речь идет о трудовой деятельности, термин «рабочая поза» употребляется как наиболее частое и предпочтительное взаиморасположение частей тела при выполнении трудовых операций. Ниже приводится характеристика некоторых положений тела.

Положение «стоя» более естественно для человека, чем положение «сидя». Его поддержание обеспечивается наличием ряда анатомо-физиологических особенностей тела человека:

- изгибы позвоночного столба и определенный угол наклона таза $40-45^\circ$ способствуют равномерному распределению силы тяжести тела и мышечной тяги, хрящевые межпозвоночные диски амортизируют толчки при движениях и обеспечивают подвижность позвоночника;
- взаимное расположение внутренних органов и их крепление также приспособлены больше к вертикальному положению.

В этом положении человек имеет благоприятные условия для зрительного обзора, передвижения и сенсомоторных координации. Однако длительное поддержание положения «стоя» более утомительно, чем положение «сидя», так как требуется значительная работа мышц по балансированию и удержанию равновесия тела, повышается и расход энергии на поддержание данной позиции. При постоянном фиксированном пребывании человека в положении «стоя» увеличивается гидростатическое давление на стенки сосудов, наблюдается застой крови в мышцах нижних конечностей. Поэтому человеку, ра-

ботающему стоя, необходимо обеспечить возможность изменения рабочей позы, возможность передвижения. Нормальной рабочей позой в положении «стоя» можно считать позу, при которой человеку не требуется наклоняться вперед больше, чем на 15° . Наклоны назад и в стороны нежелательны. Следует избегать длительно фиксированных рабочих поз при работе «стоя».

Положение «сидя» имеет ряд преимуществ по сравнению с положением «стоя». Уменьшаются статические нагрузки для поддержания веса тела, происходит разгрузка органов кровообращения, что снижает энергетические затраты. Но длительная работа в положении «сидя» может привести к расслаблению мышц живота и тазового дна, патологическим изменениям межпозвоночных дисков, к образованию сутулости. При выполнении некоторых видов трудовой деятельности следует предусмотреть во время работы смену рабочих положений «сидя» и «стоя», что позволяет менять группы мышц, несущих статическую нагрузку.

Важными факторами для установления рабочей позы являются высота рабочей поверхности, расстояние объекта от глаза, угол зрения, зрительный фокус, размеры пространства для ног и высота сиденья при работе сидя. Они должны рассматриваться обязательно во взаимосвязи. Выбор положения тела при работе («сидя», «стоя», «переменно») определяет параметры оборудования рабочего места.

Предусматривая то или иное рабочее положение, следует учитывать его достоинства и недостатки, чтобы использовать максимально первые и свести к минимуму влияние вторых. Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления представлены на рисунке 3.1.

В зависимости от основной рабочей позы различаются рабочие места при выполнении работ «сидя» и «стоя». Первые организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в тех случаях, когда это обусловлено особенностями технологического процесса.

При организации рабочего места необходимо обеспечить выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля, а операций «часто» (менее двух операций в 1 мин) и «очень часто» (две и более операций в 1 мин) – в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

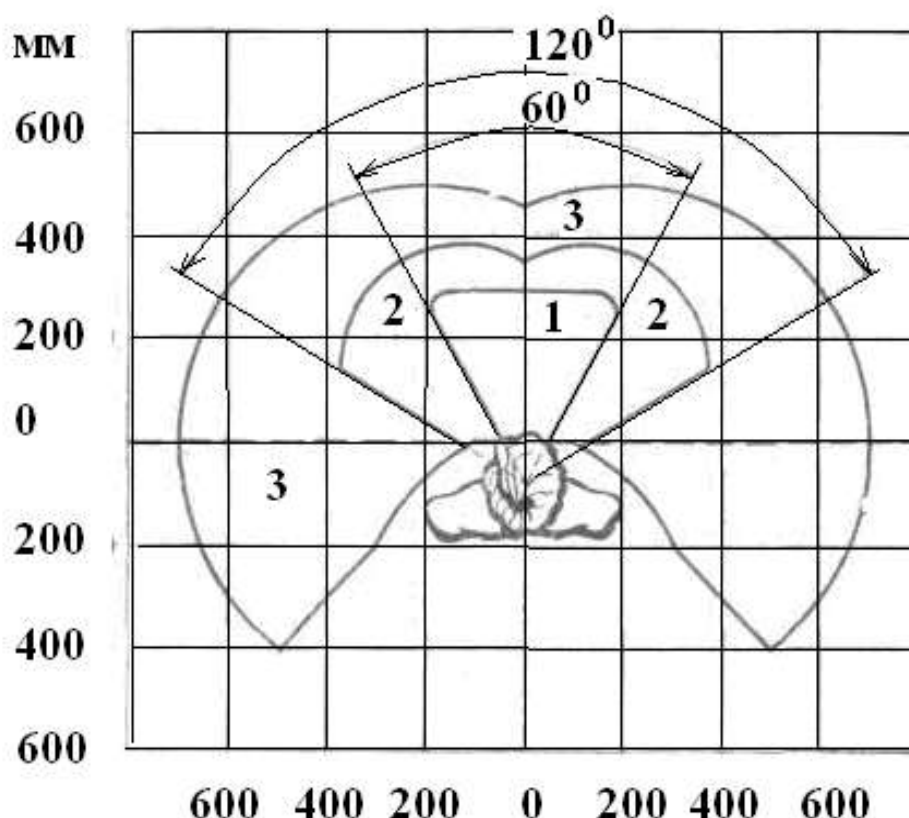


Рисунок 3.1 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления: 1 – зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления (оптимальная зона моторного поля); 2 – зона для размещения часто используемых органов управления (зона легкой досягаемости моторного поля); 3 – зона для размещения редко используемых органов управления (зона досягаемости моторного поля)

При конструировании производственного оборудования и организации рабочего места необходимо предусматривать возможность регулирования отдельных элементов с тем, чтобы обеспечивать оптимальное положение работающего. Регулируемые параметры высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног следует выбирать по номограмме. За высоту рабочей поверхности принимается расстояние по вертикали от пола до горизонтальной плоскости (реально существующей или воображаемой), в которой выполняются основные трудовые движения.

Регулируемые параметры высоты рабочей поверхности в зависимости от тяжести труда и роста работающего следует выбирать по номограмме (рис. 3.2).

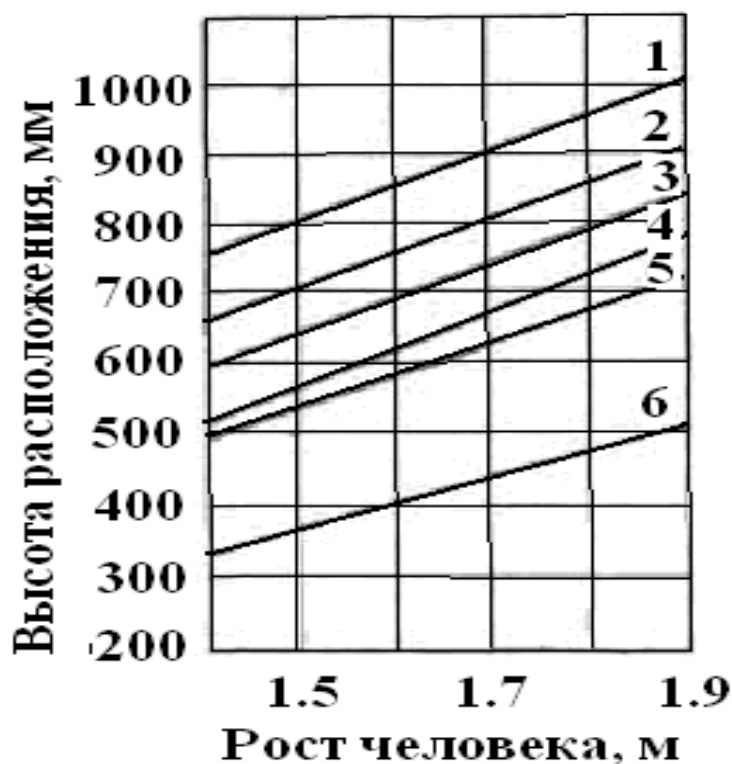


Рисунок 3.2 – Номограмма зависимости высоты рабочей поверхности для разных видов работ (1–4), пространства для ног (5) и высоты рабочего сиденья (6) от роста человека, м

При нерегулируемой высоте рабочей поверхности регулируют высоту подставки для ног. В этом случае высоту рабочей поверхности устанавливают по номограмме (см. рис. 3.2) для работающего ростом 1800 мм. Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста обеспечивается путем увеличения высоты подставки для ног на величину, равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего человека размером 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работника.

Числовые значения нерегулируемой высоты рабочей поверхности определяют по таблице 3.1. Необходимо предусматривать пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине, что позволяет близко подходить к столу, станку или машине.

При проектировании технологической оснастки (приспособлений и инструмента) и организационной оснастки рабочего места (рабочей мебели, средств сигнализации и связи, средств освещения, тары, планшетов для хранения документации, подставок, подкладок,

приспособлений для ухода за машиной и для уборки рабочего места) необходимо также учитывать требования эргономики. Технологическая и организационная оснастка должна создавать удобство в работе и повышать эффективность и качество труда.

Таблица 3.1 – Высота рабочей поверхности стола рабочего места, мм

Категория работы	Высота рабочей поверхности для рабочего места		
	женщин	мужчин	женщин и мужчин
Легкая	900	1060	1025
Средняя	930	980	955
Тяжелая	870	920	895

3.3. Требования антропометрии и биомеханики

При проектировании оборудования необходимо предусматривать его соответствие антропометрическим данным и биомеханическим характеристикам человека на основе учета:

- динамики изменений размеров тела при перемещении всего тела или его частей в пространстве (динамические размеры);
- диапазона движений в суставах;
- правил экономии движений.

При этом обеспечивается:

- оптимальная рабочая поза;
- оптимальные размеры рабочих зон;
- оптимальные для работающего человека размеры рабочего места и взаимное расположение его элементов, обеспечивающих определенную рабочую позу.

При непосредственном использовании антропометрических данных следует:

- определить контингент людей, для которых будет предназначено оборудование;
- выбрать антропометрический признак (группу признаков), который является основой для определения размера оборудования;
- установить, какой процент работников должно удовлетворять проектируемое оборудование, и определить границы интервала, в которых учитывается при проектировании необходимый объем выборки;

- найти соответствующие границам интервала (границы обозначаются или в перцентилях или долях сигмы) минимальные и максимальные значения антропометрических признаков (по справочным данным или проведя специальные измерения);

- учесть соответствующую поправку на вид одежды и обувь.

Среди антропометрических признаков различают классические и эргономические размеры, среди эргономических – статические и динамические. Эргономическими называются размеры тела, которые могут служить основой для определения размеров различных объектов конструирования. Эти размеры по своей ориентации в пространстве наиболее соответствуют ориентации параметров проектируемого оборудования, они измеряются в разных положениях и позах, условно имитирующих рабочие позы и положения.

Большинство эргономических размеров по своей структуре составные, части этих размеров биологически неравнозначны, относятся к разным анатомическим системам (кость, мышцы). Особенно это относится к габаритным размерам и размерам, взятым в положении «сидя». Различия между группами населения по эргономическим размерам бывают меньше, чем по классическим, и характеризуются некоторыми особенностями.

Статические антропометрические признаки – это размеры тела, измеренные однократно в статическом положении испытуемого, сохраняющего при измерении одну и ту же позу и положение. Условность и постоянство позы обеспечивают идентичность измерений. Статические антропометрические признаки делятся на размеры отдельных частей тела и габаритные размеры. Их можно рекомендовать для установления размеров рабочего места или изделия (высота, ширина, глубина и др.), уточнения этих размеров, определения диапазона регулировки регулируемых параметров, разработки условий эргономических экспериментов, проведения экспертных работ.

Габаритные размеры – это наибольшие размеры тела в разных его положениях и позах, ориентированные в разных плоскостях. Они измеряются по наиболее удаленным друг от друга точкам. Габаритные размеры используются для определения минимальных размеров пространства, занимаемого человеком в разных положениях и позах, определения размеров проходов, люков, безопасных промежутков и т. п. Динамические антропометрические признаки – это размеры, изменяющие свою величину при перемещении части тела и всего тела в

пространстве. Они характеризуются угловыми и линейными перемещениями. К ним относятся углы вращения в суставах и линейные изменения одного и того же размера (эффект движения тела) в виде максимального его увеличения или уменьшения при перемещении части тела в пространстве. Например, изменение длины руки при измерении досягаемости при перемещении руки вниз, в сторону, вперед, вверх. Динамические антропометрические признаки рекомендуются использовать для определения амплитуды рабочих движений и для определения размеров сенсомоторного поля.

При проектировании следует использовать в основном эргономические размеры. При пользовании антропометрическими данными не допускается сложения простых классических размеров для получения эргономических размеров, так как размеры, полученные путем сложения, на 5–10 см больше, чем размеры, измеренные непосредственно.

При сравнении национальных групп, резко отличающихся по антропометрическим данным, допустим, литовцев, русских и армян, наблюдаются значительные различия. Например, различия в росте 5–9 см. Если же сравнить национальные группы, близкие по антропометрическим данным, например, русских, белорусов и украинцев, то различия между ними незначительны. Если объекты проектирования предназначены строго для какого-либо одного народа, то следует учитывать национальные антропометрические данные этого населения.

Что касается возрастных различий, то имеется тенденция к увеличению всех продольных размеров тела у лиц молодого поколения, а поперечных, передне-задних и обхватных размеров – у лиц старшего возраста.

При проектировании оборудования следует знать, что наибольшие различия в размерах тела наблюдаются между мужчинами и женщинами внутри любой национальной группы (10–12 см в длине тела), затем следуют национальные различия, а далее возрастные и профессиональные.

Следует учитывать следующие половые различия:

- продольные размеры тела мужчин в положении «стоя» на 7–12 см больше размеров женщин;
- продольные размеры тела мужчин в положении «сидя» на 3–6 см больше соответствующих размеров у женщин;

- поперечные, передне-задние и обхватные размеры верхней части тела мужчин на 1–3 см больше соответствующих размеров у женщин;
- размеры таза и бедер у женщин на 1–3 см больше, чем у мужчин.

Цифровые значения антропометрических данных можно представлять в виде таблиц, соматограмм, номограмм, манекенов (плоских и объемных) и других. Наиболее распространенный способ представления табличный.

Между средним квадратическим отклонением и частотой встречаемости признака имеется прямая связь, которая выражается возможностью определить процент людей или объем выборки, у которых величина антропометрического признака укладывается в тот или иной интервал. Зная значения средней арифметической величины и среднего квадратического отклонения и используя стандартные таблицы площадей кривой нормального распределения, можно найти значения того или иного признака, которые определяют границы заданного интервала, и, наоборот, по значениям признака можно определить интервал, в котором они находятся.

Для определения границ интервалов, в которых учитывается объем (процент) населения, которому должно удовлетворять проектируемое оборудование, а также для определения минимальных и максимальных значений антропометрических признаков, следует пользоваться системой перцентилей, а не долей сигмы, что более наглядно.

Перцентиль это одна сотая доля объема измеренной совокупности людей, которой соответствует определенное значение антропометрического признака. Площадь, ограниченная нормальной кривой, делится на 100 равных частей, или перцентилей. Каждый перцентиль имеет свой порядковый номер. Так, например, 5-й перцентиль отсекает в левой части кривой нормального распределения 5 % совокупности людей с наименьшими значениями признака. 50-й перцентиль в нормальном распределении соответствует среднему арифметическому значению признака, а 95-й перцентиль отсекает в правой части нормальной кривой оставшиеся 5 % совокупности людей с наибольшими значениями признака.

Конструкция оборудования должна обеспечивать легкость использования и удобство эксплуатации, по меньшей мере, для 90 % потребителей. Определение границ интервалов, в которых учитыва-

ется необходимый объем выборки, связано с ориентацией в пространстве параметров оборудования и функциональным назначением этих параметров.

Неизменяемые высотные размеры оборудования при работе на нем только мужчин или только женщин должны рассчитываться исходя из значения антропометрического признака, соответствующего 95-му перцентилю каждой половой группы, при работе мужчин и женщин – 95-му перцентилю мужской группы.

Рациональная рабочая поза людей более низкого роста должна обеспечиваться путем регулирования изменяемых параметров рабочего места (рабочее сиденье, подставка для ног).

Неизменяемые размеры оборудования, связанные с вертикальной досягаемостью в нижних зонах, рассчитываются исходя из значения антропометрического признака, соответствующего 95-му перцентилю каждой половой группы, если оборудование предназначено для работы только мужчин или только женщин; при работе на оборудовании мужчин и женщин – 95-му перцентилю мужской группы.

Неизменяемые размеры вертикальных досягаемостей в верхних зонах рассчитываются исходя из значения антропометрического признака, соответствующего 5-му перцентилю каждой половой группы, если оборудование предназначено для работы только мужчин или только женщин; при работе на оборудовании мужчин и женщин – 5-му перцентилю мужской группы.

Неизменяемые размеры оборудования с ограничением их максимального значения, такие, как зоны видимости, расстояния до индикаторов, контрольных точек, поручней, то есть связанные с горизонтальной досягаемостью, размах движения органов управления, которые влияют на качество работы оператора или ограничены размерами тела, должны выбираться, исходя из значения 5-го перцентиля соответствующей группы населения.

Размеры оборудования с ограничением их минимального значения (не должны быть меньше), такие, как проходы, подходы, люки, безопасные промежутки, которые обеспечивают прохождение тела или его частей, должны соответствовать значению антропометрического признака соответствующему 95-му перцентилю соответствующей группы населения.

Нижние и верхние границы измеряемых параметров оборудования при работе на нем только мужчин или только женщин должны рассчитываться, исходя из значений антропометрических признаков,

соответствующих 5-му и 95-му перцентилю каждой половой группы. При работе на оборудовании мужчин и женщин нижняя граница должна соответствовать 5-му перцентилю женской группы, верхняя – 95-му перцентилю мужской группы.

Высотные размеры проектируемого оборудования должны соответствовать продольным размерам тела с учетом положения последнего. Не следует использовать размеры тела, взятые в положении «стоя», при расчете рабочих мест для работы «сидя».

При расчете высотных размеров оборудования следует пользоваться антропометрическими данными молодого поколения (до 30 лет), а при расчете поперечных, глубинных размеров – данными населения старшего возраста (30–40 лет).

Точность использования антропометрических данных зависит от величины порогов мышечно-суставной чувствительности человека и от эргономической значимости элемента оборудования. Величина порогов мышечно-суставной чувствительности при различении линейных и угловых характеристик рабочего места свидетельствует о том, что человек легко (субъективно и объективно) различает изменение высотных характеристик рабочего места (рабочая поверхность, сиденье, подставка для ног) на 8–10 мм и, соответственно, угловых характеристик. Этими данными следует руководствоваться при определении допустимых отклонений от оптимальных параметров рабочего места и округлении цифровых значений антропометрических признаков.

Все элементы рабочего места, которые имеют непосредственное соприкосновение с телом человека, должны по возможности точно соответствовать его антропометрическим данным (размеры сиденья, рабочей поверхности, подставки для ног, органов управления и т. п.). Округление допускается до 1 см. При расчете минимальных пространств, занимаемых телом человека в разных положениях и позах, могут быть допуски 2–3 см.

3.4. Рабочие сиденья

Приспособления, обеспечивающие поддержание рабочей позы для выполнения работы в положении «сидя», различны: кресла, стулья, табуреты различных типов, откидные сиденья (стенные), сиденья-опоры.

Рабочие сиденья классифицируются по степени стабилизации рабочей позы, набору элементов рабочего сиденья, типу конструкции элементов сиденья, степени подвижности, степени мягкости, обеспе-

чению виброгашения и т. п. Выбор типа рабочих сидений определяется конкретным характером и условиями трудовой деятельности человека. Различают рабочие сиденья для длительного и кратковременного пользования.

Рабочие сиденья для длительной работы в положении «сидя» должны включать обязательные элементы: сиденье и спинку для стульев; сиденье, спинку и подлокотники для кресел. Дополнительными элементами рабочих кресел могут быть подголовники. Подставки для ног рекомендуются для всех видов работ, связанных с длительным сохранением положения «сидя».

Конструкция рабочего сиденья, предназначенного для длительной работы в положении «сидя», должна обеспечивать поддержание основной рабочей позы, не затруднять рабочих движений, смену позы и положения, обеспечивать условия для отдыха.

Основная рабочая поза предусматривает такое положение корпуса, которое способствует проявлению естественных изгибов позвоночного столба (поясничного, грудного и шейного) и не вызывает значительного мышечного напряжения. При этом не растягиваются мышцы и связки позвоночника, не расслабляются мышцы брюшного пресса и тазового дна, межпозвоночные хрящи не принимают асимметричную форму, не сдавливаются органы грудной клетки (сердце, легкие). Несоблюдение вышеперечисленных условий приводит к патологическим изменениям опорно-двигательного аппарата человека и другим нарушениям (остеохондроз, спондилез, радикулит, сутулость, опущение внутренних органов, отвислость живота и др.).

При работе «сидя» величина углов в тазобедренных, коленных и голеностопных суставах должна быть не менее 90° . Оптимальные рабочие позы углы в суставах должны быть на уровне $98\text{--}103^\circ$. Если трудовой процесс требует длительного поддержания жестко фиксированной рабочей позы без возможности ее смены (в промежутки времени не менее 30–40 мин), то рекомендуется полумягкое сиденье (кресло) с регулируемыми параметрами, устанавливаемыми в соответствии с индивидуальными антропометрическими данными работающего человека, профилированное (с двумя углами наклона), с высокой спинкой. Для снятия общего напряжения рекомендуется в перерывах изменять позу и положение тела.

В тех случаях, когда имеются условия для произвольного изменения рабочей позы в пределах рабочей зоны, можно использовать плоское, горизонтальное или с наклоном назад ($3\text{--}8^\circ$) сиденье с про-

филированной или непрофилированной обычной или поясничной спинкой. Независимо от профессионального назначения есть общие требования для сидений длительного пользования:

1. Сиденье должно обеспечивать позу, способствующую уменьшению статической работы мышц.

2. Сиденье в целом и его элементы должны создавать условия для возможности изменения рабочей позы.

3. Конструкция сиденья не должна затруднять деятельности, сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной системы, она не должна вызывать болезненных ощущений, возникающих в результате давления элементов сиденья на тело человека.

4. Глубина сиденья не должна быть чрезмерно большой.

5. Передний край сиденья должен быть закруглен.

6. Свободное перемещение сиденья относительно рабочей поверхности, а в случае обширной рабочей зоны – вращение сиденья.

7. Наличие ряда регулируемых параметров (высота сиденья, угол наклона спинки, высота спинки).

8. В конструкции сидений должны быть учтены требования безопасности, общие и частные.

9. В большинстве видов производства, за исключением тех, где существуют специфические технологические ограничения, желательно использовать полумягкую обивку рабочего сиденья. Материал обивки должен быть нескользящим, влагоотталкивающим, неэлектризующимся, воздухопроницаемым.

В оптимальном варианте конструкции рабочего сиденья должны регулироваться высота поверхности сиденья, угол наклона спинки, расстояние от спинки до переднего края сиденья. При необходимости должны регулироваться также следующие параметры: высота спинки, высота подлокотников, высота подголовников. Диапазон регулировки параметров устанавливается в пределах 5 % для женщин и 95 % для мужчин.

Существует определенная зависимость в высотных размерах рабочего сиденья и рабочей поверхности. Высота рабочей поверхности (для работы «сидя») не имеет прямой связи с ростом работающего, а связана непосредственно с высотой сиденья. Кроме того, расстояние между рабочей поверхностью и плоскостью сиденья также не связано с ростом человека и мало варьирует:

- 280–300 мм при наклонном корпусе;
- 350 мм при выпрямленном корпусе.

Для кратковременного пользования (5–10 мин) рекомендуется использовать жесткие стулья и различного типа табуреты. Жесткие стулья рекомендуются с плоским горизонтальным сиденьем и профилированной спинкой. Табуреты различаются по форме сидений (круглые, квадратные), по высоте (высокие, средние, низкие), по количеству опор (три-четыре опоры). Кроме того, могут быть использованы сиденья-опоры, представляющие собой высокие табуреты с уменьшенной горизонтальной поверхностью. Они используются в тех случаях, когда работающий человек не имеет возможности присесть на короткое время, но может опереться на высокое сиденье-опору, снизив тем самым напряжение мышц.

Кресло человека-оператора стационарных и подвижных объектов должно включать следующие основные элементы: сиденье, спинку и подлокотники. Регулироваться должны высота поверхности сиденья и угол наклона спинки, а при необходимости высота спинки и подлокотников, угол наклона подлокотников, высота подголовника и подставки для ног, угол наклона подставки для ног. При этом должна обеспечиваться надежная фиксация элементов кресла в заданном положении. Подвижность кресла относительно пола или другой поверхности, на которой оно установлено, может не ограничиваться. Однако в тех случаях, когда это необходимо, кресло должно быть фиксировано. Конструкция кресла должна способствовать ослаблению вибрационных и ударных воздействий. Конструкционные и отделочные материалы кресла должны быть прочными, огнестойкими, нетоксичными, обеспечивающими в необходимых случаях возможность эксплуатации в различных климатических условиях. Покрывтия сиденья, спинки, подлокотников и подголовника должны изготавливаться из умягченного, влагоотталкивающего, неэлектризующегося, воздухопроницаемого материала.

3.5. Рабочее место программиста

3.5.1. Характеристика условий труда программиста

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигие-

ны и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха. В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей (диапазон радиочастот ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и других.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека-оператора.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае, у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

3.5.2. Требования к производственным помещениям

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения. Источники света, такие, как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражение от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг, стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол зеленый;

- окна ориентированы на север, стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета, пол красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток, стены желто-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад, стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения:

- для потолка – 60–70 %;
- стен – 40–50 %;
- пола – около 30 %.
- других поверхностей и рабочей мебели – 30–40 %.

3.5.3. Освещение

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работника, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности. Согласно СНиП II-4-79, в помещениях вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3–0,5 мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5 %, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5–1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0 %.

В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые по-

парно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно. Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие:

- при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, комбинированная – 750 лк;
- при выполнении работ средней точности общая освещенность должна составлять 200 лк, комбинированная – 300 лк.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, так как яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

3.5.4. Параметры микроклимата

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения.

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/чел. с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в таблицах 3.2–3.3.

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

**Таблица 3.2 – Параметры микроклимата для помещений,
где установлены компьютеры**

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22-24 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 °С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

**Таблица 3.3 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения,
где расположены компьютеры**

Показатель	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ / 1 чел. в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20-40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40м ³ на человека	Естественная вентиляция

3.5.5. Шум и вибрация

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. В таблице 3.4 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности.

Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах – 65 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены

компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

Таблица 3.4 – Предельные уровни звука на рабочих местах, дБ

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I – легкая	II – средняя	III – тяжелая	IV – очень тяжелая
I – мало напряженный	80	80	75	75
II – умеренно напряженный	70	70	65	65
III – напряженный	60	60	-	-
IV – очень напряженный	50	50	-	-

3.5.6. Электромагнитные и ионизирующие излучения

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 3.5.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10–100 мВт/м².

Таблица 3.5 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96)

Параметр	Допустимое значение
1	2
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: для взрослых пользователей детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20кВ/м 15кВ/м

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

3.5.7. Эргономические требования к рабочему месту

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены такие основные условия, как оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются:

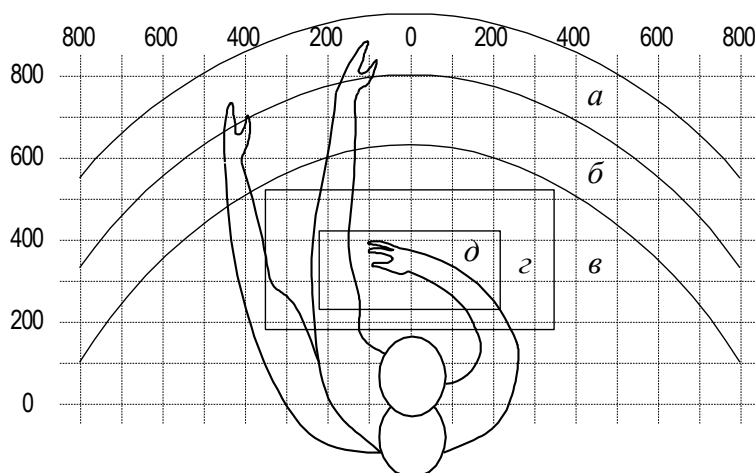
- высота рабочей поверхности;
- размеры пространства для ног;
- требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т. д.);
- характеристики рабочего кресла;
- требования к поверхности рабочего стола;
- настройка расположения элементов рабочего места.

Моторное поле – пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук – это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости представлены на рисунке 3.3.



*Рисунок 3.3 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:
а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы*

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей – в зоне «А» (в центре);
- системный блок – в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне "Г"/"Д";
- «мышь» – в зоне "В" справа;
- сканер – в зоне "А"/"Б" (слева);
- принтер – в зоне "А" (справа);
- рабочая документация – в зоне легкой досягаемости ладони – "В", в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно.

Главными элементами рабочего места программиста являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение «сидя».

Рабочая поза «сидя» вызывает минимальное утомление программиста. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

На рисунке 3.4 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

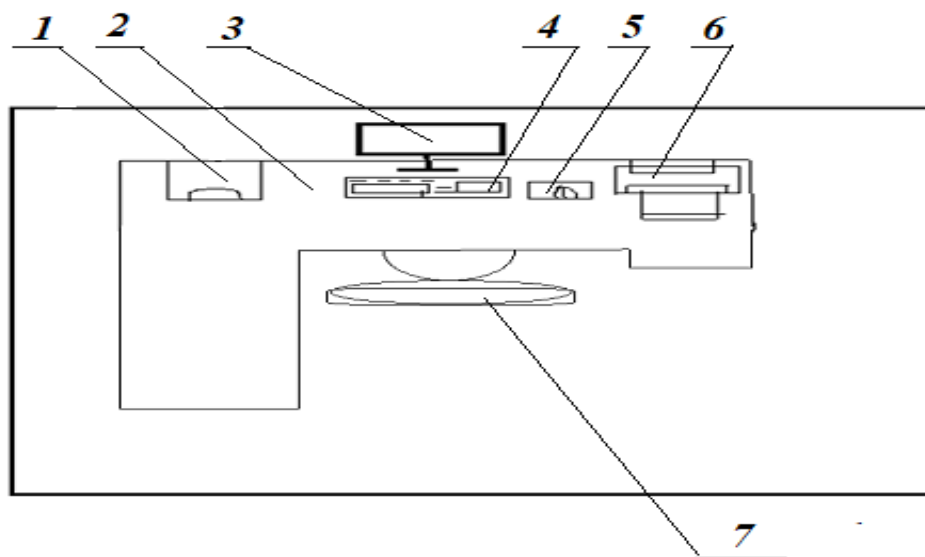


Рисунок 3.4 – Пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста: 1 – сканер; 2 – стол; 3 – монитор; 4 – клавиатура; 5 – «мышь»; 6 – принтер; 7 – кресло

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей);
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680–760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420–550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700мм), чем расстояние от глаза до документа (300–450мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6–0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлении.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти должны находиться под углом 80–100°;
- предплечья и кисти рук должны находиться в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: улучшить передвижную клавиатуру; предусмотреть специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставку для рук. Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение ярко-

стей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60–80 см, то высота знака должна быть не менее 3мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15–20 % их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов составляет от 1:2 до 1:15.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50–60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это означает, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

3.5.8. Режим труда

Как уже отмечалось, при работе с персональным компьютером очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае, у персонала появляется значительное напряжение зрительного аппарата с жалобами на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

В таблице 3.6 представлены сведения о регламентированных перерывах, которые необходимо делать при работе на компьютере, в зависимости от продолжительности рабочей смены, видов и категорий трудовой деятельности с ВДТ (видеодисплейный терминал) и ПЭВМ (в соответствии с СанПиН 2.2.2 542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ»).

Таблица 3.6 – Время регламентированных перерывов при работе на компьютере

Категория работы с ВДТ или ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работы с ВДТ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, кол-во знаков	Группа Б, кол-во знаков	Группа В, ч	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	До 20000	До 15000	До 2,0	30	70
II	До 40000	30000	До 4,0	50	90
III	До 60000	До 40000	До 6,0	70	120

В соответствии со СанПиН 2.2.2 546-96 все виды трудовой деятельности, связанные с использованием компьютера, разделяются на три группы:

- **группа А:** работа по считыванию информации с экрана ВДТ или ПЭВМ с предварительным запросом;
- **группа Б:** работа по вводу информации;
- **группа В:** творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

Эффективность перерывов повышается при сочетании с производственной гимнастикой или организации специального помещения для отдыха персонала с удобной мягкой мебелью, аквариумом, зеленой зоной и т.п.

Примечание. Время перерывов дано при соблюдении указанных Санитарных правил и норм. При несоответствии фактических условий труда требованиям Санитарных правил и норм время регламентированных перерывов следует увеличить на 30 %.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под рабочим местом?
2. Как делятся рабочие места по уровню механизации?
3. Что понимается под рабочим местом человека-оператора автоматизированной системы управления в системе «человек – машина», оснащенным средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием?
4. Каковы общие эргономические требования к рабочему месту?
5. Что включает в свой состав пространственная организация рабочего места?

6. Основные условия, которые должны быть соблюдены при конструировании рабочих мест.

7. Меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление работающего человека, предотвращающие возникновение у него психофизиологического стресса, а также появление ошибочных действий.

8. Оптимальная зона досягаемости рабочих мест.

9. Оптимальная зона информационного поля рабочего места.

10. Чем определяется рабочее положение при выполнении той или иной операции?

11. Как выбираются регулируемые параметры высоты рабочей поверхности в зависимости от тяжести труда и роста работника?

12. Каковы требования антропометрии и биомеханики при проектировании оборудования?

13. Классические и эргономические размеры среди антропометрических признаков.

14. Назовите динамические антропометрические признаки.

15. Различия по антропометрическим данным при сравнении национальных групп.

16. Классификация рабочих сидений.

17. Что должно включать кресло человека-оператора стационарных и подвижных объектов?

18. Рабочее место программиста

19. Окраска стен и пола при ориентировании по сторонам света.

20. Каковы требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры?

21. Объем помещений, в которых размещены работники.

22. Предельные уровни звука (дБ) на рабочих местах вычислительных центров.

23. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера.

24. Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера.

25. Эргономические требования к рабочему месту оператора компьютера.

26. Что такое моторика?

27. Какие условия должны быть созданы для комфортной работы программиста?

28. Режим труда при работе с персональным компьютером.

Глава 4. ОПТИМИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

4.1. Деятельность оператора с информационными моделями

Развитие промышленности XXI столетия все в большей степени характеризуется автоматизацией производственных процессов. В ряде случаев это приводит к тому, что во многих видах деятельности не так легко конкретно указать и определить предмет труда и его результат. Дело в том, что средства трудовой деятельности начинают занимать в сознании работника место ее предмета, а сам предмет как бы «дематериализуется». Процесс дематериализации происходил постепенно.

Существует большое число ситуаций, когда требуемая точность непосредственного наблюдения и оценки превосходит разрешающую способность органов чувств человека. Для повышения точности непосредственного наблюдения стали использовать различные датчики, информация от которых поступает в аналоговой или цифровой форме. Эта информация частично дублирует непосредственное восприятие предмета труда или рабочего процесса. Приборная информация предъявляется в более удобной для восприятия форме. Использование таких двойных источников информации – начало «раздвоения» предмета трудовой деятельности.

Человек начинает иметь дело не только и не столько с непосредственно наблюдаемыми, сколько с инструментально измеренными свойствами предмета труда. По мере того как человек все больше удалялся от предмета труда в силу невозможности или опасности его непосредственного наблюдения, все шире стали использовать разнообразные средства дистанционного контроля и управления, специальные средства отображения информации. Последние предназначены для предъявления человеку данных, характеризующих объекты управления или его параметры, ход технологического процесса, наличие энергетических ресурсов, состояние средств автоматизации, каналов связи и прочее. Эти данные предъявляются человеку в количественной, качественной форме, в том числе картинной.

Внедрение систем дистанционного контроля и управления привело к тому, что средства отображения информации стали использовать в качестве единственного источника информации об управляемом объекте, рабочем процессе и о состоянии самой системы дистан-

ционного управления или системы «человек – машина». Операторы таких систем действуют не с реальными объектами, а с их заместителями или имитирующими их образами, то есть с информационными моделями реальных объектов. Последние, будучи средствами трудовой деятельности операторов, нередко становятся и ее предметом.

Информационная модель есть организованная в соответствии с определенной системой правил совокупность информации о состоянии и функционировании объекта управления и внешней среды. Она является для оператора своеобразным имитатором, отражающим все существенно важные для управления свойства реальных объектов, то есть тем источником информации, на основе которого она формирует образ реальной обстановки, производит анализ и оценку сложившейся ситуации, планирует управляющие воздействия, принимает решения, обеспечивающие правильную работу системы и выполнение возложенных на нее задач, а также наблюдает и оценивает результаты их реализации.

Существенными компонентами модели являются:

- понятия (термины, знаки, символы);
- постулаты (аксиомы или законы);
- правила трансформации (правила вычисления);
- правила соответствия, отображения, которые позволяют сравнивать результаты вычислений с экспериментальными или практическими результатами.

Приведенные четыре общих положения могут характеризовать модели-теории, а также очень простые модели. Распространены также и операционные определения модели. Система является моделью, если она способна отвечать на вопросы о внешнем мире. Важным достоинством операционного определения является то, что оно включает в себя не только модели-теории, но и кибернетические системы, реализованные с помощью ЭВМ.

Наиболее существенной особенностью деятельности человека с информационной моделью является необходимость соотнесения сведений, получаемых посредством приборов, экранов, мнемосхем, табло как между собой, так и с реальными управляемыми объектами. На процедурах соотнесения этих сведений строится вся деятельность оператора. Отсюда понятно, что построение адекватной информационной модели является одной из важнейших задач конструирования системы управления в целом.

В работе по созданию информационных моделей, предшествующей выбору технических средств ее реализации, то есть средств отображения информации, необходимо руководствоваться следующими эргономическими требованиями:

- *по содержанию*: информационные модели должны адекватно отображать объекты управления, рабочие процессы, окружающую среду и состояние самой системы управления;

- *количеству информации*: информационные модели должны обеспечивать оптимальный информационный баланс и не приводить к таким нежелательным явлениям, как дефицит или излишек информации;

- *форме и композиции*: информационные модели должны соответствовать задачам трудового процесса и возможностям человека по приему, анализу, оценке информации и осуществлению управляющих воздействий.

Всесторонний учет этих требований в процессе проектирования обеспечивает необходимую оперативность и точность трудовой деятельности человека и, в частности, эффективное выполнение функций системой «человек – машина».

Опыт показывает, что операторы часто сталкиваются с трудностями, которые являются результатом того, что конструктор исходит из неправильных или неполных представлений о возможностях человека по приему и переработке информации. С этим связаны такие просчеты, как неудачный выбор системы кодирования, предъявление слишком больших объемов информации или слишком быстрая ее смена, не говоря уже об игнорировании элементарных психофизиологических требований. Главная причина этого в том, что в основу информационной модели нередко кладется система взаимосвязей реального объекта, не учитывающая специфических особенностей психологической структуры работы человека с этим объектом.

Предметное содержание деятельности оператора весьма многообразно. К нему следует лишь добавить саму систему управления и ее элементы, которые выступают в качестве особого предметного содержания деятельности операторов, занятых функциональным контролем и обслуживанием средств автоматизации. В описание предметного содержания, объектов управления обязательно должны входить пространственно-временные и динамические параметры их существования, функционирования и взаимодействия.

Анализ предметного содержания деятельности является исходным и необходимым условием решения любых эргономических задач. Детальная характеристика предметного содержания деятельности особенно необходима на стадиях разработки информационных моделей и для обучения операторов.

Понятие деятельности применимо и в тех случаях, когда речь идет о диалоге человека и машины. Во всяком диалоге имеется ведущий партнер. В диалоговых взаимоотношениях человека и машины в автоматизированных системах управления меняется лишь то, что оператор имеет значительно большую свободу оперирования с информационной моделью.

Сложность рационального определения (и проектирования) деятельности оператора состоит в том, что его включают в систему управления для выполнения таких функций, применительно к которым часто невозможно выработать четкие и однозначные инструкции и правила. При этом оператору поручаются выполнение или контроль наиболее важных и ответственных функций в системе. От оператора требуются разумные действия в непредвиденных обстоятельствах, зачастую в условиях недостаточной, а порой и недостоверной информации. Работа оператора, как и системы управления в целом, протекает в реальном масштабе времени, что налагает особые требования к ее скорости и точности.

Проблемы оптимизации и проектирования деятельности операторов с информационными моделями, разработка требований к информационным моделям, пути формирования постоянных и оперативных образно-концептуальных моделей ситуации уже длительное время находятся в центре внимания специалистов области эргономики, инженерной психологии, техники отображения информации. В то же время конкретное содержание этой проблематики претерпело за последние пятнадцать лет существенные изменения.

Отступили на второй план исследования скорости процессов, в частности информационного поиска. Поскольку оператор все больше имеет дело с недостаточно четко определенным пространством возможных задач, нередко бывает так, что он должен извлекать, вычерпывать из информационной модели и, соответственно, реконструировать самое различное предметное содержание, различные слои реальности. Эти слои могут быть внешними, характеризующими, например, пространственное расположение объектов или их единичные

свойства. Они могут характеризовать общие функциональные свойства групп объектов или функциональные (а не только пространственно-временные) отношения между различными объектами; наконец, возможны ситуации, требующие оперирования не с самими объектами, а с системами более или менее взаимосвязанных категориальных свойств и качеств этих объектов.

Опыт разработки и эксплуатации информационных моделей, а также специальный анализ деятельности операторов с ними позволяют сформулировать ряд важнейших характеристик информационных моделей.

В информационной модели представлены лишь те свойства, отношения, связи управляемых объектов, которые существенны, имеют определенное функциональное значение, то есть «участвуют в игре». В этом смысле модель воспроизводит действительность в упрощенной форме и всегда является некоторой идеализацией действительности.

Модель должна быть наглядной, то есть оператор должен иметь возможность воспринимать сведения быстро и без кропотливого анализа. Только при этих условиях ему не потребуется много времени на информационную подготовку решения, включающую стадии формирования в необходимых случаях модели проблемной ситуации. Информационная модель может быть наглядной в разных смыслах. Она может давать, например, наглядное представление о пространственном расположении объектов, то есть быть в какой-то мере геометрически подобной их действительному расположению. В этом случае оператор будет иметь наглядное представление о таких свойствах управляемых объектов, как расстояние между ними, их принадлежность к какой-либо территориальной группе и т.п. Если для оператора существенны иные признаки, то необходимо сделать наглядными другие свойства управляемых объектов, например, их принадлежность к одному и тому же типу или состоянию. При функционировании системы возможны периоды, когда необходимо наглядное представление одних свойств управляемых объектов и периоды, когда нужно учитывать другие их свойства.

Наглядность информационных моделей не всегда легко достигается, так как нередко случаи, когда объекты управления, их свойства и взаимодействия сами по себе не обладают наглядными признаками. В этих случаях приходится решать задачи, близкие к тому, что в методологии науки определяется как визуализация понятий. Одним из важнейших средств достижения легкой воспринимаемости, или «чи-

таемости», информационной модели является правильная организация ее структуры. Это означает, что в информационной модели должны быть представлены не коллекция или набор сведений, так или иначе упорядоченных, а они должны находиться в определенном и очевидном взаимодействии.

При хорошей структуре информационной модели оператор выполняет ординарные функции, нарушения хорошей структуры свидетельствуют о возникновении отклонений от нормального режима функционирования, требующих экстренного вмешательства оператора. Хорошая структура обеспечивает быстрое и правильное восприятие ситуации в целом. Отклонения от нее воспринимаются оператором как потенциально проблемные, конфликтные и заставляют его производить детальный анализ ситуации с целью обнаружения источника конфликта и поиска путей его устранения.

Одним из средств достижения хорошей структуры является правильная компоновка информационной модели. В этом смысле разработка информационной модели представляет собой задачу, в какой-то степени эквивалентную задаче хорошей компоновки картины. Так же, как и хорошо скомпонованная картина, информационная модель может помочь восприятию ситуации в целом, если она не будет перегружена деталями, нарушающими целостное восприятие.

Важной задачей художника является отбор того существенного и типичного, что позволяет ему с максимальной эффективностью довести до зрителя свою идею. Точно также и при создании информационной модели чрезвычайно существен отбор функционально значимых сведений и информативных данных, которые должны быть предъявлены оператору. Сказанное в равной степени относится и к отображению конфликтных ситуаций, осознание которых облегчается при столкновении противоречивых образов, тенденций, свойств и т.п.

Восприятие ситуации как проблемной облегчается, если в информационной модели предусмотрено отображение:

- конкретных изменений свойств элементов ситуации, которые происходят при их взаимодействии. В этих случаях изменения свойств отдельных элементов воспринимаются не изолированно, а в контексте ситуации в целом. Более того, изменение свойств одного элемента воспринимается как симптом изменения ситуации в целом, что провоцирует поиск и распознавание оператором того или иного симптома комплекса;

- динамических отношений управляемых объектов. При этом связи и взаимодействия информационной модели должны отображаться в развитии. Допустимо и полезно даже утрирование или усиленное отображение тенденций развития элементов ситуации, их связей или ситуации в целом;

- конфликтных отношений, в которые вступают элементы ситуации.

Информация об объектах управления предъявляется оператору не в натуральном, а в закодированном виде. При этом становится особенно важной проблема создания особого языка, понятного человеку и применимого для работы с машиной, проблема согласования «входов» и «выходов» человека и машины.

При построении информационной модели необходимо найти наиболее эффективный код, то есть ту систему символов (которую мы будем называть «алфавитом» рассматриваемого кода), с помощью которой предъявляются сведения об управляемых объектах. Выбор системы кодирования тесно связан с возможностью быстрого осмысливания предъявляемой оператору информации. Объем информации того или иного рода, который может быть хорошо усвоен оператором, не может быть задан ему произвольно. Он должен быть определен для данных условий работы или уже на основе имеющихся количественных оценок работы оператора, или при помощи специального эксперимента. Если этот объем информации определен, то в совокупности с избранной системой кодирования он помогает составить представление о степени сложности информационной модели, которая допустима в данных условиях.

Степень сложности информационной модели обусловлена главным образом требованиями оперативности. Перечисленные свойства информационных моделей могут учитываться в процессе конкретного проектирования не в одинаковой степени, а в зависимости от доминирующей функции оператора (обнаружение, поиск, решение задач, исполнение).

Таким образом, при построении информационной модели для системы управления необходимо учитывать очень многое. Конечно, сейчас еще нельзя указать все те требования, которые должны быть учтены при проектировании и построении информационной модели. Однако уже сейчас можно предложить следующий порядок работы по ее построению:

- определение задач системы и очередности их решения;

- определение источников информации, методов решения задач, времени на их решение, а также требуемой точности;
- составление перечня типов объектов управления, определение их количества и других параметров работы системы, которые необходимо учитывать при решении задач;
- составление перечня признаков объектов управления разных типов, учет которых необходим при решении задач;
- распределение объектов и признаков по степени важности; выбор критичных объектов и признаков, учет которых необходим в первую очередь;
- распределение функций между автоматикой и операторами, в частности, определение;
- распределение числа уровней управления и степени сложности каждого из них таким образом, чтобы не была превышена пропускная способность операторов на каждом уровне;
- распределение типов информационных моделей на каждом уровне;
- распределение автоматического оборудования, необходимого при намеченной структуре системы.

Первые этапы процесса проектирования системы в ряде случаев должны быть проделаны несколько раз с целью последовательного приближения к оптимальному варианту, учитывающему экономику построения системы.

Когда пройдены первые этапы работы по проектированию системы, можно перейти к таким этапам, как:

- выбор системы кодирования объектов управления, их состояний и признаков для информационных моделей различных уровней управления, оптимальной с точки зрения функциональных возможностей операторов, работающих в системе;
- разработка общей композиции информационных моделей, обеспечивающей преимущественное выделение наиболее важных объектов и критических для работы системы состояний и признаков;
- определение системы исполнительных действий операторов, которые необходимо осуществлять в процессе решения и после него (запрос информации, передача сообщений, распоряжений и т. п.);
- создание макета, моделирующего игровую ситуацию, и проверка на нем степени эффективности избранных вариантов информационных моделей и систем кодирования информации. Критерием эффективности при работе на макете служат время и точность работы

оператора, которые должны соответствовать условиям успешной работы системы в целом;

- изменение по результатам экспериментов композиции информационных моделей и систем кодирования и проверка эффективности каждого нового варианта на макете;

- определение на макете требуемой степени подготовки операторов, способов обучения и оптимального режима работы операторов в системе управления в соответствии с требованиями к скорости и точности работы операторов;

- составление инструкций по работе операторов в игровой системе управления.

После выбора и проверки оптимального варианта информационной модели и системы кодирования информации можно начинать работу по инженерному проектированию средств отображения, позволяющих предъявлять оператору информацию в требуемой форме. Это же относится и к информационно-логическим машинам, для которых необходимо составить алгоритмы обработки информации, приведения ее к виду, обеспечивающему восприятие на высоком оперативном уровне.

На всех этапах работы над конструированием информационных моделей должны совместно работать специалисты ряда областей, связанных с созданием систем управления: системотехники, работники по исследованию операций, математики и разработчики средств отображения, инженерные психологи, специалисты в области эргономики.

Предложенный выше порядок намечен лишь в общей форме. Он может меняться в связи со спецификой тех или иных систем управления или с различием функций операторов в одной системе управления.

4.2. Пространственная характеристика зрительной информации

При проектировании и эксплуатации средств отображения рассматриваются три группы факторов:

- размещение средств отображения на рабочем месте и в оперативных залах;

- оптимальные размеры знаков и их элементов в разных системах отображения;

- оптимальная компоновка знаков на средствах отображения.

Размещение средств отображения в оперативном зале. Размещение средств отображения в поле зрения наблюдателя должно производиться с учетом оптимальных углов обзора и зон наблюдения. При рассматривании объектов сложной конфигурации, а также при восприятии объемного и перспективного изображения, оптимальный угол обзора и горизонтальной плоскости составляет 30–40°. Для восприятия плоского изображения со сравнительно простой знаковой индикацией рекомендуется угол обзора 50–60°, охватывающий зону неясного различения формы (в пределах этого угла наблюдатель замечает происходящие изменения периферическим зрением, а для точного рассмотрения объекта переводит на него взгляд). Предельный угол обзора при одновременном движении глаз и головы составляет 180°. Однако при отображении информации с требованиями высокой скорости ее обработки допустимый угол обзора составляет 90°.

В вертикальной плоскости оптимальный угол обзора составляет 0–30° по отношению к горизонтали (15° вверх и 15° вниз от нормальной линии взора). Нормальная линия взора соответствует наиболее удобному положению глаз и головы при рассматривании объектов и располагается под углом 15° вниз от горизонтальной линии взора. Максимальный угол обзора в вертикальной плоскости при повороте только глаз составляет 70°, при одновременном движении глаз и головы предельный угол видимости составляет 90° вверх и 55° вниз от горизонтали. В соответствии с ними проектируются высота и ширина индикаторов, их пропорции. Рассчитываются при заданных размерах индикаторных устройств расположение наблюдателей в горизонтальной и вертикальной плоскостях, углы наклона индикационных устройств, взаимное расположение индикационных средств на рабочих местах и средств отображения коллективного пользования в оперативном помещении.

Большие экраны, находящиеся на значительном расстоянии от операторов, располагаются вертикально. Исходя из соотношения вертикального и горизонтального углов обзора ширина экрана примерно вдвое больше его высоты. При ширине экрана меньше 10 м отношение ширины экрана к его высоте берется равным 1,3:1. Лучшее для наблюдателя место находится на расстоянии, которое в 2–2,5 раза больше ширины экрана. Максимальное расстояние до большого экрана в 8 раз больше ширины экрана. Расположение экрана должно производиться с учетом отношения к линии взора наблюдателя. Точ-

ность восприятия изображения зависит от величины угла, под которым оно рассматривается. Оптимальный угол наблюдения составляет $\pm 15^\circ$ к нормали экрана. При рассматривании изображения сбоку допустимый угол обзора составляет 45° к нормали экрана.

Общие требования к организации оптимальных зон наблюдения применимы и при размещении индикаторов на пультах. Дополнительно учитывается необходимость одновременного обзора коллективных средств отображения и индикаторов на рабочих местах. В соответствии с этим расположение телевизоров, дисплеев должно быть ниже линии взора. Для сидящего оператора расстояние от пола до линии взора составляет 1240–1250 мм.

Расположение индикаторов оптимально в вертикальном угле обзора 45° вниз от горизонтальной линии взора оператора. Для оптимальных условий наблюдения плоскость лицевых панелей индикаторов должна приближаться к перпендикулярному расположению по отношению к линии взора. Это достигается наклоном лицевых панелей. Из практики проектирования рабочих мест оператора наклон трубок составляет от $0-4^\circ$ до $0-20^\circ$ к вертикали. Пространственное размещение индикационных устройств невозможно без учета светотехнических характеристик индикаторов и, прежде всего, коэффициента яркости, определяющего видимую яркость изображения при изменении пространственного положения наблюдателя.

Оптимальные размеры знаков и их элементов. Оптимальные размеры знаков соответствуют понятию оперативных порогов восприятия, при которых обеспечиваются максимальная точность и скорость восприятия и опознания человеком поступающей информации.

Оптимальный размер знаков, предъявляемых на средствах отображения, рассчитывается с учетом яркости знаков, величины контраста, вида контраста, сложности графического начертания знаков, использования цвета. Предъявляемые знаки подразделяются на две группы: алфавит буквенно-цифровой и алфавит условных знаков.

Допустимый размер букв и цифр при учете только точности считывания на фоне других знаков составляет 18–20'. При одновременном учете точности и скорости опознания оптимальный размер знаков составляет 35–40'. Для читаемости цифр необходимо выдерживать оптимальные соотношения основных параметров знака – высоты, ширины, толщины обводки. Толщина линий для знаков обратного контраста составляет $1/8$ к высоте знака. Знаки, рассматриваемые на просвет, могут иметь меньшую толщину обводки $1/30$. Эти

величины значительно меньше тех, которые рекомендованы для пропорций знаков прямого контраста в силу иррадиации, увеличивающей видимую толщину штрихов и уменьшающей видимое пространство между элементами знака. Однако в целом ряде случаев уменьшение толщины знаков нежелательно по ряду обстоятельств. Одно из них связано с необходимостью введения цвета, как оптимального кода при отображении информации. Правильная идентификация цвета возможна только при размерах цветовых полей не меньше критических. При их дальнейшем уменьшении цвет поверхностей сильно искажается. При введении цвета оптимальные размеры знаков рассчитываются, исходя из необходимой толщины штрихов для передачи цвета с соблюдением пропорций знака для прямого контраста.

Взаимное расположение линий, образующих знак, в соответствии с показателями остроты зрения, влияет на читаемость знаков. Для алфавита условных знаков оптимальная величина знака, обеспечивающая наиболее быстрое и точное восприятие, зависит от сложности их конфигурации. Для знаков простой конфигурации, представляющих собой контур, —треугольник, квадрат, трапецию, овал, величина оперативного порога опознания составляет 18 ± 1 мм для наибольшей грани контура.

При определении размера сложных знаков следует учитывать как величину знака в целом и величину его детали, так и наименьшее расстояние между его деталями. При знаках средней сложности с деталями внутри и снаружи контура угловой размер знака должен составлять 21 ± 1 мм. Размер наименьшей детали 4–5 мм. Если знак сложный с наружными и внутренними деталями, его опознавание затруднено и безошибочная работа осуществляется при размерах знаков 35 ± 2 мм. Размер наименьших деталей должен составлять 6 мм. Оптимальное соотношение величины условного знака и цифровой информации, относящейся к нему, 2 : 1 или 1,8 : 1.

Знаки, komponуемые из дискретных светящихся элементов. Отображаемые знаки komponуются из дискретных светящихся элементов: способом точечных матриц или строчного изображения. Для них определяются число элементов изображения, размер и площадь элементов изображения, расстояние между элементами знака. Оптимальный размер знаков определяется характеристиками оперативной работы и соотносится с требованиями, предъявляемыми к печатным знакам.

Минимальная величина знака зависит от числа элементов, необходимых для их опознания. Для растрового способа минимальное число линий раstra для букв и цифр равно 10. Для точной матрицы число точек такое же. Читаемость знаков, образованных с помощью точечных матриц и растровым способом, одинакова, однако операторы предпочитают точечные знаки. Оценка скорости и точности по параметрам необходимого количества элементов разложения для букв русского алфавита и цифр показала преимущество матриц 6×9 и 5×7 при растровом способе знаков генерирования и 8–16 элементов при функциональном.

Следует добиваться неразличимости элементов изображения: точек матрицы, раstra и других. Если дискретная структура знака заметна, читаемость знака, помимо перечисленных факторов, определяется воспринимаемой яркостью элементов изображения. Воспринимаемая яркость не зависит от размеров (площади) элементов, если они составляют не меньше 2. Однако при меньших размерах воспринимаемая яркость определяется произведением площади изображения на интенсивность светового потока и будет ослабевать с уменьшением размеров светящихся элементов.

Оптимальные характеристики компоновки знаков. В процессе обработки сигналов глаз совершает движения от объекта к объекту с их последовательной фиксацией. Содержательная обработка информации осуществляется в момент фиксации, движение же глаз обеспечивает последовательность обработки воспринимаемой информации. В соответствии с закономерностями этих двух этапов поведения глаза формулируются требования к компоновке знаков и их взаимному расположению в контролируемом пространстве.

Требования к компоновке знаков определяются величиной оперативного поля зрения и разрешающей способностью двигательной системы глаза. Величина оперативного поля зрения ограничивает количество объектов для одномоментной (200–300 мс) переработки зрительной информации. Разрешающая же способность глаза определяет плотность расположения объектов или одномоментно воспринимаемых групп.

В практике отображения возможны два разных способа представления информации: организованное и хаотическое. К первому относятся формулярный и табличный способы организации знаковой информации.

Формуляр – это объединенные в компактную группу буквы, цифры и условные знаки, кодирующие данные о контролируемых объектах. Исходя из величины оперативного поля зрения, количество знаков в строке формуляра не должно превышать 4–5 цифр. Оптимальное общее число знако-мест в формуляре составляет 12. Это число определено на основании минимального числа фиксаций при считывании формуляра и минимального времени селекции отдельных типов сообщений и расшифровки сведений, закодированных цифрами и буквами.

Для оптимального выделения информации, кодируемой в формуляре на определенных знакоместах, необходимо выдерживать определенные расстояния между его элементами. Рекомендуются следующие интервалы между элементами формуляра:

- между условным знаком и формуляром, к нему относящимся, не менее высоты условного знака;
- между отдельными знаками в формуляре ширины знака;
- между строками $1/2$ высоты знака.

Табличный способ представляет собой распределение знаков по столбцам и строчкам, имеющим самостоятельное значение. Считывание нужных данных обеспечивается при безошибочном определении координат информации, извлекаемой из таблицы.

Точное и безошибочное считывание информации с таблицы осуществляется при ее оптимальной организации, учитывающей общий размер таблицы (в угловых величинах), число столбцов и строк, общее число знаков в таблице, плотность знаков по вертикали и горизонтали, степень однородности таблицы.

При обычных способах работы с цифровыми таблицами необходимо, чтобы размеры самостоятельных частей таблицы не превышали величины оперативного поля зрения. Плотность расположения объектов должна быть больше величины, вызывающей двигательные шумы глаза.

Допустимая плотность чисел в таблице зависит от общих размеров таблицы, с которой считывается информация. Чем меньше общий размер таблицы, тем с большей плотностью можно располагать числа при сохранении режима быстрого и точного считывания.

Оптимальные соотношения плотности чисел и величины таблицы, в которой возможно точное и быстрое прослеживание чисел или их нахождение по заданным координатам, составляют 3^0 при плотности чисел в 10° ; $5-7^\circ$ при плотности чисел в 15° ; $10-15^\circ$ при плотно-

сти чисел в 20° . При больших таблицах рекомендуемая плотность чисел составляет не менее 60° . При плотности чисел в $40-50^\circ$ безошибочная работа выполняется с большим напряжением. Соответствие размерам оперативного поля зрения достигается делением общего поля таблицы разграничительными линиями либо другими способами, уменьшающими ее однородность

Рекомендуются следующие интервалы:

- между отдельными знаками (цифрами) интервал должен составлять величину, равную толщине обводки;
- между столбцами (числами) интервал должен составлять от $1/2$ ширины знака до расстояния, равного высоте знака.

4.3. Яркостная характеристика зрительной информации

В оценку оптимальности яркостного режима включается нормирование уровня яркости и ее перепадов в поле зрения наблюдателя для достижения заданных показателей эффективности обработки зрительной информации. Для оценки качества изображения на индикационных устройствах нормируются значения контраста, контрастности или интервала яркостей, необходимого для передачи заданного числа градаций яркости и обеспечения четкости изображения, а также уровень и интервал яркостей для правильной передачи в изображении светлотных характеристик отображаемых объектов.

Уровень яркости. Оптимальной яркостью считаются те ее значения, при которых обеспечивается максимальное проявление контрастной чувствительности – ведущей функции глаза. Показателем максимального проявления функции являются минимальные значения порогового контраста. Для практики отображения существенно, что при уровне оптимальной яркости имеющийся запас прочности обеспечивает устойчивость эффективности обнаружения и различения к создающим помехи факторам, к которым следует отнести аппаратные помехи, снижающие контрастность изображения вспомогательными линиями, цветовыми полями. При яркости, обеспечивающей высокую контрастную чувствительность, можно в известных пределах снижать контраст изображения без ухудшения различимости. Приведенные значения оптимальных яркостей относятся лишь к операциям обнаружения объектов простой конфигурации с пороговой достоверностью, для вероятности обнаружения 0,5. При различении объектов сложной конфигурации, при требованиях высокой точности

опознания и большой скорости обработки данных вводятся поправочные коэффициенты, увеличивающие значения яркости, полученные для задач обнаружения.

Яркость фона (для объектов прямого контраста), обеспечивающая наивысшую остроту различения ($S = 2,5 \text{ мм}$), составляет 10^4 кд/м^2 . При различении сложных объектов наивысших значений острота зрения достигает при яркости фона в 3000 кд/м^2 . Однако с уменьшением яркости острота зрения изменяется не столь резко. Для яркости $300\text{--}200 \text{ кд/м}^2$ острота зрения составляет 90 % по сравнению с наибольшими ее значениями. Резкое падение остроты зрения наблюдается при выходе из диапазона яркости дневного зрения, то есть $< 10 \text{ кд/м}^2$.

При выборе яркости следует учитывать знак контраста изображения. Острота зрения растет для обратного контраста с увеличением яркости до $30\text{--}31 \text{ кд/м}^2$, при дальнейшем ее росте острота зрения падает вследствие иррадиации.

Соотношение яркости в поле зрения. При установлении оптимального диапазона яркости, одновременно находящейся в поле зрения оператора, необходимо обеспечить перепад яркости, близкий к уровню адаптации. Яркость, попадающая в слепящую зону или в неразличимо черную зону, резко снижает эффективность работы оператора.

Максимально допустимый перепад яркости в поле зрения оператора не должен превышать $1 : 100$. Оптимальное же соотношение яркости в поле зрения оператора, обеспечивающее высокий уровень контрастной чувствительности и быстроты различения, составляет $20 : 1$ между источником света и ближайшим окружением и $40 : 1$ между самым светлым и самым темным участками изображения.

Градации яркости и качество изображения. Для передачи изображения алфавита знаков, условной картинной обстановки и передачи реальных объектов (телевидение, кино) важнейшей характеристикой является число элементов или признаков, необходимых для опознания объекта разных классов. При опознании алфавита буквенно-цифровых знаков это число составляет $4\text{--}10$. Для более сложных изображений оно равно $12\text{--}17$, а опознание некоторых объектов требует четкого выделения до 40 признаков.

В зависимости от типа изображения эти опознавательные элементы передаются разным числом градаций яркости. Минимальное число при передаче изображения равно двум. Таким образом, числом градаций высвечиваются знаковые, символические сообщения – темные знаки на белом фоне (прямой контраст) или, наоборот, светлые

на темном (обратный контраст). В этом случае качество изображения оценивается величиной контраста (K), вычисляемого как отношение разности объекта и фона к большей яркости.

Контраст до 20 % рассматривают как малый, до 50 % – средний, свыше 50 % – высокий. Рекомендуемая зона величины контраста лежит в пределах от 65 до 95 %; при этом оптимальным является контраст, равный 85–90 %. Контраст свыше 90 % следует использовать в тех случаях, когда требуется наибольшая четкость изображения, а общее время работы небольшое. При длительной работе предпочтительнее контраст 85–90 %.

При отображении же реальных объектов средствами телевидения, кино важно точно передать соотношение яркости деталей объектов пропорционально их коэффициентам отражения. Для хорошего изображения обязателен расчет числа градаций яркости и определение шага при переходе от одной градации к другой.

Для передачи крупных объектов с плавными световыми переходами в соответствии с коэффициентом отражения необходимо не менее 15–40 градаций. Обеспечение заданного числа градаций яркости возможно лишь при достаточном уровне контрастности изображения (P), то есть при интервале яркости, внутри которого распределены эти градации. Минимально допустимое значение контрастности, создающее удовлетворительное изображение, создается в интервале 1: 10.

Требуемая контрастность изображения зависит от содержания отображаемой информации и вида контраста. Для передачи сложного полутонового изображения с сохранением деталей необходимая контрастность составляет 1 : 100. Печатные изображения или изображения, образуемые штриховыми линиями, требуют контрастности 1 : 25. Величина контрастности существенно зависит от того, светлее или темнее фона отображаемые объекты. Для знаков обратного контраста в связи с необходимостью адаптации к небольшим значениям яркости контрастность приемлема в диапазоне 5–10. При высоких уровнях контрастности высвечиваемые знаки кажутся яркими источниками света.

Минимально допустимое значение контрастности при ее считывании знаков на фоне помехогенного и однотонного изображения определяется с учетом критериев эффективности считывания такой информации. Если учитывается только точность считывания, соотношение яркости полезного изображения и яркости помехи должно быть не меньше 2 : 1. При одновременном учете быстроты и точности опознания это соотношение увеличивается до 7 : 1, 9 : 1.

Контрастность изображения снижается при внешнем освещении тем значительнее, чем ниже яркость экрана и чем больше яркость, создаваемая освещением извне. Уровень внешней засветки не должен превышать 3–10 % яркости экрана.

В оценку качества отображения входит определение числа градаций, воспринимаемых глазом, и сравнение их с числом градаций яркости, передаваемых на средствах индикации. Реальные условия отображения – малая яркость изображения, наличие шумов – приводят к невозможности различать отображаемое число градаций яркости из-за снижения чувствительности глаза.

Так, расчетное число различаемых градаций для телевизионного изображения составляет 95–100. Однако из-за перепадов яркости в поле зрения наблюдателя глаз различает не более 30–35 градаций, а при помехах число различаемых градаций для лучших металлизированных экранов составляет 17, а для обычных телевизионных экранов не превышает 8–10.

Кодирование яркостью. При передаче информации на средствах отображения, где яркость выступает в качестве кода, число градаций ограничивается возможностью абсолютной оценки человеком каждой из ступеней яркости. Пределом этой оценки являются 3–10 световых градаций, включая уровень полного затемнения.

Исходя из этого на средствах отображения типа телевизионных экранов, передающих вторичную обстановку (то есть освобожденную от помех), используются 5–7 градаций в диапазоне контрастности 10 : 1. Если уровень яркости служит кодом для передачи качественных характеристик сообщений (например, важности объектов), пределом числа яркостных градаций являются 4 градации, а наиболее употребляемым числом – 2 градации яркости.

4.4. Временная характеристика зрительной информации

Основная особенность зрительного восприятия – наличие инерционности в работе глаза. Практическое значение этой особенности зрения проявляется в двух аспектах. Первый связан с определением времени экспозиции зрительных сигналов для неизменности воспринимаемой интенсивности сигнала, второй – с определением временных интервалов для ощущения раздельности сигналов, следующих один за другим, и оптимального восприятия каждого из них или, на-

против, определения временных интервалов для ощущения слитности последовательно предъявляемых сигналов. И в том, и другом случае исходной для расчетов величиной является время зрительной инерции, которое определяется яркостью фона. Для яркости свыше 100 кд/м^2 время инерции можно принять равным 50 мс. Для уровня яркости, с которым работает оператор на всех видах средств отображения, время экспозиции для восприятия неизменной интенсивности сигнала должно быть не меньше 50 мс. Для восприятия мелькающих сигналов слитными следует обеспечивать величину мелькания, равной или большей критической частоты мелькания (КЧМ).

Величину частоты мельканий необходимо учитывать для создания качественного изображения на различных устройствах отображения, основанных на технике дискретных сигналов (телевизионные трубки, электронно-лучевые трубки, кино). Мелькание утомляет зрение и отрицательно влияет на качество работы оператора. Критическая частота мелькания зависит от частоты и относительной длительности светлой фазы. С увеличением длительности темного периода (скважность проблесков) с 0,35 до 0,5 при яркости 2,5–250 кд/м^2 КЧМ увеличивается на $3 \pm 6 \%$.

Мерцание усиливается при увеличении углового размера мелькающих полей. Применительно к телевизионному экрану рассчитывается КЧМ для всего размера трубки и для размера изображения. При проектировании полей больше $2\text{--}4^\circ$ и яркости поля порядка 30–100 кд/м^2 (что соответствует яркости телевизионного изображения) частота смены информации должна быть не меньше 40 Гц.

В пределах изменения угла наблюдения от 10 до 55° КЧМ пропорциональна логарифму углового размера поля зрения, что требует увеличения скорости мелькания на 15 Гц. Характеристики КЧМ для технических условий предъявления знаковой индикации на экранах и электронно-лучевых трубках связаны с небольшими угловыми размерами мелькающих полей до 1° . КЧМ при величине знака до 1° с ростом яркости от 1 до 120 кд/м^2 возрастает от 14 до 35 Гц, однако ее величина определяется не размерами отдельных знаков, а общей площадью изображения. Изменение конфигурации знака (а, значит, и площади светящегося изображения) сказывается на величине критической частоты мельканий так же, как и изменение углового размера мелькающего знака.

4.5. Кодирование зрительной информации

Одной из важных является проблема кодирования информации, под которой понимают операцию отождествления символов или групп символов одного кода с символами или группами символов другого кода. Под кодом понимают систему условных знаков (символов) для передачи, обработки и хранения (запоминания) различной информации. В настоящее время разработаны общие эргономические требования к построению систем кодирования зрительной информации.

При построении системы кодирования объекты и их характеристики делят на классификационные группировки. Для этого устанавливают сходства и различия объектов, распределяют их по значимости и определяют основание деления. Вид алфавита кода выбирают с учетом характера передаваемой информации и задач, решаемых оператором, опираясь на системы знаний, закрепленных в опыте человека. В зависимости от характера и объема передаваемой информации устанавливают целесообразность использования одномерного и многомерного кода.

Основание кода выбирают исходя из количества кодируемых объектов и их характеристик. Оно должно содержать минимальное число знаков. Основание кода определяют с учетом абсолютной чувствительности глаза (нижнего и верхнего абсолютного порогов), дифференциальной чувствительности зрения по отношению к различным видам алфавита и длительности экспозиции. Основание кода для различных видов алфавита должно составлять следующие величины:

- размер – 5;
- пространственная ориентация – 8;
- длина линии – 6;
- ориентация линии – 4;
- количество точек – 5;
- буквенно-цифровой алфавит – неограниченное количество комбинаций обозначений;
- яркость – 4;
- цветовой алфавит – 11;
- частота мельканий – 4.

При передаче информации о нескольких признаках объекта используют многомерное кодирование. В структуре многомерного кода могут быть использованы сочетания различных видов алфавита:

- формы и цвета;

- формы и пространственной ориентации;
- размера, яркости и частоты мельканий.

При группировке знаков в кодовые обозначения (формуляры) следует отдавать предпочтение смешанным алфавитам кода. Структура кодового обозначения должна быть неизменной. Предпочтительно, чтобы крайние знаки кодового обозначения передавали наиболее важную информацию. Оптимальное число знаков кодового обозначения – 8, предельное число знаков – 12, в отдельных случаях – до 20 знаков.

При конструировании кодовых знаков при кодировании следует руководствоваться следующими положениями. Основной классификационный признак объекта должен кодироваться контуром. Знак должен быть хорошо различим (иметь достаточный угловой размер и яркость) и представлять собой замкнутую фигуру. В алфавите должно быть установлено оптимальное количественное соотношение признаков знака и признаков объекта. В состав знака должны входить основные и дополнительные детали. Дополнительные детали не должны пересекать или искажать контур знака (исключение могут составить знаки, выражающие отмену информации, запрещение каких-либо действий, окончание их и т. п.). При конструировании знаков предпочтение следует отдавать внутренним деталям, а не наружным. Детали кодовых знаков должны быть унифицированы.

В качестве опознавательных признаков знаков в пределах одного алфавита нельзя использовать:

- число элементов в знаке (исключение могут составить знаки, обозначающие признак множественности без точной количественной характеристики, например, отображающие понятия «мало / много», «одиночный / групповой»);
- отличие знаков по признаку позитив – негатив;
- отличие знаков по признаку прямое зеркальное отражение (за исключением случаев, когда это необходимо для отображения пространственной ориентации или направленности по принципу «вверх / вниз», «влево / вправо», «вперед / назад» и т. п.).

В алфавитах используют знаки симметричной формы с единым образом ориентации: контуры знаков должны быть по возможности ориентированы в соответствии с основными пространственными осями – горизонталями и вертикалями.

При выборе вида алфавита следует учитывать, что при кодировании различных качественных и количественных характеристик

объектов могут использоваться различные виды алфавитов: форма, размер, пространственная ориентация, длина и ориентация линии, количество точек, буквы, цифры, яркость, цвет, частота мельканий. Форму используют для кодирования класса и вида объекта.

Кодирование размером используют для передачи информации, устанавливая соответствие между площадью или линейными размерами знака с характеристиками объекта (размером, удаленностью, высотой и т. п.), при этом желательно, чтобы шкала размера менялась в геометрической, а не в арифметической прогрессии. Пространственную ориентацию используют для передачи информации о направлении движения объекта, отклонении от курса и т. п.

Для асимметричных фигур изменение пространственной ориентации достигается путем поворота фигуры в поле зрения наблюдателя. Для симметричных фигур в качестве признака пространственной ориентации используют утолщение одной из линий контура знака.

Длину и ориентацию линии используют для передачи информации о скорости и направлении движения цели. Длина линии не должна иметь более четырех градаций. Целесообразно линию делать штриховкой, в этом случае скорость определяется по числу масштабных отметок. Для упрощения счета следует группировать штрихи по 2–3.

Для повышения точности оценки направления линии используют вспомогательные трафаретные сетки. Количество точек используют для обозначения числа объектов. При считывании точек в короткие временные интервалы (порядка 0,1 с) не следует одновременно предъявлять более пяти точек. Для повышения точности оценки числа одновременно предъявляемых точек необходимо придерживаться единообразия их пространственной ориентации. Буквенно-цифровой алфавит используют для передачи информации о дискретно изменяющихся количественных параметрах объектов, а также для обозначения классов или типов объекта.

Для исключения вероятности смешения знаков выделяют характерные признаки, отличающие знаки друг от друга. При этом необходимо выдерживать оптимальные соотношения основных параметров знака – высоты, ширины, толщины линии.

Яркость знаков выбирают с учетом общей освещенности в конкретных условиях труда, частоты и диапазона изменения освещенности, перепадов яркости в поле зрения оператора и светового контраста. Цветовой алфавит используют для передачи информации о состоянии или значимости объектов. Частота мельканий может быть использована для привлечения внимания оператора. Пороговая час-

тота мельканий составляет 4–6 Гц, частота мельканий предупредительных сигналов – 0,5–1 Гц, частота мельканий аварийной сигнализации – 5–6 Гц. Число одновременно мелькающих знаков должно быть не более 3. Следует избегать искажения восприятия контура мелькающего знака. Для этого целесообразно, чтобы мелькал не весь знак, а его часть.

Требования к использованию цветового алфавита состоят в следующем. В алфавите следует отдавать предпочтение зеленому, красному, голубому, желтому и фиолетовому цветам. Общее число используемых цветов может быть увеличено, если обозначения меняются не только по цветовому тону, но и по яркости. Знаки алфавита должны быть хорошо различимы при точном опознании цвета.

Цветовой код применяют при освещении белым цветом, поскольку видимый цвет зависит от общего освещения. Допустимая яркость цветных знаков, кд/м²:

- минимальная – 10;
- рекомендуемая – 170;
- для отраженного света, а также в условиях темповой адаптации – 30–70. Оптимальная угловая величина цветового знака – 35–45'.

Для знаков алфавита используют цвета в соответствии с таблицей 4.1. Для выделения особо важной информации внутри алфавита (например, информации, требующей экстренного принятия решения) применяют дополнительный цвет. Для кодирования информации, содержащей сообщение о том, что произошло одно из двух (да, нет) равновероятных событий, могут быть использованы красный и синий цвета.

4.6. Требования к визуальным индикаторам

Индикаторы нужно конструировать так, чтобы выход их из строя или неисправность становились немедленно очевидными для оператора. Торговые знаки и наименования завода или фирмы-изготовителя, так же как и другие обозначения, не связанные с функциями индикатора, не должны находиться на лицевой стороне панели. Индикаторы необходимо конструировать и размещать так, чтобы оператор мог считывать информацию с требуемой точностью. Индикаторы следует конструировать и размещать так, чтобы избежать потери информации вследствие отражения внешнего освещения от поверхности индикатора. В некоторых случаях предусматривают специальные средства, предотвращающие ухудшение условий воспри-

ятия информации. К таким средствам, в частности, относятся экраны, колпаки, предохраняющие индикаторы от освещения прямым солнечным светом.

Таблица 4.1 – Рекомендуемые цвета кодируемых надписей

Информационная категория	Рекомендуемый цвет кода информации	
	Основной	Дополнительный
Предупреждающая информация носит осведомительный характер, содержит сведения об общей обстановке (исключая аварийную) и рекомендации для принятия мер, оставляя за оператором право выбора окончательного решения.	Желтый	Белый
Предписывающая информация носит командный характер, требует или разрешает выполнение строго определенных действий. К этой категории может быть отнесена и информация проверочного характера, указывающая на исправность или готовность к работе тех или иных устройств.	Зеленый	Синий
Запрещающая информация носит аварийный характер, накладывает строгие ограничения на выполнение или запрещение тех или иных действий. Указывает на неготовность к работе или неисправность того или иного проверяемого объекта	Красный	Оранжевый

Индикаторы с подсветом. Имеются три основных типа индикаторов с подсветом:

- подсвечиваемые панели с одной или многими надписями, несущими информацию в виде слов, чисел, символов или сокращений;
- простые индикаторные лампочки (сигнальные и др.);
- панели с подсветом, отображающие информацию о готовности системы.

Индикаторы с подсветом применяются для отображения качественной информации, необходимой оператору (главным образом информации, требующей немедленной реакции оператора либо привлекающей его внимание к состоянию системы). Такие индикаторы могут иногда использоваться персоналом, выполняющим функции технического обслуживания и регулирования.

Отсутствие подсвета не следует использовать для обозначения таких понятий, как «готовность», «в пределах допуска», или команды «продолжать», а также для обозначения «неисправности», «выхода за допустимые пределы» или команды «прекратить действие»; однако отсутствие подсвета допустимо для указания об отключении питания (например, при индикации надписи «Питание вкл.»). Изменения состояния индикаторов должны отображать изменения функционального состояния системы, а не только результаты действия органов управления.

Световые сигналы предостережения и тревоги, а также сигналы, используемые для отображения состояния комплексов аппаратуры системы, располагают отдельно от световых сигналов, показывающих состояние различных компонентов и узлов.

Если индикатор с подсветом связан с органом управления, индикаторную лампу размещают так, чтобы она была однозначно связана с этим органом управления и видна оператору при работе с ним. Для критичных функций индикаторы нужно располагать в зонах оптимальной видимости. Индикаторные лампы, которые используются редко или исключительно для целей технического обслуживания и регулировки, должны быть закрыты или невидимы при эксплуатации системы, но легко достигаемы.

Если индикаторы предназначены для использования в условиях различной освещенности, в них следует предусмотреть регулировку яркости. Пределы регулирования яркости должны обеспечивать хорошую различимость информации, отображаемой на индикаторе, при всех предполагаемых условиях освещенности. Во всяком случае, они не должны казаться светящимися, когда они не светятся, и восприниматься погасшими, когда светятся. В некоторых руководствах и стандартах для индикаторов на лампах накаливания рекомендуется использовать лампы с резервными нитями накаливания или сдвоенные лампы, чтобы в случае отказа одной нити лампы сила подсвета уменьшалась, указывая тем самым на необходимость замены лампы, но не настолько, чтобы оператор не мог работать. Для индикаторных ламп требуется предусмотреть контроль. Желательно, чтобы конструкция обеспечивала возможность проверки всех индикаторных ламп сразу. Панели, содержащие три и менее индикаторных ламп, могут иметь отдельные кнопки для проверки ламп. Если важным требованием является быстрая адаптация к темноте, предусматриваются средства уменьшения яркости свечения всей индикаторной цепи во время проверки.

Желательно иметь возможность снимать лампы с лицевой стороны индикационной панели без применения инструментов или каким-либо иным быстрым и удобным способом. Индикационные цепи проектируются так, чтобы лампы можно было снимать и заменять, не отключая электропитания, не вызывая опасности повреждения компонентов индикаторной цепи и не подвергая опасности обслуживающий персонал. Экраны индикаторов или указателей с надписями (стекла индикаторов) следует конструировать так, чтобы предотвратить случайную перестановку стекол.

Широкое применение нашли лампы с надписями, которые в большинстве случаев предпочтительнее простых индикаторных ламп. Лампы с надписями могут кодироваться цветом, а также размерами и миганием. Лампы с надписями, предназначенные для обозначения повреждений, причиненных оборудованию или обслуживающему персоналу (мигающий красный), для предостережения о надвигающейся опасности (желтый), для суммарного контрольного сигнала, должны быть больших размеров и по возможности ярче других индикаторов. Надпись на лампе должна быть различима независимо от того, включен индикатор или выключен.

Индикаторы с множественными надписями (пластинки с надписями расположены одна на другой) необходимо конструировать с учетом следующих требований:

- когда освещается задняя надпись, она не должна быть затемнена передними;
- задние надписи должны иметь одинаковую кажущуюся яркость с передними.

Простые индикаторные лампы следует использовать в случаях, когда конструктивные данные не позволяют использовать лампы с надписями. Расстояние между соседними лампами должно быть достаточным для однозначного их обозначения, для правильной интерпретации информации и удобства замены.

Стрелочные индикаторы. Имеются два типа таких индикаторов: с движущейся стрелкой и неподвижной шкалой; с неподвижной стрелкой и движущейся шкалой.

В зависимости от характера поставленных задач стрелочные индикаторы могут использоваться либо с рукоятками управления, либо без них. Стрелочные индикаторы с рукоятками применяют для установки заданной величины параметра, а также при восстановлении по-

ложения стрелки при ее отклонении от заданной величины. Лучшим типом индикатора в этом случае является движущаяся стрелка с неподвижной шкалой; лучшая форма шкалы – горизонтальная. Можно использовать и круглые шкалы. Выбор формы шкалы зависит от конкретных условий – величины панели, количества и формы других приборов и т. п. Стрелочные индикаторы с рукоятками применяются для контроля за объектом путем непрерывного изменения положения одной стрелки при движении другой (операция слежения). Лучший тип индикатора для подобных задач – движущаяся стрелка с неподвижной шкалой. Лучшая форма шкалы – круглая.

Стрелочные индикаторы без рукояток обычно используются, когда решаются следующие задачи:

а) *количественное чтение*. Оператора интересуют точные числовые значения измеряемого параметра. Однако лучшим прибором является счетчик с цифровым отсчетом, так как цифровые данные оператор воспринимает быстрее и с меньшим числом ошибок;

б) *качественное чтение*. Для оператора важны не абсолютные показания, а сведения об изменении того или иного параметра исследуемого объекта или тенденции развития процесса (возрастает или уменьшается данная величина и т. п.). Использование индикатора с движущейся стрелкой и неподвижной шкалой обеспечивает наилучшую точность и скорость считывания; лучшая форма шкалы – круглая;

в) *проверочное (контрольное) чтение*. Оператору важны не количественные данные, а лишь контрольные показания, то есть ему необходимо знать, работает аппаратура в установленных пределах или нет. Для этого рекомендуется неподвижно закрепленная шкала с движущейся стрелкой; лучшая форма шкалы – круглая;

г) *сравнение показателей*. Эта операция требует исключительной точности, поэтому для нее также целесообразно применять счетчики.

При выборе стрелочного индикатора необходимо знать, в каком временном режиме он будет использоваться. При коротких экспозициях (менее 0,5 с) точнее считываются показания прибора с подвижной шкалой и неподвижной стрелкой. Условия считывания в этом случае приближаются к условиям считывания показаний со счетчика. Однако с увеличением экспозиции предпочтение отдается приборам с подвижной стрелкой и неподвижной шкалой.

Скорость и точность считывания показаний во многом зависят от формы шкалы. Лучшие результаты дает круглая, за ней следует

полукруглая и прямолинейная горизонтальная шкалы, худшая – вертикальная шкала. Круглой называется дуговая шкала с углом дуги 360° ; полукруглой – дуговая шкала с углом дуги около 180° .

При считывании показаний с одной и той же шкалы результаты получаются различные в зависимости от того, с какого участка шкалы ведется считывание. Круглые шкалы дают лучшие результаты при считывании показаний с центрального верхнего сектора, а горизонтальные – с центральной части шкалы (здесь они превосходят круглые); по мере же приближения к концам этих шкал скорость и точность считывания значительно падают.

При выборе формы шкалы необходимо учитывать и предполагаемую ее длину. Если на панели управления необходимо установить прибор с длинной шкалой, то для повышения скорости и точности считывания показаний рекомендуется:

- снабжать шкалу несколькими указателями;
- одним – для точного считывания и одним или несколькими для считывания, при котором не требуется точности;
- на основной шкале размещать подшкалу, по которой ведут более точное считывание;
- объединять шкалу со счетчиком. Такие комбинированные индикаторы целесообразно применять тогда, когда выполнение задачи предусматривает и качественное, и количественное считывание информации.

Форму шкалы нужно выбирать с учетом характера информации, для которой она предназначена. Так, для приборов, с помощью которых контролируются параметры глубины, высоты, температуры, лучшими являются вертикальные шкалы. При этом на глубиномерах показатель нуля должен размещаться у верхнего края шкалы, а на высотомерах – у нижнего.

Точность считывания показаний со шкалы зависит от ее размера, расстояния, с которого ведется считывание, интервала между отметками. Шкалы приборов градуируют штриховыми отметками определенных размеров. Эти отметки подразделяются на главные, средние и малые. Точность считывания возрастает с увеличением интервала между отметками, но лишь до определенного предела. Оптимальная длина основного интервала между главными отметками 12,5–18 мм (дистанция наблюдения – 750 мм). Дальнейшее увеличение ухудшает считывание показаний прибора.

Увеличение числа мелких отметок приводит к снижению скорости и точности считывания. Оптимальная величина самого малого интервала равна примерно 1,5 мм, или 6–8' (дистанция наблюдения – 750 мм). При увеличении интервала от 3,5 до 6,5' точность и время безошибочного считывания возрастают весьма интенсивно. Однако дальнейшее увеличение интервала (до 10,5') не дает существенных улучшений.

Если стрелка прибора останавливается между отметками шкалы при считывании показаний, то возникает необходимость зрительной интерполяции. Наилучшие результаты интерполяции наблюдаются тогда, когда оператор должен мысленно делить отмеченный интервал не более чем на 4–5 частей.

Зависимость между диаметром шкалы и точностью считывания показаний не является линейной. Оптимальные размеры диаметра круглой шкалы (при расстоянии 750–900 мм от глаз оператора) составляют 40–60 мм. Однако существенной разницы в точности считывания шкал диаметром от 35 до 70 мм нет. При уменьшении диаметра до 17–18 мм и менее скорость считывания значительно снижается. То же наблюдается и при увеличении диаметра до 120–150 мм.

Эффективность чтения определяется не абсолютной величиной диаметра шкалы, а ее отношением к дистанции наблюдения, то есть угловыми размерами шкалы. Оптимальные угловые размеры диаметра шкалы находятся в пределах 2,5–5°.

Наилучшими являются шкалы с ценой деления 1, 5, 10 и соответствующей оцифровкой. Длина оцифрованных отметок должна равняться 0,5–1 длины интервала между отметками, длина неоцифрованных отметок – 0,5 длины основных отметок. Толщина основных отметок должна составлять 5–10 % расстояния между неоцифрованными отметками или 2/3 толщины основной отметки.

Цифры на шкалу следует наносить прямыми линиями и только у основных отметок. Они должны быть простыми, без каких-либо украшений. Точность считывания цифр зависит от соотношения высоты, ширины и толщины обводки. На последнюю влияют освещение и контрастность: оптимальное отношение толщины обводки к высоте цифр при диффузном освещении белых цифр на черном фоне (обратный контраст) составляет 1 : 10, а при таком же освещении черных цифр на белом фоне (прямой контраст) – 1 : 6. Отношение ширины к высоте должно составлять 2 : 3. Расстояние между цифрами должно равняться половине ширины цифры. Важное значение при считыва-

нии показаний со шкал имеет расположение стрелок и указателей:

- стрелка должна доходить до наименьшей отметки шкалы, но не перекрывать ее (минимальное расстояние между концом стрелки и отметкой составляет не менее 0,4–0,8 мм, максимальное – не более 1,6 мм) и находиться как можно ближе к плоскости циферблата, чтобы свести к минимуму параллакс;

- конструкция стрелки должна быть простой, толщина острия – не более ширины самой малой отметки шкалы;

- рекомендуется, чтобы часть стрелки от центра вращения до самого кончика была того же цвета, что и отметки шкалы, а остальная часть – того же цвета, что и плоскость циферблата;

- стрелки для прямолинейных шкал должны быть отчетливо видны; их изготавливают довольно широкими у основания, но к концу, обращенному к шкале, они сужаются, переходя в ясно видимую точку;

- стрелки не должны закрывать цифр, желательно также, чтобы цифры были размещены с наружной стороны шкалы.

Если стрелки компактно расположенных шкал в нормальном положении ориентированы в одном направлении, то любое отклонение стрелки от нормального положения немедленно замечается, и времени на проверку показаний требуется значительно меньше, чем в том случае, когда стрелки ориентированы в разных направлениях.

Эффективность работы оператора значительно повышается с введением дополнительных сигнализаторов. Например, при выделении на шкале цветной полоской зоны «Нормально» оператору при контрольном чтении достаточно лишь воспринять и оценить взаимное положение стрелки указателя и отметки-сигнализатора. Отметка-сигнализатор для привлечения внимания оператора должна отличаться от других отметок шкалы не только цветом, но и формой. В ряде случаев дополнительные сигнализаторы следует делать подвижными. Это позволяет при изменении зоны «Нормально», соответственно, изменять и положение отметки. Целесообразно также выделять цветом различные участки шкалы, но при условии, что прибор цветным светом не освещен.

Шкалы, размещенные по краям очень больших панелей, снабжаются сигнальными лампочками. Желательно, чтобы яркость лампочки при отклонении от нормы менялась.

Таким образом, при конструировании стрелочных индикаторов необходимо учитывать следующие требования:

- стрелочные индикаторы на панели надо устанавливать в плоскости, перпендикулярной линии взора;
- цифры должны быть простыми и нанесены на шкалы вертикально. Значение цифровых показателей на круглых шкалах возрастает по часовой стрелке;
- градуировка шкал не должна быть более мелкой, чем этого требует точность самого прибора;
- наилучшими являются шкалы с ценой деления 1, 5, 10;
- для шкал, установленных на одной панели, необходимо выбирать одинаковую систему делений и одинаковые цифры;
- при конструировании стрелок параллакс следует свести к минимуму; конец острия стрелки не может быть шире самого малого деления, чтобы не заслонять цифр и отметок;
- при одновременном контрольном считывании по нескольким приборам стрелки устанавливаются так, чтобы при нормальных условиях работы они имели одинаковое направление;
- для облегчения контрольного считывания рабочие и перегрузочные диапазоны выделяются цветом;
- необходимо, чтобы фон шкалы был матовым, а на стенках приборов не наблюдалось бликов;
- поверхность шкалы не должна быть темнее панели, в то время как каркас шкалы может быть темнее;
- между цветом фона шкалы и цветом делений и надписей нужно сохранять максимальную контрастность.

Освещение шкалы должно быть равномерным, а степень освещенности должна регулироваться.

Другие индикаторы. Кроме стрелочных индикаторов, применяются счетчики прямого отсчета, печатающие устройства, графопостроители. Счетчики прямого отсчета используются для получения количественных данных, когда требуется быстрая и точная индикация. Счетчики следует ставить как можно ближе к поверхности панели, чтобы свести к минимуму параллакс и тени, обеспечить максимальный угол видения.

Если наблюдателю необходимо считывать цифры последовательно, они должны следовать друг за другом не чаще двух за 1 с. Чтобы увеличить показания счетчика или произвести сброс, рекомендуется вращение ручки восстановления или сброса счетчика производить по часовой стрелке.

Счетчики, используемые для индикации последовательности работы оборудования, должны сбрасываться автоматически по завер-

шении работы. Необходимо предусмотреть средства и для ручного сброса.

Счетчики по возможности должны иметь собственное свечение, а поверхность барабанов счетчика и окружающие их поверхности такую отделку, которая сводит к минимуму отсвечивание. Целесообразен высокий цветовой контраст цифр и фона (черные цифры по белому фону или наоборот).

Печатающие устройства применяют тогда, когда требуется запись количественных данных. Печатная информация должна быть пригодной для непосредственного использования при минимальной потребности в декодировании, перемещении или интерполяции.

Печатающие устройства нужно конструировать так, чтобы обеспечивалось простое и быстрое введение и снятие печатных материалов. Должна быть предусмотрена надежная индикация расходуемого материала (например, бумаги, чернил, ленты). Там, где это нужно, печатающие устройства следует располагать таким образом, чтобы на ленте легко можно было делать различные записи и пометки, не снимая ее с самописца. Информация на ленте должна быть напечатана так, чтобы ленту можно было отрывать по мере ее поступления из устройства без резания или склеивания по частям.

Графопостроители используются для записи непрерывных графических данных. Вычерчиваемые штрихи должны быть легко видимы и не закрываться пером или его рычагом. Контраст между вычерчиваемой линией и фоном должен быть не менее 50 %. Для выходящего из графопостроителя бланка с вычерченными данными там, где это необходимо или желательно, предусматривается специальное приемное устройство. Для интерпретации графических данных оператор должен иметь вспомогательные средства (например, графические кальки), однако эти средства не должны затемнять или искажать полученные данные. При необходимости графопостроители следует располагать таким образом, чтобы в вычерченной информации можно было производить соответствующие записи и пометки, не снимая бланка с графопостроителя.

4.7. Интегральные индикаторы

Проведенные в последние годы инженерно-психологические исследования деятельности операторов систем управления выявили определенные трудности, возникающие при работе с визуальными индикаторами. Применяемые способы выдачи информации на большие

группы отдельных приборов, даже достаточно современных и рационально размещенных, не являются оптимальными. Это объясняется, прежде всего, необходимостью сочетать количественные оценки большого числа отдельных показаний с качественной оценкой ситуаций, параметры которых отображаются на приборах.

Одним из путей решения этой задачи является применение интегральных индикаторов, совмещающих информацию сразу о нескольких параметрах того или иного процесса или ситуации. Это позволяет экономить место на панелях и обеспечивает выигрыш в точности и скорости восприятия. Особенности интегральных индикаторов заключаются в следующем:

- они дают качественную оценку и обеспечивают наглядное сопоставление расчетных данных с фактическими, позволяя тем самым более эффективно решать задачи управления;

- максимальная наглядность обеспечивается свободным перемещением индексов параметров фактического режима работы или ситуации относительно определенной шкалы; при этом направление движения индекса, обозначающего контролируемый объект, совместимо с направлением самого объекта;

- интегральные индикаторы дают более полное представление об общей ситуации, и оператор имеет возможность прогнозировать развитие ситуации, а не только фиксировать происходящие изменения.

Для контроля качественной информации, отображаемой на интегральных индикаторах, целесообразно предусмотреть также представление оператору и точных количественных данных. Индикаторы количественной информации следует располагать либо на периферии поля зрения, либо запрашивать по вызову (последний способ предпочтительнее).

Разработка новых видов интегральных индикаторов требует тщательного психологического исследования способов приема и переработки информации оператором.

4.8. Мнемосхемы

Мнемосхемы представляют собой средства отображения информации, условно показывающие структуру и динамику управляемого объекта и алгоритма управления. Они предназначены для выполнения следующих функций:

- наглядно отображать функционально-техническую схему управляемого объекта и информацию об его состоянии в объеме, необходимом для выполнения оператором возложенных на него функций;

- отображать связи и характер взаимодействия управляемого объекта с другими объектами и внешней средой;

- сигнализировать обо всех существенных нарушениях в работе объекта;

- обеспечивать быстрое выявление возможности локализации и ликвидации неисправности.

Мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом. Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами. Допускается выделение составных частей управляемого объекта, имеющих автономное управление.

При компоновке мнемосхемы должно быть обеспечено пространственное соответствие между расположением элементов на мнемосхеме и расположением управления на пульте оператора. Допускается размещение на поле мнемосхемы приборов контроля и органов управления, которые при этом не должны закрывать от оператора другие элементы мнемосхемы.

При компоновке мнемосхем должны учитываться привычные ассоциации оператора. Под привычной ассоциацией понимают связь между представлениями, возникающими у человека на основе прошлого опыта. Например, человек привык отображать какой-либо процесс, представляя его развитие слева направо. При компоновке мнемосхемы следует учитывать это привычное представление и отображать развитие технологического процесса тоже слева направо.

Соединительные линии на мнемосхеме должны быть сплошными, простой конфигурации, минимальной длины и иметь наименьшее число пересечений. Следует избегать большого числа параллельных линий, расположенных рядом.

Форма и размеры панелей мнемосхем должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов. Предельными углами обзора фронтальной плоскости мнемосхемы должны быть следующие: по верти-

кали – не более 90° , по горизонтали – не более 90° (по 45° в каждую сторону от нормали к плоскости мнемосхемы). Если мнемосхема выходит за пределы зоны, ограничиваемой предельными углами обзора, она должна иметь дугообразную форму или состоять из нескольких плоскостей (состыкованных или пространственно разнесенных), повернутых к оператору.

Комплекс мнемознаков, используемых на одной мнемосхеме, должен быть разработан как единый алфавит. Под единым алфавитом понимают комплекс мнемознаков, отображающих систему взаимосвязанных частей управляемого объекта и характеризующихся единством изобразительного решения. Необходимо, чтобы алфавит мнемознаков был максимально коротким, а различительные признаки мнемознаков были четкими.

Мнемознаки сходных по функциям объектов должны быть максимально унифицированы. Форма мнемознака должна соответствовать основным функциональным или технологическим признакам отображаемого объекта. Допускается брать за основу конструктивную форму объекта или его условное обозначение, принятое в технической документации. Размеры мнемознака должны обеспечивать оператору наиболее однозначное зрительное восприятие. Угловые размеры мнемознака простой конфигурации должны быть не менее $20'$.

Угловые размеры сложного мнемознака (с наружными и внутренними деталями), должны быть не менее 35 угл/мин, а угловой размер наименьшей детали – не менее 6 угл/мин. Вспомогательные элементы и линии не должны пересекать контур мнемознака или каким-либо другим способом затруднять его чтение. Яркостный контраст между мнемознаками и фоном мнемосхемы должен быть не менее 65% .

Сигналы об изменениях состояния объекта (включен – отключен, открыт – закрыт) должны различаться особенно четко цветом, формой или другими признаками. Специальные сигналы (предупредительные, аварийные, неплановой смены состояния и т. п.) должны отличаться большей интенсивностью (на $30 - 40\%$) по сравнению с сигналами нормального режима или быть прерывистыми (с частотой мигания $3-5$ Гц и длительностью сигнала не менее $0,05$ с). Допускается совместное применение обоих способов.

4.9. Табло коллективного пользования

Табло коллективного пользования – устройство, предназначенное для отображения информации и восприятия ее коллективом операторов с расстояний более 4 м. Индикатор, в котором знаки формируются из отдельных элементов, расположенных в одной плоскости, называется знаковосинтезирующим. Рабочая поверхность индикатора – плоскость, в которой нормируются и измеряются светотехнические параметры. Исходный знак – цифра определенного типа начертания, соответствующая информации, поступающей на табло. Элемент – составная часть структурного рисунка индикатора. Помехозащищенность индикатора – свойство, позволяющее обнаруживать на индикаторе помехи, выражающиеся в исчезновении одного из элементов, образующих знак, или появлении лишнего элемента, либо обнаруживать помехи и опознавать операторам исходные символы при одном недостающем или одном лишнем элементе.

Цифровые знаковосинтезирующие электролюминесцентные индикаторы классифицируют по характеру помехозащищенности, субъективной оценке качества начертания цифр, по цвету и яркости свечения и величине коэффициента отражения рабочей поверхности индикатора. По характеру помехозащищенности при единичном сбое в цепях коммутации индикаторы делятся на три класса:

1) индикаторы, исключающие возможность обнаружения помехи и восстановления оператором исходного знака (5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-элементные индикаторы);

2) индикаторы, обеспечивающие возможность обнаружения помехи, но исключающие возможность восстановления исходного знака (6-, 7-, 8-, 9-, 10-элементные индикаторы);

3) индикаторы, обеспечивающие возможность обнаружения помехи и восстановления исходного знака (7-, 8-, 9-, 10-элементные индикаторы).

По субъективной оценке качества начертания цифр индикаторы делятся на три группы:

1) с привычным начертанием;

2) удовлетворительной привычностью начертания;

3) непривычным начертанием, рассчитанным на обученных и специально подготовленных операторов.

По цвету свечения индикаторы могут быть зеленые, голубые, красные и желтые:

- индикаторы зеленого цвета свечения по яркости делятся на семь групп: 1-я – 10 кд/м², 2-я – 15, 3-я – 20, 4-я – 30, 5-я – 45, 6-я – 65, 7-я – 90 кд/м²;

- индикаторы голубого, красного и желтого цветов свечения по яркости делятся на шесть групп: 1-я – 5,0 кд/м²; 2-я – 7,5; 3-я – 10,0; 4-я – 15,0; 5-я – 20,0; 6-я – 30,0 кд/м².

При значении яркости индикатора, совпадающей с граничным значением двух групп, индикатор относится к низшей группе. По величине коэффициента отражения рабочей поверхности индикаторы делятся на шесть групп:

- 1-я – индикаторы с коэффициентами отражения более 0,30;
- 2-я – индикаторы с коэффициентами отражения 0,30–0,20;
- 3-я – индикаторы с коэффициентами отражения 0,20–0,1;
- 4-я – индикаторы с коэффициентами отражения 0,10–0,06;
- 5-я – индикаторы с коэффициентами отражения 0,06–0,03;
- 6-я – индикаторы с коэффициентами отражения менее 0,03.

Тип индикатора характеризуется его структурным рисунком, представляющим изображение, на котором показываются число, форма и взаимное расположение элементов, из которых формируются знаки.

На одном типе индикатора допускается наличие одного или нескольких типов начертания цифр, под которым понимают совокупность десяти структурных рисунков цифр от 0 до 9 данного типа индикатора. Тип начертания цифр определяется способом формирования цифр из элементов.

Индикаторы могут иметь вертикальное или наклонное расположение цифр. Угол наклона должен быть не более 10° от вертикального положения.

Формат цифр определяется отношением ширины знака к его высоте. Отношение ширины знака к высоте должно составлять 2 : 3. Минимальное расстояние от наружной кромки знака до внутренней кромки корпуса индикатора при вертикальном положении цифр составляет не менее 5 мм, при наклонном – не менее 2,5 мм. Десятичный знак должен располагаться справа от цифры.

Помехозащищенность индикаторов определяется типом начертания цифр. Типы начертания цифр на индикаторах 2-го класса

должны обеспечивать возможность объединения элементов в такие порядки, при которых структуры искажений, возникающие на индикаторе при единичном сбое в цепях коммутации, отличаются от структур нормально отображаемых цифр одним или несколькими элементами.

Типы начертания цифр на индикаторах 3-го класса должны обеспечивать возможность объединения элементов в такие порядки, при которых структуры искажений при единичном сбое в цепях коммутации отличаются одним или несколькими элементами не только от структур нормально отображаемых цифр, но и между собой.

Считывание информации с индикаторов 2-го и 3-го классов при необходимости надежного обнаружения помехи, а также восстановления исходной информации (предназначенной для отображения на табло), должно производиться специально обученными операторами. Обучение должно проводиться по специальной методике.

Для надежного обнаружения помехи обученными операторами на индикаторах 2-го класса, а также надежного обнаружения помехи и восстановления исходной информации на индикаторах 3-го класса, должны выполняться условия, обеспечивающие оптимальное восприятие информации, при этом контраст знака должен быть не менее 70 %.

Восприятие информации с индикаторов определяется рядом параметров. К числу основных параметров, обеспечивающих оптимальные условия восприятия, относятся:

- яркость знака и его размеры;
- контраст знака;
- внешняя освещенность;
- дистанция наблюдения;
- угол обзора;
- соотношение яркости свечения рабочих и нерабочих элементов индикатора;
- равномерность яркости свечения отдельных элементов в пределах одного индикатора и отдельных индикаторов в пределах всего информационного поля табло;
- цвет свечения индикатора;
- коэффициент отражения рабочей поверхности индикатора.

Яркость индикаторов голубого, красного и желтого цветов представлена в таблице 4.2. Величина контраста между знаком и фоном должна быть не менее 60 %. Минимальные угловые размеры знака

должны быть не менее 12 мин, максимальные – не более 46 мин. Максимальный угол обзора при размерах цифр 46 угл/мин не должен превышать $\pm 50''$, при размерах цифр 12 угл/мин – $\pm 30^\circ$ (знаки $\pm$ обозначают любые противоположные углы обзора относительно линии, перпендикулярной к рабочей поверхности индикатора).

Таблица 4.2 – Яркость индикаторов, кд/м²

Номер группы	Яркость индикаторов зеленого цвета свечения		Яркость индикаторов голубого, красного и желтого цветов свечения	
	Номинальная яркость	Допустимое значение яркости	Номинальная яркость	Допустимое значение яркости
I	10	8-12	5,0	4,0-6,0
II	15	12-18	7,5	6,0-9,0
III	20	18-24	10,0	9,0-12,0
IV	30	24-36	15,0	12,0-18,0
V	45	36-54	20,0	18,0-24,0
VI	65	54-78	30,0	24,0-36,0
VII	90	78-98	-	-

Допустимая неравномерность яркости свечения отдельных элементов одного и того же индикатора не должна отличаться от номинального значения более чем на $\pm 10\%$. Расчет неравномерности яркости свечения элементов одного и того же индикатора и отдельных индикаторов табло должен производиться по специальной методике.

Допуск на яркость не зависит от цвета свечения индикатора. Допустимые величины отклонения яркости от номинального значения должны соответствовать значениям, приведённым в таблице 4.3.

Оптимальные условия восприятия обеспечиваются при параметрах, приведенных в таблице 4.4. Уровни освещенности и углы обзора, которые меньше величин, приведенных в таблице 4.4, а также более высокие яркости индикатора, оптимальные условия восприятия не нарушают, в связи с этим могут быть использованы при конструировании и эксплуатации табло коллективного пользования наравне с указанными.

При цветовом кодировании информации величина яркости индикаторов зеленого цвета свечения не должна превышать яркость индикаторов голубого, красного и желтого цветов свечения.

**Таблица 4.3 – Допустимые величины отклонения яркости
от номинального значения**

Линейный размер цифр (по высоте), мм	Дистанция наблюдения, м	Угловой размер цифр (по высоте), мин	Допустимый угол обзора, град	Индикаторы с коэффициентами отражения рабочей поверхности 0,60		Индикаторы с коэффициентами отражения рабочей поверхности более 0,60	
				Минимальная яркость свечения индикатора, кд/м ²	Максимальная освещенность в плоскости индикатора, лк	Минимальная яркость свечения индикатора, кд/м ²	Максимальная освещенность в плоскости индикатора, лк
40	3 -6	46-23	+50-45	30	100	20	150
40	6-9	23-15	+45-40	30	100	20	150
40	9-12	15-12	+40-30	30	100	20	150
80	6-12	46-23	+50-45	30	100	20	150
80	12-18	23-15	+45-40	30	100	20	150
80	18-24	15-12	+40-30	30	100	20	150

Допустимое соотношение яркости рабочих и нерабочих элементов индикатора должно быть не менее 7–8 раз. Допустимые соотношения яркости рабочих и нерабочих элементов индикатора должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.4. Значения яркости нерабочих элементов индикатора, указанные таблице 4.4, допускаются также при более высоких уровнях внешней освещенности и яркости знака.

Таблица 4.4 – Оптимальные условия восприятия индикации

Допустимая яркость нерабочих элементов индикатора, кд/м ²	Минимальная яркость свечения знака, кд/м ²	Минимальная освещенность в плоскости индикатора, лк	Дистанция наблюдения, м	Размер цифр (по высоте), мм
3	20	50	3-12	40
4	30	50	3-12	40
5	40	50	3-12	40
3	20	50	6-24	80
4	30	50	6-24	80
5	40	>50	6-24	80

Яркость и контраст индикаторов зеленого, голубого, красного и желтого свечения, применяемые в одном табло, должны быть равными. Уровни яркости индикаторов, указанные в таблице 4.4, могут быть снижены при снижении внешней освещенности. Допустимые значения яркости при различных уровнях внешней освещенности должны соответствовать значениям, приведённым в таблице 4.5.

Уровень освещенности меньше значений, приведенных в таблице 4.4, а также более высокие уровни яркости, оптимальные условия восприятия не нарушают, в связи с этим могут быть использованы при конструировании и эксплуатации табло коллективного пользования наравне с указанными. Уровни яркости индикатора, указанные в таблице 4.4, могут быть снижены, а освещенность увеличена при уменьшении коэффициента отражения рабочей поверхности индикатора.

Допустимые значения яркости и освещенности при различных коэффициентах отражения рабочей поверхности индикатора должны соответствовать значениям яркости, приведенным в таблице 4.5. Уровень освещенности меньше значений, приведенных в таблице 4.5, а также более высокие уровни яркости индикатора, оптимальные условия восприятия не нарушают, в связи с этим могут быть использованы при конструировании и эксплуатации табло коллективного пользования наравне с указанными.

Таблица 4.5 – Допустимые значения яркости при различных уровнях внешней освещенности

Минимальная яркость свечения индикатора, кд/м ²	Максимальная освещенность в плоскости индикатора, лк		Минимальный размер знака (по высоте), угл/мин
	для индикаторов с коэффициентами отражения рабочей поверхности 0,60	для индикаторов с коэффициентами отражения рабочей поверхности 0,30	
30	100	200	12
25	85	170	12
20	75	150	12
15	40	80	12
10	30	60	12
5	15	30	12

Общие требования к табло определяются совокупностью требований, предъявляемых к эксплуатации табло и управляющему оборудованию. Допускается применение 5- и 6-элементных индикаторов 1-го класса в табло, основным требованием к которым является минимальный объем управляющей аппаратуры, не требуется помехозащищенности от единичного сбоя в цепях коммутации и допускается удовлетворительное или непривычное начертание цифр.

Допускается применение 7-, 8-, 9- и 10-элементных индикаторов 2-го класса табло, для которых основным требованием является привычность начертания цифр, а объем управляющей аппаратуры и помехозащищенность имеют менее существенное значение.

Допускается применение 6- и 7-элементных индикаторов 2-го класса в табло, для которых необходимо обнаружение помехи при ограниченном объеме управляющей аппаратуры и удовлетворительной привычности начертания цифр.

Допускается применение 8-, 9- и 10-элементных индикаторов 2-го класса, для которых необходимо обнаружение помехи при привычном начертании цифр и не преследуется жесткое ограничение объема управляющей аппаратуры.

Таблица 4.6 – Минимальный размер знака по высоте и максимальная освещенность индикатора

Коэффициент отражения рабочей поверхности индикатора	Минимальная яркость свечения индикатора, кд/м ²			Минималь- ный размер знака по высоте, угл/мин
	10	7,5	5	
	Максимальная освещенность индикатора, лк, в плоскости			
0,20	100	75,0	50	12
0,10	200	150,0	100	12
0,06	350	260,0	175	12
0,03	700	520,0	350	12
0,01	2000	1500,0	1000	12

Допускается применение 7- и 8-элементных индикаторов 3-го класса в табло, для которых первостепенное значение имеет возможность обнаружения помехи и восстановления оператором исходной информации при ограниченном объеме управляющей аппаратуры и удовлетворительной привычности начертания цифр.

Допускается применение 9- и 10-элементных индикаторов 3-го класса в табло, для которых первостепенное значение имеет возможность обнаружения помехи и восстановления исходной информации при привычном начертании цифр и не преследуется жесткое ограничение объема управляющей аппаратуры.

Индикаторы с размером цифр 40 мм применяются в табло, рассчитанные на прием информации с дистанций от 3 до 12 м. Индикаторы с размерами цифр 60 мм применяются в табло, рассчитанные на прием информации с дистанций от 4,5 до 18,0 м. Индикаторы с размерами цифр 80 мм применяются в табло, рассчитанные на прием информации с дистанций от 6 до 24 м.

Максимальная глубина «утопленности» знака по отношению к плоскости информационного поля табло должна составлять не более 5 мм. Расстояние между строками табло, измеряемое по вертикали от нижней кромки знака в верхней строке до верхней кромки знака в нижней, должно быть не менее 1,0–1,5 высоты знака. Расстояние между столбцами, измеряемое по горизонтали от боковой кромки знака в одном столбце до боковой кромки знака в другом, должно быть не более ширины знака.

Для цветового кодирования информации могут использоваться индикаторы зеленого, голубого, красного и желтого цветов свечения. При этом яркость знака и контраст на применяемых индикаторах должны быть равными.

Рекомендуется применять в табло индикаторы только одной группы яркости для каждой группы цвета свечения. Допускается применять в табло индикаторы разных групп яркости при условии обеспечения яркости табло в пределах одной группы яркости. При необходимости яркостного кодирования отображаемой информации допускается применение в одном табло индикаторов различных групп яркости. Источники освещения не должны создавать бликов на рабочих поверхностях индикаторов табло.

4.10. Методы трехмерной индикации

В технике отображения информации пространственные признаки ситуации крайне невыразительны. Операторам на основании этих признаков или каких-либо априорных сведений приходится самим дополнять двухмерное отображение ситуации собственными пред-

ставлениями о пространстве, в котором находятся или перемещаются управляемые объекты. Естественно, что эти представления характеризуются большей или меньшей полнотой с точки зрения их адекватности задачам управления. В настоящее время появляются трехмерные индикаторы. На создание таких индикаторов сейчас направлено множество разработок, например, голографических методов отображения информации.

Трехмерные индикаторы делятся на три основные группы:

- объемные;
- «иллюзорные»;
- изобразительные.

Действительно трехмерны только объемные индикаторы, где воспроизводятся ширина, высота и глубина. Изобразительные индикаторы – самые простые из этих групп. Это обычные двумерные индикаторы, в которых для обозначения третьего измерения применяются символы.

В иллюзорных индикаторах используются только два измерения, а впечатление объемности создается благодаря стереоскопическому эффекту. Такие индикаторы бывают панорамными и с двойными изображениями. Перспективным методом трехмерной индикации с использованием двойных изображений является голография, дающая возможность осуществлять фотографирование и печатание предметов с воспроизведением глубины.

В объемных индикаторах для трехмерного воспроизведения применяют специальные индикаторные устройства:

- электронно-лучевые трубки с вибрирующим экраном, дающим возможность воспроизводить изображение глубины;
- системы, создающие ионизацию газа, локальное возбуждение которого происходит в нужных точках трехмерной координатной матрицы;
- объемные гистограммы.

Каждый из описываемых методов обладает рядом недостатков: электромеханические проблемы, связанные с креплением экрана, сложности, связанные с обеспечением памяти и коммутации, с возможностью быстрой смены информации – все это создает определенные трудности использования их в системах предъявления информации.

Одним из современных перспективных методов трехмерной индикации является метод голографии – процесс фотографической записи интерференционной картины, дающий объемное изображение

объекта в результате расщепления лазерного луча на две части. Одна из них освещает непосредственно пленку (опорный луч), а другая – объект, световые волны от которого отражаются на пленке, складываясь со световой волной опорного луча.

При освещении лучами лазера проявленной фотопластинки восстанавливается изображение первоначальной картины во всей ее глубине. Впечатление трехмерности настолько правдоподобно, что наблюдателю хочется потрогать отображенный объект руками.

Голограмма одинаково четко изображает как далекие, так и близкие предметы. Замечательное свойство голограмм состоит в том, что при их освещении создается впечатление реальности видимого изображения, более того, изменяя свое положение, наблюдатель может заглянуть за лежащие на переднем плане предметы точно так же, как при восприятии реальной картины. Использование голографии наиболее эффективно при отображении информации об отдельных объектах или небольших группах, когда необходима высокая степень точности воспроизведения.

По сравнению с проектированием все более совершенных средств индикации проектирование и конструирование органов управления к трехмерным системам индикации значительно отстают. Отсутствуют достаточно квалифицированная инженерно-психологическая и эргономическая оценка, а также экспертиза вновь создаваемых органов управления. В результате создается несоответствие между новейшими средствами индикации, такими, как трехмерные индикаторы, и органами управления.

При работе с электронно-лучевыми индикаторами для решения задач обнаружения, опознания, слежения обычно используются три типа устройств:

- световое перо;
- ручка управления;
- шариковый регулятор.

Световое перо – это фотоэлектрический датчик, который служит для считывания информации непосредственно с индикатора. Основное достоинство такого устройства – быстрота реакции. Оператор должен лишь направить его в нужную точку на индикаторе и нажать кнопку включения, а вычислительная машина, получая информацию от светового пера, автоматически определяет координаты цели. Световое перо применяется для приближенного быстрого указания положения цели, когда точность не является критичным параметром.

Ручка управления представляет собой рычаг, который может перемещаться в двух координатах по X и Y. Она снабжена датчиками, работающими в двух режимах:

- вращения (след на экране перемещается в указанном направлении с постоянной скоростью);
- пропорционального перемещения (след перемещается на расстояние, пропорциональное величине перемещения ручки управления).

Перемещение ручки индицируется на экране движением специального символа (эхо-сигнала), показывающего оператору, какому участку экрана соответствует положение органа управления. Ручка управления может перемещаться с высокой скоростью на сравнительно большое расстояние.

Шариковый регулятор представляет собой устройство, которое может поворачиваться в любом направлении для перемещения на экране эхо-сигнала. Работа с шариковым регулятором производится значительно медленнее, чем со световым пером и ручкой управления, но результаты точнее.

4.11. Сигнализаторы звуковые (неречевых сообщений)

Сигнализатор – это индикатор, предназначенный для предъявления человеку сведений в случаях, когда требуется специальное привлечение его внимания. К звуковым сигнализаторам неречевых сообщений относятся источники звука, используемые на рабочем месте для подачи аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов. Такими сигналами могут быть:

- сообщение одномерное;
- сообщение короткое;
- сообщение требует немедленных действий;
- место приема информации слишком освещено или затемнено;
- повышенные ускорения;
- зрительный анализатор оператора занят и другие.

Основные технические характеристики используемых звуковых сигналов неречевых сообщений приведены в таблице 4.7.

Звуковые сигнализаторы неречевых сообщений должны:

- обеспечивать привлечение внимания работающего оператора путем неожиданной подачи сигнала, изменением уровня звукового давления, модуляции по частоте и уровню звукового давления, увеличением длительности звучания, частоты следования;
- сообщать оператору об отказе или изменениях в системе «человек – машина»;

- не перегружать слуховой анализатор работающего оператора;
- не отвлекать внимание других операторов;
- не мешать речевой связи;
- не утомлять работающего оператора, не оглушать его при увеличении уровня звукового давления сигнала и не пугать при неожиданном появлении, что может привести к нарушению деятельности оператора.

В звуковых сигнализаторах при наличии ручного отключения должен быть обеспечен автоматический возврат схемы в исходное положение для получения очередного управляющего сигнала. Частотная характеристика тональных сигналов должна быть в пределах полосы 200–5000 Гц. При наличии высокочастотного маскирующего шума допускается расширение предела до 10 000 Гц. При наличии в помещении постов управления акустических экранов частотная характеристика тональных сигналов рекомендуется в пределах полосы 200– 1000 Гц. При изменениях частоты тона шаг изменения должен быть не менее 3 % по отношению к исходной частоте.

Таблица 4.7 – Основные технические характеристики используемых звуковых сигналов неречевых сообщений

Вид звукового сигнализатора	Уровень звукового давления, дБ	Частота, Гц	Маскировка шумом	Конструктивные особенности
1	2	3	4	5
Генератор	50-120	200-5000	Слабая при правильно выбранной частоте по отношению к маскирующему шуму и превышении порога маскировки	Можно применять во внутренних переговорных устройствах
Зуммер	50-60	200-2000	То же	То же
Гудок	30-100	200-5000	-	Может быть направленного действия
Сирена	80-110	200-5000	Слабая при правильно выбранной частоте по отношению к маскирующему шуму и превышении порога маскировки	Может быть направленного действия

1	2	3	4	5
Ревун	90-110	200-5000	То же	То же
Свисток	80-100	200-5000	-	Можно иметь рупор для направленной передачи
Звонок	60-90	200-500	-	-

Предупреждающие и аварийные сигналы должны быть прерывистыми. Несущая частота предупреждающих сигналов должна быть 200–600 Гц при длительности сигналов и интервалов между ними 1–3 с. Несущая частота аварийных сигналов должна быть 800–2000 Гц при длительности интервалов 0,2–0,8 с.

Уровень звукового давления сигналов у входа в наружный слуховой проход органов слуха человека на рабочем месте должен быть в пределах полезного динамического диапазона, то есть от 30 до 100 дБ. При маскировке шумом предельно допустимые уровни звукового давления сигналов должны быть от 110 до 120 дБ (табл. 4.8). При изменениях уровня звукового давления шаг измерения должен быть не менее 3 дБ. Уровень звукового давления аварийных сигналов должен быть не выше 100 дБ. Уровень звукового давления предупреждающих сигналов должен быть не выше 80–90 дБ. Уровень звукового давления уведомляющих сигналов должен быть ниже не менее чем на 5 % по отношению к уровню звукового давления аварийных сигналов.

Длительность отдельных сигналов и интервалов между ними должна быть не менее 0,2 с. При изменении длительности звуковых посылок шаг измерения должен быть не менее 25 % по отношению к исходной длительности. Длительность звучания интенсивных звуковых сигналов не должна превышать 10 с.

Модуляция сигналов должна производиться изменениями амплитуды и частоты. При амплитудном модулировании глубина модуляции должна быть не менее 12 %. При частотном модулировании глубина модуляции должна быть не менее 3 % по отношению к несущей частоте.

При маскировке шумом используют звуковые сигналы, частота которых возможно больше отличается от наиболее интенсивных час-

тот шума. Необходимо обеспечивать превышение порога маскировки звуковых сигналов от 10 до 16 дБ (табл. 4.8).

Таблица 4.8 – Предельно допустимые уровни звукового давления сигналов

Диапазон частот тонального сигнала, Гц	Предельно допустимый уровень звукового давления сигналов, дБ	Превышение общего уровня звукового давления сигнала над акустическим шумом, дБ, не менее
200-800	120	10
800-2000	115	13
2000-5000	110	16

При маскировке тональными сигналами используют звуковые сигналы, частота которых максимально отличается от частоты маскирующего тона.

4.12. Словесные сигналы предостережения

Эти сигналы состоят из начального настораживающего сигнала (неречевого) для привлечения внимания и обозначения общей задачи, а также из краткого стандартизированного речевого сигнала (словесного сообщения), который идентифицирует конкретные условия и предлагает соответствующие действия.

Уровень словесных сигналов тревоги для критичных функций должен быть, по крайней мере, на 20 дБ выше уровня помех в месте расположения оператора, принимающего сигнал.

Голос, используемый для записи словесных сигналов предостережения, должен иметь хорошую дикцию и быть хорошо развитым. Словесный сигнал предостережения дается официальным, беспристрастным и спокойным голосом. Слова должны быть разборчивыми, соответствующими смыслу ситуации и краткими. Критичные сигналы предостережения следует повторять с паузой не менее 3 с между сообщениями до тех пор, пока положение не будет исправлено.

Система словесного предупреждения должна иметь блокировку режимов, выполненную таким образом, чтобы не допустить передачи сообщения, не имеющего смысла для существующих в данное время условий.

Громкость звукового сигнала предостережения должна регулироваться оператором или автоматическим механизмом с учетом производственных условий и факторов безопасности операторов. Движение регулятора громкости должно быть ограничено, чтобы любой сигнал был слышен оператору.

В системе предостерегающей сигнализации предусматриваются средства для ручного установления и регулировки громкости. Длительность звуковых сигналов предостережения должна быть не менее 0,5 с и может продолжаться до соответствующей реакции оператора или автомата. Завершение корректирующего действия должно автоматически прекращать сигнал.

В аварийных ситуациях не следует использовать сигналы, которые остаются включенными или нарастают, если их отключение может мешать необходимым корректирующим действиям.

Контрольные вопросы

- 1. В чём заключается работа оператора информационных моделей?*
- 2. К чему привело внедрение систем дистанционного контроля и управления?*
- 3. Что такое информационная модель?*
- 4. Что является существенной компонентом информационной модели?*
- 5. Чем необходимо руководствоваться в работе по созданию информационных моделей?*
- 6. Важнейшие характеристики информационных моделей.*
- 7. Чем обусловлена степень сложности информационной модели?*
- 8. Перечислите пространственные характеристики зрительной информации.*
- 9. Как должно производиться размещение средств отображения в поле зрения наблюдателя с учетом оптимальных углов обзора и зон наблюдения?*
- 10. Оптимальные размеры знаков и их элементов.*
- 11. Допустимый размер букв и цифр при учете точности считывания на фоне других знаков.*
- 12. Оптимальные соотношения основных параметров знака: высоты, ширины, толщины обводки.*

13. Что такое формуляр?
14. Каковы интервалы между элементами формуляра?
15. Какие интервалы рекомендуются между отдельными знаками и столбцами?
16. Какова яркость фона, обеспечивающая наивысшую остроту различения?
17. От чего зависит контрастность изображения?
18. Что такое кодирование информации?
19. Как выбирают яркость знаков с учетом общей освещенности в конкретных условиях труда?
20. Как нужно конструировать визуальные индикаторы?
21. Для какой цели применяют стрелочные индикаторы с рукоятками для установки заданной величины параметра?
22. Где размещается показатель нуля на глубиномерах и на высотомерах?
23. Что такое интегральные индикаторы?
24. Какие средства отображения информации представляют мнемосхемы?
25. Для чего предназначено табло коллективного пользования?
26. Каков принцип действия трехмерных индикаторов?
27. Для чего предназначены сигнализаторы звуковые (неречевых сообщений)?
28. Каковы предельно допустимые уровни звукового давления сигналов?

Глава 5. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ДВИЖЕНИЙ И ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Оптимизация рабочих движений

При создании научных основ проектирования средств деятельности человека в системе «человек – машина» в эргономике и инженерной психологии основное внимание уделялось разработке требований к информационным моделям и средствам предъявления информации и значительно меньше разработке требований к органам управления, которые представляют элементы рабочего места, предназначенные для передачи управляющих воздействий от человека к машине. Для комплексного решения проблемы одинаково важно проектирование на современном уровне как средств предъявления информации, так и органов управления с учетом эргономических требований. Характер, последовательность, темп и ритм рабочих движений во многом задаются формой и конструкцией инструментов, органов управления, машин и другого оборудования, а также организацией рабочих мест.

Поэтому при их конструировании и организации необходимо учитывать следующие правила экономии движений:

- при работе двумя руками движения должны быть по возможности одновременными, симметричными и противоположными по направлению. Одновременность и симметричность движений обеспечивают равновесие всего корпуса, что облегчает выполнение работы;
- проектируемые движения должны быть простыми, плавными и закругленными. Для выполнения рабочей операции необходимо применять наименьшее количество движений;
- траектория рабочих движений не должна выходить за пределы рабочей зоны;
- движения должны отвечать анатомической структуре тела и осуществляться по возможности в зоне зрительного контроля. Каждое движение должно заканчиваться в положении, удобном для начала следующего движения, причем последующее и предыдущее движения должны быть плавно связаны между собой;
- движения должны быть не только простыми, но и ритмичными. Нельзя допускать слишком медленных или слишком быстрых ритмов. При этом следует иметь в виду, что так называемые «нерит-

мичные» движения – это не лишенные ритма движения, а движения либо с отклонениями от заданного ритма, либо нерациональные движения, что отражается на ритме;

- движения должны быть привычными для рабочего. При обучении новой операции или знакомстве с новым оборудованием следует учитывать особенности ранее сформированных у рабочего навыков;

- необходимо создать условия, при которых для преодоления слабых сопротивлений использовались бы малые мышечные группы, а при наличии значительных препятствий включались в действие большие группы мышц;

- с целью уменьшения мышечной работы в максимально возможной степени должна использоваться кинетическая энергия объекта работы.

Не следует проектировать элементы оборудования, требующие приложения больших физических усилий или обуславливающие нерациональные рабочие позы. Так, рабочий не должен длительное время держать руки над головой, так как при этом очень быстро наступает утомление. Очень утомительна также поза, при которой рабочему надо лечь на землю, согнуться или становиться на корточки.

При проектировании оборудования необходимо создать предпосылки для обеспечения рациональных рабочих движений. Поэтому следует проектировать такие орудия труда, которые максимально приспособлены к энергетическим, силовым и скоростным характеристикам и возможностям человека.

Для обеспечения рациональных рабочих движений из трудового процесса необходимо исключить лишние, малоэффективные и утомительные движения и действия, такие, как перекладывание предметов труда или инструмента из одной руки в другую, постоянное подерживание руками деталей во время ее обработки, излишние нагибания, повороты, приседания и другие ненужные движения, вызывающие преждевременное утомление работающих, и выбирать из всех возможных движений наиболее короткие по траектории и требующие минимальных усилий.

При проектировании оборудования следует учитывать некоторые, обусловленные физиологическими, психологическими и анатомическими особенностями человека правила и положения, касающиеся скорости и точности рабочих движений и экономии рабочих усилий.

Скорость рабочих движений необходима там, где требуется быстрая реакция, движение к себе предпочтительнее. Необходимо учитывать, что:

- в горизонтальной плоскости скорость рук быстрее, чем в вертикальном направлении, наибольшая скорость движений сверху вниз, наименьшая от себя – снизу вверх;
- скорость движений слева направо для правой руки больше, чем в обратном направлении;
- скорость движения правой руки больше, чем левой;
- скорость движения под углом к вертикальной и горизонтальной плоскости меньше, чем в этих плоскостях;
- вращательные движения быстрее, чем поступательные;
- движения с большим размахом более быстрые;
- плавные криволинейные движения рук осуществляются быстрее, чем прямолинейные с внезапным изменением направления;
- скорость движения уменьшается с увеличением нагрузки;
- движения, ориентированные механизмами, быстрее, чем движения, ориентированные на глаз;
- движения одной рукой совершаются с наибольшей скоростью под углом 60° к плоскости симметрии, двумя руками – под углом 30° ;
- максимальный темп вращательных движений 4,0 об/с, нажимных движений для ведущей руки – 6,6 нажимов в 1 с, для неведущей руки – 5,3 нажима в 1 с. Максимальный темп ударных движений от 5 до 14 уд/с, оптимальный для длительной работы 3,5 – 5,0 уд/с.

Точность движений:

- точные движения лучше выполняются сидя, чем стоя;
- наибольшая точность движений достигается в горизонтальной плоскости в зоне, расположенной на расстоянии 15–35 см от средней линии тела, при амплитуде движения в локтевом суставе $50-60^\circ$;
- точность попадания рукой в заданную точку составляет 15–20 см в средней зоне ниже груди и 30–40 см в крайних зонах;
- при работе вслепую в горизонтальной плоскости короткие расстояния человеком преувеличиваются, а длинные преуменьшаются, в вертикальной плоскости – преувеличиваются;
- наиболее точно оцениваются движения с амплитудой 8–12 см;
- при движении в вертикальной плоскости ошибок меньше, чем в горизонтальной.

Наилучшие направления движений в этом отношении – влево вверх и вправо вниз под углом 40° к горизонтали;

- точность движений обеих рук при оптимальных для каждой руки амплитудах движений одинаковая, но оптимальные амплитуды для обеих рук различны – для правой руки амплитуда больше, чем для левой, на 4–5°;

- пространственная точность движений при небольшой нагрузке (до 25 % максимального усилия), а наилучшая при значительных усилиях снижается.

Зависимость пространственной точности движений от их скорости следующая:

- для вращательных движений наилучшая точность при скорости 140–200 об/мин, для ударных – 60–70 движений в 1 мин.

Экономия усилий:

- сила, развиваемая рукой, зависит от ее положения: давление и тяга сильнее при движении руки перед корпусом, чем при движении сбоку;

- если при работе используются обе руки, то следует учесть, что сила правой руки больше, чем левой, на 10 % для сгибателей пальцев и на 3–4 % для сгибателей и разгибателей предплечья;

- максимальные усилия в положении «стоя» развиваются на уровне плеча, в положении «сидя» – на уровне локтя;

- наибольшая сила в положении «стоя» развивается движением на себя;

- сила давления больше при согнутой руке, чем при вытянутой;

- сила тяги по горизонтали больше при движении перед собой, чем при движении сбоку;

- в положении «сидя» давление сильнее, чем тяга;

- сила сгибателей предплечья больше при согнутой, чем при вытянутой руке;

- величина усилий, развиваемых рукой в положении «сидя», при движении в различных направлениях, располагается примерно в следующем порядке: давление (горизонтальное), тяга (горизонтальная), движение вверх, движение «вниз», движение «к себе» (сбоку), движение «от себя» (сбоку);

- сила вращения руки зависит от ее положения и направления вращения – при повороте внутрь развивается более значительная сила, чем при обратном движении;

- сила давления ног сидящего человека больше, когда они вытянуты вперед (с тупым углом в коленном суставе), чем при положении с прямым углом в коленном суставе.

В психологии труда движения организуются не только пространственно, но и музыкально, подчиняясь определенному ритму. В свое время обратили внимание на то, что наиболее квалифицированные наборщики при составлении полосы набора из отдельных букв выполняют круговые движения, которые на первый взгляд кажутся менее целесообразными, чем прямолинейные. Между тем круговая (дуговая) линия в большей степени обеспечивает непрерывность ритма и подчиненность движений определенной ритмической структуре.

Поэтому в определенных случаях не самое скорое движение – самое рациональное и не самое короткое движение – то же самое рациональное. Выявление соответствующих закономерностей организации движения возможно только на основе глубокого психологического анализа деятельности.

5.2. Общие требования к органам управления

Каждому типу исполнительных (управляющих) действий оператора свойственны свои биомеханические особенности, учет которых необходим при выборе конструкции и размещении органов управления. Поэтому основное внимание уделяется органам управления, обеспечивающим реализацию решений, принимаемых операторами автоматизированных систем, то есть обеспечивающим ручной ввод информации, ее вызов на устройство отображения и контроля, установку измеряемых или отсчитываемых величин, а также воздействие на исполнительные органы объектов управления (пуск и остановку механизмов, переключение режимов работы и т. п.).

Поскольку различные органы управления могут применяться для осуществления одних и тех же функций, постольку при выборе этих органов следует учитывать удобство их эксплуатации, безопасность, технологичность конструкции, а также принципы технической эстетики. Такой учет представляет собой трудную задачу, так как оцениваемые подобным образом параметры органов управления должны, помимо того, обязательно соответствовать антропометрическим и биомеханическим данным. Результаты совокупной оценки, как правило, обобщаются. На их основе создаются стандарты и нормы, хотя многие из этих результатов еще остаются на уровне общих требований.

Органы управления выбираются с таким расчетом, чтобы направление их движения соответствовало направлению движения связанного с ними индикатора, элемента оборудования или средства передвижения. Движение органа управления вперед, по часовой стрелке, вправо или вверх, а также нажатие на него, должны соответствовать включению оборудования или его элемента, увеличению измеряемой (отсчитываемой) величины, а также движению оборудования или его элементов вперед, по часовой стрелке, вправо или вверх.

Вращающиеся регуляторы клапанов должны открывать клапаны при вращении против часовой стрелки. Органы управления клапанами снабжаются двунаправленными стрелками, показывающими направление закрывания и открывания клапана с соответствующими надписями (например, «Открыто», «Закрыто»).

Если воздействие на органы управления осуществляется в определенной последовательности, то органы управления должны быть соответствующим образом сгруппированы. При этом их следует располагать так, чтобы облегчить оператору работу (сохраняя привычный порядок действия – слева направо и сверху вниз). Особо важные и часто используемые органы управления должны иметь наиболее удобное расположение для их досягаемости и захвата. Это относится в первую очередь к вращающимся органам управления и требующим тонкой установки (настройки).

Органы управления, применяемые исключительно для технического обслуживания и регулировки, относятся к категории редко используемых, поэтому они должны быть закрыты, но вместе с тем легко достигаемы. Органы управления, выполняющие сходные функции, располагаются единообразно на разных панелях. Органы управления, используемые для выполнения одних и тех же функций на различных панелях, должны быть одного и того же размера. Формы органов управления должны легко идентифицироваться и не иметь острых краев.

Органы управления должны быть удобными при работе в рукавицах или перчатках. Для этого размеры органов управления дополнительно уточняются. Если необходимо работать вслепую, органы управления должны кодироваться формой или находиться на расстоянии не менее 12 см от соседних органов управления.

Органы управления конструируются и располагаются таким образом, чтобы их нельзя было случайно сдвинуть. Особое внимание

обращается на критичные органы управления, неосторожное и случайное перемещение которых может привести к повреждению оборудования, ранению операторов или ухудшению системы. Расположенные на внутренней части панели или открытые органы управления следует защищать от случайного срабатывания. Для защиты органов управления от случайного срабатывания в зависимости от конкретных условий необходимо:

- располагать и ориентировать органы управления таким образом, чтобы оператор при нормальном выполнении своих функций не мог случайно задеть или передвинуть их;

- использовать экранирование и другие способы защиты; обеспечить органы управления надежной блокировкой; создать в органах управления механическое сопротивление (то есть вязкое или кулоновское трение, нагрузку пружины или инерцию), чтобы для перемещения органов управления нужно было приложить определенное усилие;

- обеспечивать органы управления замками для предотвращения перехода в запрещенное положение;

- использовать вращающуюся конструкцию органов управления. Автоматический тормоз, который обеспечивает автоматическое переключение системы в некритическое рабочее состояние в случае снятия усилия, применяется во всех случаях, когда оператор не способен выполнить работу, и это может привести к критическому состоянию системы.

5.3. Требования к отдельным видам органов управления

Вращающиеся селекторные переключатели. Их следует использовать для дискретного переключения, когда нужно получить три или более фиксированных положения; не рекомендуется их применять для двухпозиционного переключения. Переключатели, постоянно находящиеся в поле зрения оператора, не должны иметь более 24 фиксированных положений.

Вращающиеся селекторные переключатели снабжаются движущейся стрелкой и неподвижной шкалой. Движущаяся стрелка должна иметь форму полосы с параллельными сторонами и заостренным указательным концом. Кодирование стрелок формой можно использовать при ограниченном пространстве и небольшом вращающем моменте, а

также в тех случаях, когда несколько вращающихся селекторных переключателей, выполняющих различные функции, расположено на одной и той же панели, что может привести к путанице при манипуляциях. Необходимо также учитывать следующие условия:

- там, где это возможно, позиции вращающегося переключателя не следует располагать непосредственно друг против друга;
- в начале и конце диапазона изменения позиций необходимо предусмотреть стопоры;
- механическое сопротивление переключателя должно быть плавным, сначала нарастающим, затем уменьшающимся по мере приближения к фиксированному положению, чтобы переключатель переводился в очередное положение скачком без промежуточных остановок. Влияние трения и инерции должно быть сведено к минимуму.

На вращающихся селекторных переключателях проводится ориентирная опорная линия. Контраст этой линии с цветом самого переключателя должен составлять не менее 50 %. Стрелку переключателя помещают достаточно близко к шкале, чтобы свести к минимуму параллакс между стрелкой и отметками шкалы. При наблюдении из нормального для оператора положения ошибка за счет параллакса не должна превышать 25 % расстояния между отметками шкалы.

При манипулировании переключателем оператор должен хорошо видеть шкалу и стрелку переключателя, причем деления на шкале не должны закрываться рукой. Если ручки переключателей находятся слева от оператора и управляются левой рукой, деления на шкале и надписи размещаются сверху и справа от переключателя; если ручки находятся справа от оператора и управляются правой рукой, деления на шкале и надписи располагаются сверху и слева от переключателя. Отметки часто используемых режимов включения на шкале переключателей должны быть расположены в наиболее удобной для обзора части шкалы. Вращающиеся селекторные переключатели следует размещать в оптимальной рабочей зоне.

В случае групповой установки нескольких одинаковых переключателей они лучше различаются при увеличении расстояния между группами, при введении обозначений выполняемых с их помощью функций при установке между ними других органов управления.

Торцевые переключатели. Торцевые переключатели рекомендуется использовать в качестве компактного устройства цифрового ввода-переключения при одновременном считывании вводимых цифр

для проверки. Использование таких переключателей для каких-либо иных целей нежелательно.

Торцевые переключатели могут быть как дискретного, так и плавного действия в зависимости от конкретного применения. Каждой позиции торцевого переключателя на его окружности соответствуют слегка вогнутая поверхность либо участок накатки, несколько выступающий по сравнению с остальной поверхностью. Торцевые переключатели-колесики плавного действия должны иметь накатку по всей наружной поверхности.

Торцевые переключатели можно кодировать положением, пометками и цветом (например, использованием для колесика с наименее значащей цифрой другого цвета, как в обычных спидометрах). В случае их использования в качестве устройства ввода они должны иметь цветовое кодирование положения «Включено» и «Нормально» для облегчения проверки и контроля.

Конструкция торцевого переключателя должна позволять видеть цифровой отсчет в строку из всех рабочих положений оператора. Торцевые переключатели с дискретным положением снабжаются фиксаторами. Соппротивление этих фиксаторов должно быть плавным, сначала нарастающим, а затем уменьшающимся по мере приближения к фиксированному положению, чтобы переключатель западал в очередное фиксированное положение без задержки.

Расстояние между соседними краями торцевых переключателей должно быть достаточным для того, чтобы предотвратить случайное переключение соседнего переключателя во время нормальной работы.

Поворотные ручки. Они используются тогда, когда требуется прилагать незначительные усилия и когда нужно осуществлять точную регулировку плавно изменяющихся переменных. Если нужно различать положения оборотной ручки, то на ней предусматривают указатель или метку. При крайней ограниченности размеров панели размеры ручек должны приближаться к минимальным, и сопротивление ручек вращения должно быть как можно меньше, однако случайное прикосновение к ним не должно изменять их положение.

Рукоятки и маховички. Под рукояткой обычно понимается как часть любого органа управления, которую человек непосредственно захватывает рукой (рукоятка тумблера, рычага, кривошипа и т. д.), так и самостоятельный орган управления (собственно рукоятка). Формы собственно рукоятки весьма разнообразны. Они могут быть

плоскими, удлинёнными, в форме «клювика» и т. д. Характерной особенностью этих рукояток является то, что для вращения их захватывают пальцами с обеих сторон оси.

Собственно рукоятки чаще всего используются для плавной или ступенчатой регулировки параметра, для включения или выключения, а также в качестве многопозиционных переключателей. Для повышения точности управления сопротивление рукояток усилию оператора должно составлять 0,7–1,2 кг. При их переключении оператор должен ощущать переход через фиксационную точку (точки), но дополнительное усилие в момент перехода должно быть не более 10 % основного.

Величина рукояток зависит от прилагаемого усилия. Так, для усилий, равных 0,13–0,19 кг/м, диаметр рукоятки составляет 75 мм, а для усилий от 0,19 до 0,25 кг/м – 100 мм. Максимальный диаметр рукоятки составляет не более 140 мм, минимальный – не менее 12 мм. Рекомендуемый диаметр рукояток, захватываемых тремя пальцами, – 10–16 мм. Эти рукоятки позволяют за один перехват произвести поворот на 100–120°.

В случае использования стержневых рукояток для ступенчатого переключения минимальный интервал между позициями должен быть не менее 45°, а каждая из позиций иметь фиксатор. Сопротивление фиксаторов при переводе переключателей из одного положения в другое следует постепенно изменять в пределах от 0,06 до 0,01 кг/м.

Рукоятки для операций регулирования и настройки, не требующие большой точности, могут выполняться в форме ключей, работающих по принципу «больше – меньше», если средняя частота управляющих действий не превышает одного действия за 20–30 с.

Рукоятки ключей окрашиваются в такой же цвет, как и соответствующие им мнемознаки. Рукоятки следует монтировать на панелях пульта так, чтобы рука при этом не закрывала надписей и индикаторов. Поэтому все обозначения и надписи при расположении рукояток слева и управляемых левой рукой должны размещаться сверху и справа от рукоятки, а при размещении рукояток справа и управляемых правой рукой – сверху и слева.

Кривошипные рукоятки применяются главным образом в тех случаях, когда операции управления требуют выполнения многих оборотов, в особенности с высокой скоростью или с приложением большого усилия. При необходимости кривошипные рукоятки можно

устанавливать на ручки или маховички. Кривошипная ручка служит для быстрого проворачивания, а ручка или маховичок для точной регулировки. Если кривошипные ручки используются для настройки или других целей, требующих выбора цифр, каждый оборот ручки должен соответствовать значениям, кратным 1; 10; 100 и т. д. Рукоятка кривошипа должна свободно вращаться вокруг своей оси.

Маховички, предназначенные для работы двумя руками, используются, когда вращательное усилие или момент сдвига велики для работы одной рукой, маховичок в этом случае должен быть снабжен двумя ручками. Для увеличения сцепления с рукой оператора маховичок имеет накатку или рифление.

Маховички должны вращаться по часовой стрелке для выполнения операций «Включено» или «Увеличить» и против часовой стрелки для операций «Выключено» или «Уменьшить». Направление движения указывается на маховичке или в непосредственной близости от него стрелкой с соответствующей надписью.

Кнопки и клавиши. Кнопки применяют для быстрого включения и выключения аппаратуры, для ввода цифровой или логической информации и команд, в особенности при частом выполнении этих действий.

Поверхность кнопки должна иметь вогнутую форму, соответствующую строению пальца, и рифление для предотвращения соскальзывания. Для часто используемых кнопок наиболее удобна четырехугольная форма с закругленными углами или закругленной верхней кромкой. Редко применяемые кнопки могут иметь круглую форму. Конструкция кнопки должна обеспечивать оператору ощущение щелчка, слышимый щелчок или и то и другое. Если случайное включение или выключение кнопки может создать аварийную ситуацию, кнопку следует углубить или снабдить защитной крышкой.

Нормальным положением для кнопок клавиш является размещение их на уровне локтя сидящего оператора (локоть согнут под углом 90° , предплечье расположено горизонтально). Кнопки целесообразно размещать на панели, наклонной к поверхности стола. Оптимальный угол наклона клавиатуры кнопочного пульта составляет 15° к горизонтальной плоскости. Расстояние между соседними краями кнопок, за исключением кнопок, используемых в клавиатуре, должно быть не менее 12 мм (при работе одним пальцем последовательно не менее 6 мм). Минимальный диаметр кнопок под указательный палец

составляет 9 мм, под большой палец – 18 мм. Усилие нажатия для часто используемых кнопок равно 280–1100 г, для редко используемых – до 1500 г.

Цвет кнопок должен контрастировать с цветом панели: на панели темного цвета кнопки делают светлыми (белого, серого или бежевого цвета). Светлый фон панели требует окраски кнопок в более темные или яркие насыщенные цвета.

Для ввода цифровой информации часто используются десятиместные кнопочники, каждая кнопка которого служит для ввода в канал связи (ЭВМ) одной цифры. На кнопочнике имеется также специальная кнопка «Сброс» для отмены неверно набранной информации. Если цифровая информация, предназначенная для передачи, укладывается в пределы одного десятка, кнопочник устанавливается горизонтально, а кнопка сброса размещается справа. Если же требуется передавать многозначные числа, кнопочники устанавливаются вертикально в виде параллельных столбцов так, чтобы одинаковые цифры располагались в одном горизонтальном ряду. Это позволяет набирать цифры по разрядам десятичной (или иной принятой) системы счисления. Нумеровать кнопки следует сверху вниз. Кнопка «Сброс» находится внизу кнопочника. Расстояние между двумя столбцами должно быть не меньше диаметра кнопки.

Для ввода логической или командной информации рекомендуется горизонтальная установка кнопочника с последовательным расположением команд слева направо. Связь между командами следует кодировать, как правило, формой или цветом кнопок. Для кодирования не рекомендуется использовать более четырех цветов. На всех кнопках должно быть краткое обозначение вводимой информации или команды. Особо важные и аварийные команды вводятся минимальным числом кнопок. Такие кнопки выделяются размером, формой и цветом. Размещаются они в верхней части оптимальной рабочей зоны изолированно от остальных кнопок во избежание случайного их включения. Для включения и выключения аппаратуры, а также для ввода набранной на кнопочниках информации в канал связи или в ЭВМ (кнопка «Ввод») и для отмены ошибочно введенной информации или команды (кнопка «Отмена»), можно использовать как кнопки, так и клавиши.

Клавиша (кнопка) «Ввод» располагается в оптимальной рабочей зоне правее или ниже кнопочников, на которых набирается переда-

ваемая информация. Клавиша (кнопка) «Отмена» имеет тот же размер и форму, что и клавиша «Ввод», но отличается от нее цветом.

Кнопки (клавиши) включения и выключения аппаратуры размещаются на пульте в соответствии с частотой их использования в процессе оперативной работы. Если включения и выключения производятся только до работы и после нее, соответствующие кнопки (клавиши) могут располагаться вне рабочей зоны.

При наличии на панели или пульте большого числа кнопок их рекомендуется группировать. Количество кнопок в группах как по горизонтали, так и по вертикали, следует выбирать кратным 5. При логическом группировании кнопок и клавиш кнопки рекомендуется размещать под горизонтально расположенной клавишей или справа от клавиши, расположенной вертикально.

Ножные кнопки должны нажиматься подушечками пальцев ног, а не пяткой. Если позволяет место, ножные кнопки следует заменять или дополнять педалями, помогающими определять местоположение органа управления. Рабочие поверхности ножных кнопок снабжаются насечкой для увеличения трения. Конструкция кнопки должна обеспечивать оператору ощущение щелчка, слышимый щелчок, световой или звуковой сигнал. Для выполнения операции «Включение» могут использоваться ножная нажимная кнопка или ножной рычаг-выключатель.

Рекомендуются следующие размеры ножных кнопок: оптимальный размер – 50–80 мм, величина утапливания – 30–50 мм. Необходимое усилие должно находиться в пределах 2–9 кг. На одном рабочем месте не должно использоваться более двух ножных кнопок.

Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Указанные органы управления представляют устройство для коммутации электрических цепей, приводимых в действие переводением приводного элемента из одного фиксированного положения в другое пальцами руки человека-оператора.

Выключатели и переключатели типа «Тумблер» применяются для осуществления операций быстрого включения и выключения, выбора диапазонов в случаях, когда необходим зрительный контроль положения переключателя.

Форма и размеры приводного элемента выключателей и переключателей типа «Тумблер» должны соответствовать антропометрическим данным пальцев человека и физиологическим свойствам, а

также обеспечивать максимальное удобство захвата приводного элемента в процессе управления.

Форма приводного элемента выключателей и переключателей типа «Тумблер» должна быть конусообразной или цилиндрической (цилиндрическую часть на конце приводного элемента допускается выполнять в виде «шарика» или «лопатки»). Для случаев, когда необходимо кодирование, форма приводного элемента может быть любой, но удовлетворяющей требованиям в плане прилагаемых усилий. Допускается также кодирование цветной меткой на торце приводного элемента.

В выключателях и переключателях типа «Тумблер» при переводе приводного элемента в другую позицию должна быть обратная связь, ощущаемая в виде «щелчка». Положение приводного элемента выключателей и переключателей типа «Тумблер» «Вверх» или «Вправо» должно соответствовать функциональному состоянию «Включено», положение приводного элемента «Влево» или «Вниз» – состоянию «Выключено». При расположении выключателей и переключателей типа «Тумблер» в ряд не допускается расположение такого ряда «по вертикали» или «вглубь» панели от оператора.

Для обозначения функции приводных элементов выключателей и переключателей типа «Тумблер» необходимо применять надписи и символы. Располагать надписи и символы следует на панели управления в непосредственной близости от приводных элементов с любой стороны при условии, что сами приводные элементы, а также рука человека-оператора, не будут перекрывать обозначение во время манипулирования приводными элементами.

По прилагаемым усилиям переключатели и выключатели типа «Тумблер» делятся на два типа: «легкие» – усилия до 0,7 кг; «тяжелые» – усилия выше 0,7 кг. Размеры приводного элемента зависят от величины прилагаемого усилия и должны соответствовать размерам, приведенным в таблице 5.1.

В двухпозиционном переключателе типа «Тумблер» угол перемещения приводного элемента (по средней линии) из одного положения в другое должен составлять 40–60°, в трехпозиционном – 30–50°.

Таблица 5.1 – Размеры приводного элемента тумблеров

Тип тумблера	Усилие, кг	Длина ПЭ, мм	Диаметр, мм	Примечание
«Легкий»	0,2	10	3	Тумблеры широкого применения
	0,3	12	5	
	0,5	15	6	
	0,7	20	8	
«Тяжелый»	1,0	25	10	Тумблеры специального применения
	1,5	30	12-15	
	2,0	35	15	
	2,5	45-50	18	

Для усилий, превышающих 2,5 кг, следует применять выключатели и переключатели типа «Рычаг». На рабочей поверхности приводных элементов не должно быть острых кромок и граней. При размещении тумблеров на панели управления минимальное расстояние между осевыми линиями приводных элементов должно быть 12 мм, при работе в перчатках 25 мм. Если приводные элементы перекидываются в противоположных направлениях, их концы должны быть удалены друг от друга на расстояние не менее чем на 19 мм.

Клавиши с надписями. К этим органам управления предъявляются следующие требования:

- для надежного указания о срабатывании клавиши с надписями должны иметь фиксатор или защелку;
- надпись на клавише должна хорошо читаться при освещении только одной лампой;
- должна предусматриваться проверка подсвета нажимом;
- лампы подсвета или нити накаливания должны быть резервированы;
- лампы подсвета клавиши с надписями должны заменяться с передней стороны панели;
- крышки с надписями должны снабжаться направляющими для предотвращения возможности их неправильной установки;
- на пластинке с надписями допускается не более трех строк.

Рычаги. Рассматриваются органы управления, предназначенные для выполнения ступенчатых переключений и плавного динамического регулирования одной или двумя руками. Минимальная длина

свободной части рычага управления (вместе с рукояткой) в любом его положении должна быть не менее 50 мм для захвата пальцами и 150 мм для захвата всей кистью.

Форма, размер рукояток рычагов должны обеспечивать максимальное удобство их захвата и надежного удержания в процессе управления. При этом предпочитают рукоятки с плавными округлыми формами (близкими к шаровидной и удлиненно-цилиндрической), тщательно обработанной гладкой или рифленой поверхностью без острых углов и заусенцев. Рукоятки рычагов, используемых в условиях низкой температуры окружающей среды, должны изготавливаться из материалов или покрываться материалами, которые обладают низкой теплопроводностью.

Для одновременного выполнения нескольких управляющих действий (более чем в двух измерениях) допускается применять рычаги управления в комбинации и едином конструктивном исполнении с другими типами органов управления (штурвалом, кнопкой, защелкой и др.). Каждый из них должен отвечать своим специфическим эргономическим требованиям.

Рычаги управления необходимо устанавливать на рабочем месте так, чтобы их рукоятки при любом положении рычага находились в пределах зоны досягаемости моторного поля оператора с учетом требований безопасности. Рукоятки рычагов, перемещаемых одной рукой, необходимо размещать на стороне соответствующей действующей правой или левой руке в пределах досягаемости при сгибе ее в локтевом суставе под углом 90–135° и приложении усилия по направлению прямо «на себя» – «от себя».

Рукоятки рычагов, перемещаемых двумя руками, размещают в плоскости симметрии сиденья с отклонениями не более 50 мм. Направление перемещения рукоятки рычага должно определяться в зависимости от характера и особенностей управления при соблюдении соответствия с направлением движения управляемого объекта и соответствующего указателя индикатора.

Для использования рычагов точного и непрерывного регулирования в отдельных случаях (при наличии сотрясений, вибраций, ускорений и др.) должна быть обеспечена опора:

- локтю – при больших (широких) движениях кистью с предплечьем;

- предплечью – при движениях кистью;
- запястью – при движениях пальцами.

Кодирование рукояток рычагов управления, в том числе и рычагов специального назначения (аварийных, противопожарных и др.), а также рычагов, объединенных в функциональные группы, необходимо проводить выбором соответствующей формы, размера и цвета, а также расположением. Рычаги управления должны иметь хорошо видимые надписи, обозначающие их назначение, а также указатели положения, направления перемещения и его следствия, помещаемые как непосредственно на рычагах, так и рядом с ними.

Рычаги, применяемые для дискретных (ступенчатых) переключений, должны иметь надежную фиксацию промежуточных и конечных положений. В необходимых случаях конечные положения рычага должны быть ограничены специальным стопором (упором). Рычаги управления должны быть установлены так, чтобы при их перемещении исключалась возможность случайного включения (выключения) смежного рычага. Основные размеры рукояток рычагов управления в зависимости от их форм и способа захвата должны находиться в пределах, указанных в таблице 5.2.

Значения усилий, прилагаемых к рукояткам рычагов управления, в зависимости от способа их перемещения и частоты использования должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.3. При перемещении рычага чаще 2 раз в 1 мин прикладываемое к рукоятке усилие должно быть не более 50 % от указанного в таблице 5.3. Усилие, прикладываемое к рукоятке рычага ручного привода в момент запираения запорного органа или сдвиге (перемещении), не должно превышать 45 кг.

Интервалы между рукоятками смежных рычагов управления, расположенных в одной плоскости, должны быть не менее:

- 50 мм – при перемещениях одной рукой последовательно или в случайном порядке;
- 100 мм – при перемещении одновременно двумя руками;
- 130 мм – при работе в рукавицах или перчатках;
- 150 мм – при отсутствии визуального контроля за рычагами.

Таблица 5.2 – Основные размеры рукояток рычагов управления

Форма рукоятки	Диаметр, мм				Высота, мм			
	для захвата пальцами		для захвата кистью		для захвата пальцами		для захвата кистью	
	Предельное значение	Оптимальное значение	Предельное значение	Оптимальное значение	Предельное значение	Оптимальное значение	Предельное значение	Оптимальное значение
Округлая (шаровидная, грушевидная, коническая и др.)	10-40	30	35-50	40	15-60	40	40-60	50
Удлиненная (веретенообразная, цилиндрическая и др.)	10-30	20	20-40	28	30 - 90	50-60	80-130	100

Таблица 5.3 – Значения усилий, прилагаемых к рукояткам рычагов управления, в зависимости от способа их перемещения и частоты использования

Способ перемещения рычага	Частота использования	
	более 5 раз за смену	менее 5 раз за смену
	Усилие, кг, не более	
Пальцами	1	3
Кистью	2	4
Кистью с предплечьем	3	6
Всей рукой	6 (4)	15 (7)
Двумя руками	9	25 (14)

Примечание. В скобках указано значение усилия при движениях вправо-влево и вверх-вниз.

Педали. Эти органы управления часто используются в конструкции рабочих мест транспортных средств, когда руки оператора заняты. Педаль служит как для ввода дискретных сигналов, так и для

непрерывного регулирования параметров. При небольшой точности действий с помощью педалей могут быть получены значительные усилия.

Педали конструируются таким образом, чтобы они возвращались в нулевое положение после прекращения действия на них силы. Когда угол педали с горизонтальной плоскостью составляет более 20° , следует использовать опору для пятки. Педали должны быть покрыты нескользким материалом. Их длина и ширина должны быть примерно равны максимальным размерам стопы (в соответствующей обуви).

Контрольные вопросы

- 1. Каковы основные правила экономии движений?*
- 2. Какие предпосылки необходимо учитывать при конструировании органов управления, машин и другого оборудования?*
- 3. Какие предпосылки необходимо учитывать при проектировании оборудования для обеспечения рациональных рабочих движений?*
- 4. Каковы предпочтительные направления рабочих движений?*
- 5. Когда движения одной рукой совершаются с наибольшей скоростью?*
- 6. От чего зависит сила, развиваемая рукой?*
- 7. Какому ритму подчиняются движения?*
- 8. Как конструируются и располагаются органы управления?*
- 9. Для чего используются вращающиеся селекторные переключатели?*
- 10. Где применяются торцевые переключатели?*
- 11. Когда используются поворотные ручки?*
- 12. Когда чаще всего используются рукоятки?*
- 13. Каково сопротивление рукояток усилию оператора.*
- 14. Оптимальный угол наклона клавиатуры кнопочного пульта к горизонтальной плоскости.*
- 15. Что представляют выключатели и переключатели типа «Тумблер»?*
- 16. Кодирование рукояток рычагов управления в функциональные группы.*
- 17. Основные размеры рукояток рычагов управления.*

Глава 6. ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

6.1. Основные положения системы управления безопасностью труда на предприятии

Безопасность труда – это такое состояние условий труда, при котором с определенной вероятностью исключено воздействие на человека опасных и вредных производственных факторов. Непосредственным объектом управления служит уровень обеспечения безопасности труда в системе «человек – техника – производственная среда», а также состояние условий и безопасности труда на рабочих местах, производственных участках и в цехах предприятия. Причем управление должно быть направлено как на формирование безопасных условий труда при проектировании и сооружении новых производственных объектов, так и на улучшение уже сложившихся условий труда, повышение безопасности в действующем производстве.

Все факторы, воздействующие на обеспечение безопасности труда, подразделены на организационные, технические, санитарно-гигиенические и психофизиологические факторы.

Организационные факторы:

- профотбор работников;
- организация инструктажа и обучение работников безопасности труда;
- обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;
- организация санитарно-бытового и лечебно-профилактического обслуживания работников;
- формы и методы организации труда (индивидуальная, бригадная, сменность, режим труда и отдыха);
- организация обслуживания и содержание рабочих мест (компоновка и оснащение рабочего места);
- состояние оргтехоснастки, ручного и вспомогательного инструмента;
- безопасность складирования материалов, заготовок, деталей и готовых изделий;
- уборка рабочего места;
- содержание в безопасном состоянии зданий, сооружений, территории участка, цеха и предприятия;
- организация управления безопасностью труда.

Технические факторы:

- безопасность конструкции технологического оборудования (соответствие основных элементов конструкции, органов управления, средств защиты требованиям ГОСТов ССБТ и других нормативно-технических документов);
- безопасность конструкции технологической оснастки (приспособлений, инструмента и др.);
- безопасность конструкции грузоподъемных машин, транспортных средств и грузозахватных устройств;
- безопасность конструкции ручного механизированного инструмента;
- соблюдение сроков планового ремонта, поддержание в исправном состоянии технологического оборудования;
- исправное состояние технологической оснастки;
- исправное состояние электрооборудования и средств защиты от электрического тока;
- исправное состояние подъемно-транспортного оборудования, тары и грузозахватных устройств;
- безопасная эксплуатация внутризаводского транспорта и сосудов под давлением;
- выбор безопасных технологических методов и режимов работы;
- комплексная механизация и автоматизация, роботизация операций;
- выбор исходных материалов и производственного оборудования;
- размещение оборудования и организация рабочих мест;
- выбор безопасных способов транспортирования продукции и отходов;
- выбор средств коллективной и индивидуальной защиты;
- включение средств коллективной и индивидуальной защиты;
- включение требований безопасности в технологическую документацию;
- контроль выполнения требований безопасности.

Санитарно-гигиенические факторы:

- микроклимат на рабочем месте (эффективно-эквивалентная температура;

- чистота воздуха рабочей зоны;
- условия естественного и искусственного освещения;
- уровень вибрации;
- уровень производственного шума;
- инфракрасное излучение;
- электромагнитные излучения;
- ионизирующее излучение.

Психофизиологические факторы:

- тяжесть и напряженность труда (статическая и динамическая физическая нагрузка, рабочая поза, напряженность зрения, длительность сосредоточения наблюдения, число важных объектов наблюдения, темп работы, число информационных сигналов, монотонность, режим труда и отдыха, нервно-эмоциональная нагрузка);
- соответствие психофизиологических возможностей человека, индивидуальных особенностей его организма характеру выполняемой работы (антропометрические особенности, скорость и точность реакций, устойчивость внимания, личностные качества и др.);
- профессиональная подготовленность работников (обученность, освоение безопасных приемов труда, знание правил и инструкций по охране труда);
- применение средств индивидуальной защиты, выполнение требований инструкций по охране труда и технологической документации;
- соблюдение трудовой и производственной дисциплины.

Приведенный классификатор охватывает все основные факторы, влияющие на безопасность трудовой деятельности. Иерархия целей системы управления безопасностью труда (СУБТ) соответствует классификации технических, организационных, санитарно-гигиенических и психофизиологических факторов, воздействующих на безопасность труда в механизированном производстве. Дальнейшее развитие и совершенствование СУБТ на промышленных предприятиях в условиях рыночной экономики с учетом новых принципов государственной политики в области охраны труда будет содействовать более эффективному решению проблемы безопасности трудовой деятельности человека.

6.2. Производственная санитария

6.2.1. Микроклимат производственных помещений

Нормируемые параметры микроклимата

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата на рабочем месте. Люди располагают качественными системами управления факторами воздушной среды внутри производственных помещений.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»). Требования этого государственного стандарта установлены для рабочих зон – пространств высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного и временного пребывания работающих. Постоянным считают рабочее место, на котором человек находится более 50 % рабочего времени (или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Факторы, влияющие на микроклимат, можно разделить на две группы:

- нерегулируемые (комплекс климатообразующих факторов данной местности);
- регулируемые (особенности и качество строительства зданий и сооружений, интенсивность теплового излучения от нагревательных приборов, кратность воздухообмена, количество людей и животных в помещении и др.).

Для поддержания параметров воздушной среды рабочих зон в пределах гигиенических норм решающее значение принадлежит факторам второй группы. ГОСТ 12.1.005-88 установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия. При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции.

При этом ощущается тепловой комфорт, обеспечивается высокий уровень работоспособности. Такие условия предпочтительны на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не нарушается состояние здоровья, но возможны дискомфортные ощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В таблице 6.1 приведены параметры микроклимата производственных помещений. Они зависят от степени тяжести выполняемых работ и периода года. Оптимальные параметры микроклимата распространяются на всю рабочую зону производственных помещений без разделения рабочих мест на постоянные и непостоянные. Если по технологическим требованиям, технически и экономически обоснованным причинам оптимальные параметры микроклимата не могут быть обеспечены, то устанавливают пределы их допустимых значений по таблице 6.2.

При характеристике помещения по категории выполняемых работ (уровня энергозатрат) ориентируются на те категории, которые выполняются работниками на 50 % и более.

Кроме указанных в таблице 6.1 параметров микроклимата, нормируется также интенсивность теплового облучения работников. Допустимое значение теплового облучения на постоянных и непостоянных рабочих местах не должно превышать 35 Вт/м^2 , если в зоне облучения находится 50 % и более поверхности тела. Но если в зоне облучения находится от 25 до 50 % поверхности тела, то предел допустимой интенсивности облучения составляет 70 Вт/м^2 , а при облучении менее 25 % поверхности тела – 100 Вт/м^2 . Интенсивность открытых источников теплового излучения (пламя, нагретый металл и т. п.) не должна превышать 140 Вт/м^2 при облучении не более 25 % поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе лица и глаз.

Нагрев кожи человека до 45°C вызывает ее повреждение и болевые ощущения, а при температуре 52°C происходит необратимое

свертывание белков тканей. Поэтому в целях профилактики тепловых травм температура нагретых поверхностей машин, оборудования или ограждающих их конструкций должна быть не выше 45 °С.

Таблица 6.1 – Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений* при относительной влажности воздуха в диапазоне 40–60 %

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	I а (до 139)	22-24	21-25	0,1
	I б (140-174)	21-23	20-24	0,1
	II а (175-232)	19-21	18-22	0,2
	II б (233-290)	17-19	16-20	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	0,3
Теплый	I а (до 139)	23-25	22-26	0,1
	I б (140-174)	22-24	21-25	0,1
	II а (175-232)	20-22	19-23	0,2
	II б (233-290)	19-21	18-22	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	0,3

*Санитарные правила и нормы. 2.2.4.548-96.

Допустимые перепады температуры воздуха по высоте рабочей зоны не должны превышать 3 °С для работ всех категорий, по горизонтали 4 °С для легких работ, 5 °С – для работ средней тяжести, 6 °С – для тяжелых работ. Во всех случаях абсолютные значения температуры воздуха, измеренной на разной высоте и в различных участках производственных помещений в течение смены, должны входить в пределы, которые представлены в таблицах 6.1–6.2.

Необходимо отметить, что параметры воздушной среды животноводческих и птицеводческих зданий регламентированы нормами технологического проектирования и направлены на получение максимальной продуктивности поголовья, содержащегося в таких постройках. Поэтому требования ГОСТ 12.1.005-88 не распространяются на воздух рабочей зоны в этих зданиях, а также в помещениях для хранения сельскохозяйственной продукции.

**Таблица 6.2 – Допустимые значения параметров микроклимата
на рабочих местах производственных помещений
при относительной влажности воздуха в диапазоне 15–75 %***

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Скорость движения воздуха, м/с**	
		ниже оптимальных значений	выше оптимальных значений		Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных значений	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных значений
Холодный	I а (до 139)	20-21,9	24,1-25	19-26	0,1	0,1
	Iб 140-174)	19-20,9	23,1-24	18-25	0,1	0,2
	IIа (175-232)	17-18,9	21,1-23	16-24	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15-16,9	19,1-22	14-23	0,2	0,4
	III(более 290)	13-15,9	18,1-21	12-22	0,2	0,4
Теплый	I а (до 139)	21-22,9	25,1..28	20-29	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20-21,9	24,1-28	19-29	0,1	0,3
	IIа (175-232)	18-19,9	22,1-27	17-28	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16-18,9	21,1-27	15-28	0,2	0,5
	III(более 290)	15-17,9	20,1..26	14-27	0,2	0,5

**При температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые значения относительной влажности должны быть не более 70 % при 25 °С, 65 – при 26 °С, 60 – при 27 °С, 55 % – при 28 °С.*

***При температуре воздуха 26–28 °С скорость движения должна соответствовать 0,1–0,2 м/с для работ категории I а; 0,1–0,3 – для работ категории I б; 0,2–0,4 – для работ категории IIа; 0,2–0,5 м/с – для работ категорий IIб и III.*

6.2.2. Терморегуляция организма человека

Между человеком и окружающей его средой постоянно происходит теплообмен. Температура тела лежит в пределах 36,1–37,2°C. Перегрев или переохлаждение приводит к нарушениям жизненных функций и заболеваниям. Терморегуляция обеспечивается изменением теплопродукции и теплоотдачи. На тепловой баланс организма существенно влияет теплоотдача, как наиболее управляемая и изменчивая. Теплообразование организма человека в состоянии относительного покоя при температуре воздуха 15–25 °C сохраняется приблизительно на одном и том же уровне. С понижением температуры оно увеличивается, а при ее повышении с 25 до 35 °C уменьшается. При температуре более 40 °C выработка теплоты начинает увеличиваться. Эти данные свидетельствуют о том, что регуляция производства теплоты в организме главным образом происходит при пониженных температурах окружающей среды.

Теплопродукция возрастает при выполнении физической работы, причем тем больше, чем тяжелее работа. Усредненные значения теплопродукции взрослого человека в зависимости от температуры окружающего воздуха и тяжести выполняемой работы приведены в таблице 6.3.

Различают три вида теплоотдачи организма человека:

- излучение (в виде инфракрасных лучей, испускаемых поверхностью тела в направлении предметов с меньшей температурой);
- конвекция (нагревание омывающего поверхность тела воздуха);
- испарение влаги с поверхности кожи, слизистых оболочек верхних дыхательных путей и легких.

Процентное соотношение между этими видами теплоотдачи человека, находящегося в нормальных условиях в состоянии покоя, выражается следующими цифрами: 45/30/25. Однако данное соотношение может изменяться в зависимости от конкретных значений параметров микроклимата и тяжести выполняемой работы.

Таблица 6.3 – Теплопродукция человека в зависимости от температуры воздуха и тяжести выполняемой работы

Температура воздуха, °С		Теплопродукция, Дж/с	
Состояние покоя		Работа средней тяжести	
10	103,7	10	332,0
18	103,7	18	334,1
28	112,1	28	354,3
35	116,2	35	359,1
45	119,7	45	354,3
Легкая работа		Тяжелая и очень тяжелая работа	
10	179,6	0	735,0
18	179,6	22	650,1
22	176,8	32	500,4
35	197,0	45	696,0
45	204,6	-//-	-//-

Теплоотдача излучением происходит только в том случае, когда температура окружающих предметов ниже температуры открытых участков кожи (32–34,5 °С) или наружных слоев одежды (27–28 °С – для легко одетого человека, 24 °С – для человека в зимней одежде). Основная часть излучения относится к инфракрасному диапазону с длиной волны (4–50) 10^{-6} м. При этом теряемое организмом в единицу времени количество теплоты, Вт, составит

$$P_p = S \cdot \delta (T_q^4 - T_o^4), \quad (6.1)$$

где S – площадь поверхности тела человека, м^2 . Если масса и рост человека неизвестны, то принимают $S = 1,5 \text{ м}^2$;

δ – приведенный коэффициент излучения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$: для хлопчатобумажной ткани $\delta = 4,2 \cdot 10^{-8}$, для шерсти и шелка $\delta = 4,3 \cdot 10^{-8}$, для кожных покровов человека $\delta = 5,1 \cdot 10^{-8}$;

T_q – температура поверхности тела человека: для раздетого человека 306 К (33 °С);

T_o – температура окружающей среды, К.

Теплоотдача конвекцией также происходит в случае, если температура поверхности кожи или верхних слоев одежды выше температуры омывающего их воздуха. При отсутствии ветра прилегаю-

щий к поверхности кожи раздетого человека слой воздуха толщиной 4–8 мм нагревается за счет его теплопроводности. Более отдаленные слои нагреваются вследствие естественного движения воздуха или принудительного побуждения. С увеличением скорости движения воздуха толщина окружающего человека пограничного слоя уменьшается до 1 мм, а теплоотдача поверхности тела возрастает в несколько раз.

Потери теплоты конвекцией через дыхательные пути меньше, чем от кожного покрова, и происходят в тех случаях, когда температура вдыхаемого воздуха ниже температуры тела. Теплоотдача конвекцией повышается с ростом барометрического давления. Потери теплоты в единицу времени конвекцией, Дж/с, можно определить по формуле

$$P_{\kappa 1} = 7 \cdot (0,5 + \sqrt{V}) \cdot S \cdot (T_q - T_0) \quad (6.2)$$

или

$$P_{\kappa 2} = 8,4 \cdot (0,273 + \sqrt{V}) \cdot S \cdot (T_q - T_0), \quad (6.3)$$

где V – скорость движения воздуха.

Формулу (6.2) используют при $V \leq \text{м/с}$, формулу (6.3) – при $V > 0,6 \text{ м/с}$. В результате испарения организм в сутки теряет в среднем около 0,6 л воды. Поскольку на испарение 1 г воды затрачивается приблизительно 2,5 кДж теплоты, то потери ее за сутки составят приблизительно 1500 кДж. С увеличением температуры воздуха и степени тяжести работы за счет более активного проникновения жидкости через стенки оплетающих потовые железы артериальных сосудов и нервной регуляции потоотделение усиливается, достигая за смену 5 л, а в некоторых случаях 10–12 л. Отдача теплоты также возрастает.

При слишком интенсивном выделении пот не всегда успевает испариться, и влажный слой на коже препятствует теплоотдаче, приводя к перегреванию организма. Кроме влаги, с потом человек теряет большое количество солей и витаминов, что приводит к сгущению крови и ухудшению работы сердца. При потере количества воды, равного 1 % общей массы тела, у человека возникает чувство сильной жажды, утрата 5 % воды приводит к потере сознания, 10 % – к смерти.

Через дыхательные пути испаряется около 300–350 г влаги в сутки, что приводит к потере 750–875 кДж теплоты. Общие потери теп-

лоты испарением в единицу времени (Дж/с) можно приближенно определить по формуле

$$P_u = 0,6547q \cdot (1 + k_{\text{л}}), \quad (6.4)$$

где q – интенсивность выделения пота, г/ч; $k_{\text{л}}$ – коэффициент пересчета теплоотдачи через легкие, зависящий от температуры окружающего воздуха: при 0 °С $k_{\text{л}} = 0,43$, при 18 °С $k_{\text{л}} = 0,3$, при 28 °С $k_{\text{л}} = 0,23$, при 35 °С $k_{\text{л}} = 0,035$, при 45 °С $k_{\text{л}} = 0,015$.

К показателям, характеризующим тепловое состояние человека, относятся температура тела, температура поверхности кожи и ее топография, теплоощущения, количество выделяемого пота, состояние сердечно-сосудистой системы и уровень работоспособности. Теплоощущения человека чаще всего оценивают по пяти- или семибалльной шкале:

- по пятибалльной – «холодно», «прохладно», «комфорт», «тепло», «жарко»;

- семибалльной – «очень холодно», «холодно», «прохладно», «комфорт», «тепло», «жарко», «очень жарко».

Эти ощущения человека зависят также от термического сопротивления R_T его одежды, представляющего собой отношение толщины слоя одежды (толщина хлопковых тканей колеблется в пределах 0,10–0,22 мм, шелковых – 0,04–0,07 мм) к коэффициенту теплопроводности материала X , из которого она сделана. Для натурального шелка $A = 0,043$ – $0,053$ Вт/(м·К), шерстяной ткани – 0,052, льняной ткани – 0,088, кожи – 0,15, для капрона – $X = 0,24$ Вт/(м·К).

По семибалльной шкале тепловые ощущения человека, одетого в тонкие брюки, рубашку с длинным рукавом, легкое нижнее белье и выполняющего в помещении не менее 3 ч легкую работу в сидячем положении, можно оценить по формуле

$$B_7 = 0,243t + 0,049p - 2,803, \quad (6.5)$$

где B_7 – число баллов (по семибалльной шкале), соответствующее определенному теплоощущению работающего;

t – температура воздуха в помещении, °С;

p – парциальное давление водяных паров в воздухе, кПа.

Необходимое для расчетов по этой формуле парциальное давление паров определяют из выражения

$$P = p_n \cdot W/100, \quad (6.6)$$

где p_n – парциальное давление насыщенных водяных паров при данной температуре: 12,513 кПа при 10 °С, 23,83 – при 20 °С, 43,25 кПа – при 30 °С;

W – относительная влажность воздуха, %.

Например, при температуре 25 °С и относительной влажности 45 % число баллов составит

$$B_7 = 0,243 \cdot 25 + 0,049 \cdot 33,54 \cdot 45/100 - 2,803 = 4,01,$$

что соответствует ощущению комфорта.

Работоспособность человека в значительной степени снижается при условиях труда, сильно отличающихся от комфортных. Отрицательное влияние соответствующих параметров микроклимата на центральную нервную систему, другие органы и системы проявляется в ослаблении внимания, замедлении реакций, ухудшении координации движений, в результате чего уменьшается производительность труда, и могут возникать травмы. В отдельных случаях работа при высокой температуре воздуха ведет к снижению производительности труда до 80 % по сравнению с аналогичным показателем, зафиксированным в комфортных условиях.

6.2.3. Мероприятия по нормализации состояния воздушной среды производственных помещений

Для нормализации температурно-влажностного режима применяют системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. При правильном выборе их типа, производительности и оптимальной конструкции условия труда на рабочих местах поддерживаются в пределах норм с минимальными затратами средств, труда и энергии. Механизация и автоматизация производственных процессов, использование более совершенных машин и оборудования позволяют снизить время пребывания людей на рабочих местах с некомфортными параметрами микроклимата, а также ограничить или исключить контакт с вредными производственными факторами.

Чтобы предотвратить избытки теплоты в помещениях, теплоизолируют нагреваемые поверхности оборудования и устанавливают защитные экраны. Дополнительно организуют рациональный питьевой режим с целью компенсации потерь организмом влаги и солей, обеспечивая работающих в горячих цехах подсоленной и охлажденной газированной водой.

Если значения параметров микроклимата отличаются от нормативных, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты работающих. Для профилактики отрицательного влияния дискомфортных условий труда важно спланировать рациональное чередование периодов труда и отдыха. При низких температурах, особенно в сочетании с высокой подвижностью воздуха, вводят дополнительные перерывы для обогрева работающих. Температуру в помещениях для обогрева поддерживают в пределах 22–24 °С, что несколько выше значений, предусмотренных для санитарно-бытовых помещений. При выполнении работы в условиях высоких температур продолжительность дополнительных перерывов должна быть достаточна для восстановления работоспособности и процессов терморегуляции.

6.2.4. Измерение параметров микроклимата

Чтобы узнать, насколько фактическое состояние воздушной среды в рабочей зоне соответствует нормативным значениям параметров микроклимата, измеряют температуру, влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения от нагретых тел. По результатам замеров можно определить эффективность работы технических средств для обеспечения требуемого состояния микроклимата, например, систем отопления и вентиляции.

Температуру воздуха чаще всего измеряют термометрами. Однако в помещениях с высоким уровнем теплового излучения (кормоприготовительные цехи, котельные и т. п.) температуру следует определять с помощью парного термометра, состоящего из двух ртутных термометров, резервуар одного из которых зачернен, а другого – осеребрен.

Истинную температуру воздуха в рабочей зоне (без учета влияния теплоизлучения) рассчитывают по формуле

$$t = t_q - k \cdot (t_q - t_c), \quad (6.7)$$

где t_q – показания зачерненного термометра, град;
 k – константа прибора, указанная в его паспорте;
 t_c – показания посеребренного термометра, град.

Для записи значений температуры воздуха на бумажную ленту применяют термографы М-16АС (суточный) и М-16АН (недельный). Температуру и относительную влажность воздуха чаще всего измеряют психрометрами: стационарным «Августа» и аспирационным «Ассмана».

Стационарный психрометр «Августа» состоит из двух одинаковых спиртовых термометров. Резервуар одного из них обернут гигроскопичной тканью, конец которой опущен в наполняемый водой стаканчик. По ткани к резервуару этого термометра поступает влага взамен испаряющейся. Другой термометр показывает температуру воздуха. Показания влажного термометра зависят от содержания водяных паров в воздухе, так как при снижении их массы в единице объема возрастает испарение воды с увлажненной ткани, вследствие чего резервуар охлаждается в большей мере. Определив показания термометров и разность температур, по психрометрической таблице, нанесенной на корпус психрометра, находят относительную влажность воздуха.

Психрометр «Ассмана» устроен аналогично. Отличие его заключается в том, что для исключения влияния подвижности воздуха на показания влажного термометра в головной части прибора размещен вентилятор с часовым механизмом (МВ-4М) или электрическим приводом (М-34). Вентилятор создает постоянный напор воздуха, а следовательно, и скорость движения его в трубках с резервуарами ртутных термометров постоянна.

Скорость движения воздуха от 0,5 до 10 м/с измеряют крыльчатым анемометром, а от 1 до 20 м/с – с чашечным анемометром. Принцип их работы основан на том, что колесо с лопастями или чашечками соединено с механизмом вращения стрелок. Центральная стрелка основного циферблата показывает единицы и десятки оборотов колеса, а стрелки малых циферблатов – сотни и тысячи оборотов колеса. Перед проведением измерений записывают показания циферблатов.

После набора оборотов крыльчатки одновременно включают регистрирующий механизм и секундомер. Через 1–2 мин регистрирующий механизм выключают и снимают с него показания. Разделив разность конечного и начального показаний счетчика на время экспозиции, выраженное в секундах, находят число делений, которые прошла стрелка прибора за единицу времени. Затем по тарифовочному графику, прилагаемому к каждому анемометру, определяют скорость движения воздуха (м/с).

Интенсивность теплового излучения определяют актинометром, на задней стенке которого расположены белые и зачерненные алюминиевые пластины, соединенные с термопарами. Принцип действия прибора основан на возбуждении электродвижущей силы термопарами вследствие того, что черные пластинки под воздействием лучистой энергии нагреваются до более высокой температуры, чем белые. Электродвижущая сила регистрируется гальванометром, шкала которого отградуирована в кал/(см²·мин).

Атмосферное давление измеряют барометрами, шкала которых может быть отградуирована в миллиметрах ртутного столба или килопаскалях. Для регистрации изменения атмосферного давления в течение суток или недели применяют барографы М-22АС (суточный) и М-22АН (недельный), принцип работы которых аналогичен работе гигрографов.

6.2.5. Контроль содержания вредных газов и паров в воздухе помещения

Чистый воздух представляет собой смесь, состоящую из 77 % азота, 21 % кислорода, 1 % диоксида углерода и других активных газов и 1 % инертных газов. В производственных условиях воздух загрязняется вредными и опасными для человека газами и парами. Основные источники загрязнения воздуха – автомобильный транспорт, химические и металлургические заводы.

В сельскохозяйственном производстве вредные вещества поступают в воздух при опрыскивании и опылинии посевов химикатами, протравливании семян, внесении аммиака в почву. В кабинах машин, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, а также в гаражах, пунктах ремонта и технического обслуживания таких машин может наблюдаться повышенная концентрация оксидов углерода, азота, а также акролеина и тетраэтилсвинца.

В животноводческих помещениях воздух загрязняется аммиаком, сероводородом, диоксидом углерода, а также другими вредными газами, парами, выделяемыми животными, и продуктами их жизнедеятельности. В воздухе кормоприготовительных цехов может присутствовать значительное количество оксидов углерода и азота, водяных паров. Большая концентрация аммиака, метана и углекислого газа возможна в колодцах, жижеборниках, навозохранилищах, сенажных башнях и других сооружениях.

При повышенной концентрации вредные газы и пары, попадая в организм через органы дыхания, отрицательно влияют на человека:

- ухудшают самочувствие;
- снижают работоспособность;
- при постоянном воздействии приводят к профессиональным заболеваниям.

При очень высокой концентрации таких газов (например, в колодцах, жижеборниках, внутри емкостей) может наступить смерть от удушья после 2–3 вдохов. Некоторые газы (аммиак, ацетилен, метан и др.) создают взрывоопасные смеси. Поэтому для обеспечения безопасных условий труда концентрация каждого вредного газа или пара в воздухе рабочей зоны не должна превышать предельно допустимую концентрацию, представленную в таблице 6.4.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрации, которые при ежедневной работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Значения ПДК зависят от степени влияния вредного вещества на здоровье и окружающую среду. Для разработки оптимальных мероприятий по нормализации воздушной среды при наличии выделяющихся вредностей на предприятиях периодически контролируют ее состояние.

Кроме того, измеряют концентрации вредных газов и паров в воздухе рабочей зоны при изменении технологии, установке новых машин или оборудования, реконструкции отдельных цехов и участков, а также перед началом работ в колодцах, жижеборниках и других закрытых емкостях.

Концентрацию газа в воздухе рабочей зоны определяют с помощью специальных приборов, для чего отбирают пробы воздуха на высоте расположения органов дыхания работающих (1,5 м от пола). По результатам анализа пробы воздуха судят о состоянии воздушной среды, об эффективности работы систем вентиляции и аспирации.

Таблица 6.4 – Предельно допустимые концентрации некоторых вредных газов и паров в воздухе рабочей зоны

Показатель	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	2
Акролеин	0,7	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Бензин топливный (в пересчете на углерод)	100	4
Бензин-растворитель (в пересчете на углерод)	300	4
Бензол	5	2
Кислота серная	1	2
Кислота соляная	5	2
Ксилол	50	4
Озон	од	1
Ртуть металлическая	0,01	
Свинец и его соединения	0,01	1
Сероводород	10	2
Спирт метиловый	5,0	3
Спирт этиловый	1000	4
Углерода оксид	20	4
Углерод четыреххлористый	20	4
Фенол	5	3
Формальдегид	0,5	2
Хлор	1	2

При оценке условий труда сравнивают фактическую концентрацию вредного газа с предельно допустимой концентрацией. В случае превышения последней нормализуют условия труда с помощью соответствующих мероприятий – изменения технологического процесса, его механизации и автоматизации, герметизации источников выделения вредностей, установки фильтров-поглотителей, увеличения воздухообмена и т. д.

Перед началом проведения санитарно-химических исследований тщательно изучают производственный процесс и устанавливают, поступление каких вредных веществ и в какие периоды возможно в воздух рабочей зоны. После ознакомления с физико-химическими свойствами этих веществ составляют схематический план участка работ или цеха, на котором указывают точки отбора проб воздуха и время их проведения. Существуют автоматические газоанализаторы непрерывного действия с различной чувствительностью. Приборы с высокой чувствительностью определяют воздушные загрязнения на уровне ПДК, а при пожаро- и взрывоопасных концентрациях дают световой или звуковой сигнал.

Например, газоанализатор ДИК-200 конструкции КБ «Искра» (Красноярск) предназначен для определения степени насыщенности воздуха оксидом углерода и необходимости эвакуации или надевания защитного средства зоне пожара. Датчик предназначен для автоматического контроля за концентрацией оксида углерода в зоне пожара с выдачей аварийной сигнализации. Он также может использоваться в гаражах, автомобилях, загазованных подвалах, подземных коммуникациях, шахтах и т.п.

Общий вид датчика-извещателя концентрации оксида углерода в зоне пожара ДИК-200 представлен на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Датчик-извещатель концентрации оксида углерода в зоне пожара ДИК-200

Датчик имеет световую и звуковую сигнализацию о концентрации СО в пределах от 50 до 200 мг/м³ (по трем порогам – 50, 100, 200 мг/м). Звуковой сигнал каждого порога меняется от прерывистого до непрерывного (опасный предел).

6.3. Пыль как вредный производственный фактор

6.3.1. Влияние пыли на организм человека

Выполнение многих технологических процессов связано с выделением пыли в воздух рабочей зоны. Вредное влияние пыли обусловлено многими факторами: физико-химическими свойствами, размерами и формой пылевых частиц; концентрацией их в воздухе рабочей зоны; длительностью воздействия ее в течение смены и профессиональным стажем; другими неблагоприятными производственными факторами и особенностями трудовой деятельности. Например, при усиленном дыхании в процессе выполнения тяжелой физической работы увеличивается поступление пыли в организм, а загазованность воздуха усугубляет ее негативное действие. Кроме того, пыль увеличивает износ машин и оборудования, ухудшает санитарное состояние производственных помещений, снижает уровень освещенности вследствие загрязнения световых проемов, ламп и осветительной арматуры, может способствовать возникновению пожаров и взрывов.

Химический состав пыли определяет многообразие воздействия ее на организм. Специфическое влияние проявляется при вдыхании пыли, меньшее значение имеет заглатывание ее. Вдыхание пыли преимущественно может вызывать поражение органов. Некоторая пыль (например, асбестовая) обладает канцерогенными свойствами. Неспецифическое действие пыли проявляется в заболеваниях верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожных покровов. Вдыхание пыли может способствовать развитию пневмонии, туберкулеза, рака легких.

Особенно опасна пыль диоксида кремния, несколько менее – пыль силикатов и угольная. Сахарная пыль, пыль свинца и меди оказывает токсическое действие, а пыль некоторых органических и неорганических соединений (хром, бериллий) вызывает развитие аллергии и специфических патологических изменений.

Дисперсность пыли определяет ее устойчивость в воздушной среде, возможность и глубину проникания в дыхательные пути. Частицы размером свыше $(10-20) \cdot 10^{-6}$ м быстро выпадают из воздуха. При вдыхании они задерживаются в верхних дыхательных путях. Частицы размером $(0,25-10) \cdot 10^{-6}$ м более устойчивы в воздухе и при вдыхании попадают в альвеолы. Частицы размером $(0,1-0,25) \cdot 10^{-6}$ м меньше времени витают в воздухе: сталкиваясь друг с другом в результате броуновского движения, они укрупняются и выпадают из него. В легких задерживается 60–70 % таких частиц, но их роль в развитии пылевых поражений невелика ввиду небольшой общей массы.

Форма частиц влияет на устойчивость пылевого аэрозоля. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха и легче проникают в легочную ткань. Пыль стекловолокна и слюды вызывает микротравмирование клеток эпителия верхних дыхательных путей, а при попадании на кожу и слизистую оболочку глаза оказывает раздражающее действие.

Твердость пылевых частиц не имеет существенного значения в определении их вредности. Структура же частиц влияет на фиброгенную активность. Например, аморфный диоксид кремния менее вреден, чем кристаллический. Электростатическая заряженность частиц пыли влияет на устойчивость аэрозоля и его биологическую активность. Несущие электрический заряд частицы в 2–8 раз чаще задерживаются в дыхательных путях. Адсорбционные свойства пыли могут служить причиной поступления вместе с ней газообразных токсических веществ, различных патогенных микроорганизмов и спор, вызывающих грибковые заболевания.

6.3.2. Определение концентрации пыли в воздухе производственных помещений

С целью предупреждения заболеваний, вызванных действием пыли, следует соблюдать установленные ГОСТ 12.1.005-88 предельно допустимые концентрации различных видов пыли в воздухе рабочей зоны. В таблице 6.5 приведены значения ПДК пыли от некоторых материалов.

Для обоснования необходимости проведения мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда и выбора их оптимального варианта на каждом рабочем месте, где образуется пыль, следует периодически контролировать ее концентрацию.

Таблица 6.5 – Значения ПДК пыли от некоторых материалов

Показатель	ПДК, мг/м ³
Пыль, образуемая при работе: с асбестом, алюминием и его сплавом (в пересчете на Al)	2
известняком, глиной, карбидом кремния (карборунда), цементом, оксидом цинка	6
чугуном	6
Пыль растительного и животного происхождения с примесью SiO ₂ :	
менее 2 % (мучная, хлопчатобумажная, древесная и др.)	6
от 2 до 10%	4
более 10% (зерновая, лубяная, льняная, хлопковая, шерстяная)	2
Пыль от стеклянного и минерального волокон	4
Пыль табака, чая	3

Фактическое содержание пыли в воздухе производственных помещений определяют в основном массовым методом, основанным на протягивании определенного количества воздуха рабочей зоны через специальный фильтр из перхлорвиниловой ткани. Разница в массе фильтра до и после протягивания, деленная на объем прошедшего через него воздуха, соответствует фактической концентрации пыли в воздухе рабочей зоны. Пробы отбирают в непосредственной близости к месту работы на высоте около 1,5 м над уровнем пола, что соответствует зоне дыхания человека.

При выполнении замеров аллонж с фильтром посредством гибкого шланга соединяют со штуцером ротаметра для пылевых проб. Затем аспиратор заземляют, прибор подключают к электросети, открывают вентиль ротаметра и проводят пробный пуск. После этого с помощью вентиля устанавливают необходимый расход воздуха (в пределах 15–20 л/мин) и выключают аспиратор. Далее аллонж помещают в зону отбора пробы воздуха и вновь включают прибор, отметив по секундомеру время начала опыта. Когда отбор пробы заканчивается (в зависимости от степени запыленности через 5–30 мин), аспиратор выключают, фиксируя время. Фильтр повторно взвешивают и рассчитывают фактическую концентрацию пыли в воздухе (мг/м³) по формуле

$$P_{\phi} = \frac{10^3 \cdot (m_2 - m_1)}{V_{np} \cdot T}, \quad (6.8)$$

где m_2 – масса фильтра после пропускания воздуха, мг;
 m_1 – масса фильтра до пропускания через него воздуха, мг;
 V_{np} – объем воздуха, приведенного к нормальным условиям (то есть при температуре 0°C и атмосферном давлении 760 мм рт. ст.), дм³/мин;
 T – время отбора пробы, мин.

Приведенный объем воздуха вычисляют по формуле

$$V_{np} = V \cdot \frac{273 \cdot p}{760 \cdot (273 + t)}, \quad (6.9)$$

где V – расход воздуха, установленный по ротаметру, дм³/мин;
 p – атмосферное давление воздуха в момент контроля, мм рт. ст.;
 t – температура воздуха в помещении в момент контроля, °C.

Расчетное значение P_{ϕ} сравнивают со значением ПДК для данного вида пыли. Для уменьшения времени контакта работающих с пылью законодательством установлены возрастные цензы и сокращенная продолжительность рабочего времени. Для обеспечения благоприятных условий труда важно соблюдать требования ГОСТ 12.1.005-88, регламентирующего ПДК наиболее распространенных и опасных видов пыли.

С целью уменьшения образования и распространения пыли проводят следующие основные мероприятия:

- заменяют технологические процессы, связанные с выделением пыли, на экологически чистые;
- повышают влажность обрабатываемого продукта;
- внедряют автоматическое и дистанционное управление оборудованием;
- герметизируют источники выделения пыли;
- устанавливают системы вентиляции и кондиционирования производственных помещений, а также улавливающее пыль оборудование;
- применяют закрытые способы транспортировки пылящих материалов.

Если, несмотря на проводимые мероприятия, концентрация пыли не снижается до предельно допустимой, то работников следует обеспечить необходимыми средствами индивидуальной защиты.

6.4. Освещённость рабочих мест

6.4.1. Основные светотехнические величины, характеризующие производственное освещение

Посредством зрения люди воспринимают до 90 % необходимой для работы информации. Рациональное освещение – одно из основных средств профилактики травматизма.

Состояние функции зрения определяется следующими свойствами глаза:

- остротой зрения, то есть способностью глаза различать мелкие предметы;
- скоростью зрительного восприятия, то есть временем, в течение которого глаз успевает рассмотреть предметы;
- временем ясного устойчивого видения, характеризующимся периодом, за который рассматриваемый предмет не утрачивает четкости контуров;
- контрастной чувствительностью – способностью глаза различать яркость различной интенсивности;
- зрительной адаптацией – приспособлением глаза к изменяющимся условиям освещенности;
- аккомодацией – способностью глаза видеть предметы, находящиеся на различном расстоянии от него.

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным относятся световой поток Φ , сила света I , освещенность E , яркость поверхности J и коэффициент отражения ρ . Качественные показатели характеризуют условия зрительной работы. Это такие понятия, как фон, величина контраста объекта с фоном K , видимость V , показатель ослепленности P и другие.

Световой поток Φ – это лучистая энергия, вызывающая световое ощущение. Единица его измерения – люмен (лм). Люмен представляет собой световой поток от эталонного точечного источника в 1 международную свечу, помещенного в вершине телесного угла в 1 стерadian (ср).

Световой поток принято оценивать в пространстве и на поверхности. В первом случае характеристикой служит сила света I , то есть пространственная плотность светового потока

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}, \quad (6.10)$$

где $d\omega$ – телесный угол, в пределах которого распространяется световой поток, ср.

Во втором случае освещенность определяется по выражению

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (6.11)$$

где dS – площадь поверхности, на которую падает световой поток, м^2 . Единица измерения силы света – кандела (кд), или по латыни свеча. $1 \text{ кд} = 1 \text{ лм/ср}$. Единица измерения освещенности – люкс (лк): $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$.

Яркость (Я) – это часть пространственной плотности светового потока, исходящая от светящейся или освещаемой поверхности в сторону глаза. Она зависит от силы света, угла падения светового потока на плоскость, цвета предмета и других. Чрезмерная яркость называется блескостью. Единица измерения яркости – нит (Нт). $1 \text{ Нт} = 1 \text{ кд/м}^2$.

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. $\rho = \Phi_{\text{отр}}/\Phi_{\text{под}}$.

Поверхность, на которой рассматривают объект, называют фоном. При $\rho > 0,4$ фон считают светлым, при $0,2 < \rho < 0,4$ – средним, при $\rho < 0,2$ – темным.

Контраст объекта с фоном характеризуется отношением яркости рассматриваемого объекта и фона. $K = (Y_{\phi} - Y_o)/Y_{\phi}$ (здесь Y_{ϕ} и Y_o – соответственно яркость фона и объекта). При $K > 0,5$ контраст объекта с фоном считают большим, при $K > 0,2-0,5$ – средним, при $K < 0,2$ – малым.

Видимость – это способность глаза воспринимать объект в зависимости от его освещенности, размера, яркости, контраста объекта с фоном и длительности экспозиции.

$V = K/K_{\text{пор}}$ (здесь K – контраст объекта с фоном);

$K_{\text{пор}}$ – пороговый контраст (наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым).

Показатель ослепленности

$$P = 1000 \cdot (k_0 - 1),$$

где $k_0 = V_1/V_2$ – коэффициент ослепленности;

V_1, V_2 – видимость объекта наблюдения соответственно при экранировании и наличии блестящих источников в поле зрения.

Чувствительность глаза неодинакова к различным цветам. Наибольшая восприимчивость наблюдается по отношению к желтому и желто-зеленому цвету, наименьшая – к красному и фиолетовому.

6.4.2. Классификация производственного освещения и основные санитарно-гигиенические требования

Классификация производственного освещения приведена на рисунке 6.2. Естественное освещение наиболее благоприятно как для органов зрения, так и для организма человека в целом. При недостаточном естественном освещении применяют искусственное или совмещенное. Естественное освещение производственных помещений через световые проемы в наружных стенах (окна) называют боковым, через световые проемы в перекрытии зданий (фонари) – верхним, а через окна и фонари одновременно – комбинированным.

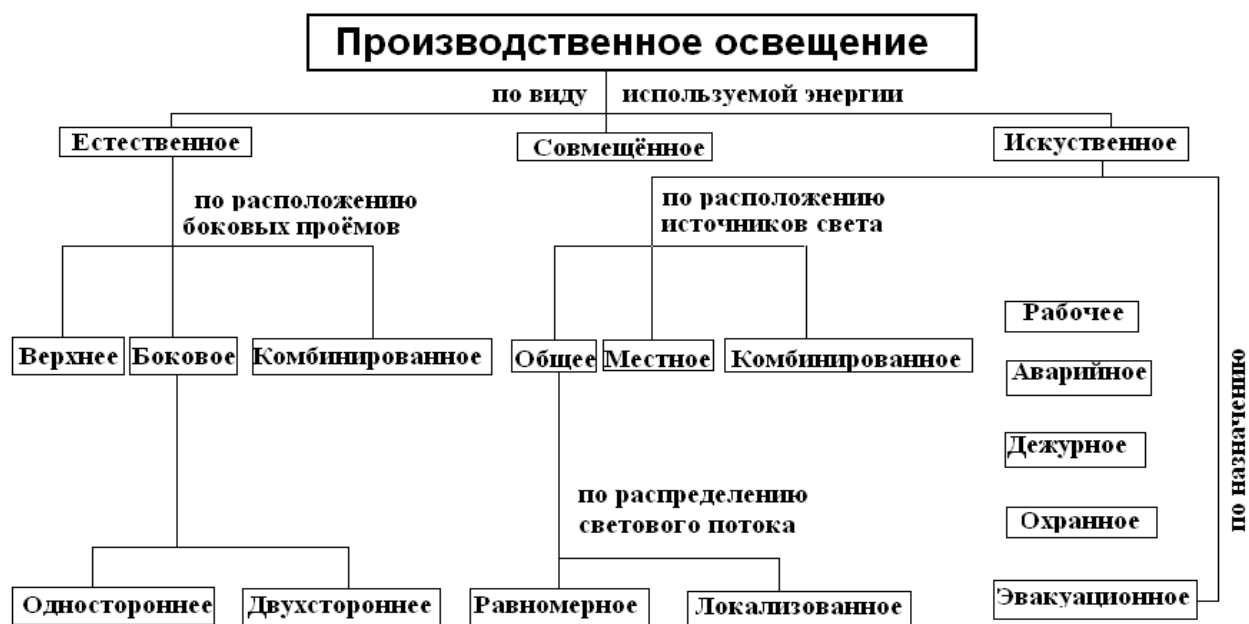


Рисунок 6.2 – Виды производственного освещения

Если расстояние от окон до наиболее удаленных от них рабочих мест менее 12 м, то предусматривают боковое одностороннее освещение, при большем расстоянии – боковое двустороннее. Большинство производственных помещений оборудуют системами общего искусственного освещения, когда светильники расположены на потолке. Если расстояние между светильниками одинаковое, то освещение считают равномерным, при размещении светильников ближе к оборудованию – локализованным.

Комбинированным называют такое искусственное освещение, когда к общему добавляется местное. Местным считают освещение, при котором световой поток светильников концентрируется непосредственно на рабочих местах. В соответствии со СНиП применение только одного местного освещения в производственных помещениях не допускается. Рабочее освещение устраивают во всех помещениях и на территориях для обеспечения нормальной работы и прохода людей, движения транспорта при отсутствии или недостатке естественного освещения.

Аварийное освещение необходимо для продолжения работ при внезапном отключении рабочего освещения, что может вызвать нарушение процесса обслуживания оборудования или непрерывного технологического процесса. Это может быть пожар, взрыв, отравление людей, травматизм в местах большого скопления людей и т. п. Наименьшая освещенность рабочих поверхностей, требующих обслуживания в аварийном режиме, должна быть не менее 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и 1 лк на открытых площадках.

Дежурным считают освещение производственных объектов в нерабочее время. Искусственное освещение вдоль границ, охраняемых в ночное время территорий, называют охранным.

Эвакуационное освещение устраивают в местах, опасных для прохода людей, а также в основных проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей из производственных зданий при численности работающих более 50. Его устраивают в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма вследствие продолжения работы производственного оборудования, а также в производственных помещениях с

численностью работников более 50 человек независимо от степени опасности травматизма. Эвакуационное освещение должно обеспечивать минимальную освещенность основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к производственному освещению:

- приближенный к солнечному свету оптимальный состав спектра;
- соответствие освещенности на рабочих местах нормативным значениям;
- равномерность освещенности и яркости рабочей поверхности, в том числе и во времени;
- отсутствие резких теней на рабочей поверхности и блескости предметов в пределах рабочей зоны;
- оптимальная направленность светового потока, способствующая улучшению различения рельефности элементов поверхностей.

6.4.3. Нормирование и расчет естественного освещения

Естественное освещение создается прямыми солнечными лучами или рассеянным светом небосвода. Его следует предусматривать для всех производственных, складских, санитарно-бытовых и административных помещений. Спектр естественного освещения наиболее благоприятен для глаз человека. Входящее в состав солнечного спектра ультрафиолетовое излучение имеет важное значение для здоровья человека, однако оно практически полностью задерживается при прохождении сквозь обычное стекло, поэтому не проникает внутрь помещений.

Естественное освещение не может быть единственным для большинства работ, так как резко меняется в зависимости от времени суток, сезона года и атмосферных условий. С учетом этого в качестве основной нормируемой величины принят коэффициент естественной освещенности e , представляющий собой отношение освещенности на рабочем месте E_p к наружной освещенности E_n , измеренной на открытой площадке,

$$e = 100 E_p / E_n. \quad (6.12)$$

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) не зависит от времени дня и других причин изменчивости естественного освещения. Гигиенические нормы, приведенные в СНиП, устанавливают требуемое значение КЕО в зависимости от точности работ и вида освещения.

В основу установления разряда работ по степени точности положен наименьший размер объекта различения при данной трудовой деятельности, например, расстояние между двумя соседними штрихами при пользовании измерительным инструментом, диаметр точки (знака препинания) самого мелкого шрифта при чтении и письме и т. п.

При боковом естественном освещении нормируют минимальное значение e , определяемое на наиболее удаленных от окон рабочих местах. При верхнем и комбинированном естественном освещении нормируют среднее значение e , вычисляемое не менее чем для пяти равноудаленных одна от другой точек условной рабочей поверхности. Условная рабочая поверхность – это горизонтальная поверхность стола или оборудования, предназначенная для работы и расположенная на высоте 0,8 м над уровнем пола.

$$e_{cp} = \frac{0,5e_1 + e_2 + + e_n}{n - 1}, \quad (6.13)$$

где $e_1, e_2, \dots, e_n$ – значения КЕО в отдельных точках;
 n – число точек контроля освещенности.

Кроме интенсивности естественного освещения, нормируют его равномерность, которая в производственных помещениях для работ I–IV разрядов с верхним и комбинированным освещением должна быть не менее 0,3. Равномерность освещения характеризуется отношением минимального значения e_{min} к максимальному e_{max} на рабочей плоскости в пределах характерного разреза помещения. Характерным считают поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или продольной оси пролетов помещения (при верхнем освещении). Если в помещениях для работ I и II разрядов можно уменьшить расстояние между фонарями и увеличить их число, то равномерность освещения рекомендуется принимать не менее 0,5.

Расчет естественного освещения сводится к определению площади световых проемов. Наиболее простым является метод расчета с

использованием светового коэффициента, равного отношению площади световых проемов ΣS_0 к площади пола помещения S_n . $a = \Sigma S_0 / S_n$. В этом случае ΣS_0 вычисляют по известным значениям α , которые составляют для гаражей 0,10–0,12, для станочных и сборочных отделений мастерских 0,14–0,16, в помещениях для содержания крупного рогатого скота 0,10–0,05 и т.д. Следует отметить, что такой метод расчета применяют главным образом как проверочный.

Более точно требуемую площадь световых проемов, обеспечивающую нормированные значения КЕО, определяют по формулам:

- при боковом освещении помещений

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_{\min} \cdot \eta_o \cdot k}{100 \cdot \tau \cdot r_1}; \quad (6.14)$$

- при верхнем освещении

$$S_\phi = \frac{S_n \cdot e_{cp} \cdot \eta_\phi}{100 \cdot \tau \cdot r_2}, \quad (6.15)$$

где S_o , S_ϕ – соответственно площади световых проемов окон и фонарей, м^2 ;

$e_{\min}$, e_{cp} – соответственно нормированные минимальное (при боковом освещении) и среднее (при верхнем освещении) значение КЕО для помещений с работами данного разряда;

η_o – световая характеристика окна, равная отношению площади световых проемов к площади пола при $e_{\min} = 1/\eta_o = 6,5\text{--}66\%$;

k – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; $k = 1,1\text{--}1,7$;

τ – общий коэффициент светопропускания, учитывающий степень загрязнения остекления; $\tau = 0,25\text{--}0,6$;

r_1 и r_2 – коэффициенты, учитывающие влияние отраженного света соответственно при боковом и верхнем освещении; $r_1 = 1,05\text{--}10$, $r_2 = 1,05\text{--}1,9$;

η_ϕ – световая характеристика фонаря, представляющая собой отношение площади остекления фонаря к площади пола (S_ϕ/S_n) при $e_{cp} = 1\%$;

$\eta_\phi = 1,5\text{--}16,0$.

Уровень естественной освещенности в производственных помещениях с течением времени снижается вследствие загрязнения остекленных поверхностей, стен и потолков. Поэтому следует регуляр-

но чистить стекла, красить или белить стены и потолки. Такие мероприятия необходимо выполнять тем чаще, чем выше концентрация пыли или других взвешенных в воздухе веществ.

Слепящее действие прямых солнечных лучей на работников и возникающую при этом блесккость предметов устраняют с помощью солнцезащитных козырьков, штор, жалюзи и экранов.

При значениях КЕО менее 0,5 % в помещениях для постоянного пребывания работников следует предусматривать устройство, оснащенное эритемными или ртутно-кварцевыми лампами фотариев для ультрафиолетового облучения работников с целью повышения иммунобиологической сопротивляемости организма.

6.4.4. Искусственное освещение

Для искусственного освещения помещений используются лампы накаливания и газоразрядные лампы. Лампы накаливания просты в устройстве, дешевы и удобны в эксплуатации. Однако они преобразуют в световой поток лишь 2,5–3 % потребляемой энергии, чувствительны к колебаниям напряжения в электрической сети, искажают цветопередачу, усиливая желтые и красные тона при недостатке синей и фиолетовой частей спектра. Промышленность выпускает различные лампы накаливания: вакуумные НВ (их мощность обычно не превышает 40 Вт), газонаполненные НГ, с криптоно-ксеноновым наполнением и другие.

СНиП предусматривает применение газоразрядных ламп в качестве основного источника света по причине следующих их преимуществ:

- значительная световая отдача, в 2–4 раза превышающая аналогичный показатель ламп накаливания; экономичность;
- благоприятный состав спектра;
- больший нормативный срок службы, составляющий 6000–12000 ч против 1000 ч у ламп накаливания.

Условное обозначение люминесцентных трубчатых ламп низкого давления для общего освещения расшифровывают следующим образом: Л – люминесцентная; Б – белая; Д – дневная; Е – естественная; Ц – с улучшенной цветопередачей; ТБЦЦ – тепло-белая с очень хорошей цветопередачей; Т – с трехкомпонентной смесью люминофоров, имеющей узкополосный спектр излучения; Р – рефлекторная;

К – красная; Г – голубая; Ж – желтая; З – зеленая; Р – розовая; М – модернизированная; 2 и 7 – отличительная особенность ламп от базовой модели; 10, 15, 18, 20, 30, 36, 40, 65, 80 – номинальная мощность в ваттах.

Лампы высокого давления позволяют создавать значительные уровни освещенности при сравнительно небольших затратах электроэнергии. Их применяют для наружного освещения и в высоких помещениях при наличии пыли, дыма или копоти в воздухе. Наиболее часто используют лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) или их разновидность ДРВЛ (дуговые ртутно-вольфрамовые люминесцентные), недостатком которых является усиление зеленых и голубых тонов. Поэтому в случае, когда искажение восприятия цветов недопустимо, предпочтение отдается лампам типа ДРИ (дуговым ртутным с йодидами металлов), обладающим исправленной цветностью.

К недостаткам газоразрядных ламп, кроме искажения цвета, относятся наличие стробоскопического эффекта, шум пускорегулирующей аппаратуры и плохое включение ламп низкого давления при пониженной температуре воздуха (техническая характеристика предусматривает работу трубчатых люминесцентных ламп низкого давления в диапазоне температур 10–55 °С).

Устройство, состоящее из лампы и осветительной арматуры, называют светильником. В осветительной арматуре устанавливают источник света для распределения светового потока в нужную сторону, защиты глаз от блескости светящейся поверхности лампы и защиты лампы от загрязнения или влаги, а также с целью обеспечения электро-, пожаро- и взрывобезопасности.

Степень защиты от слепящего действия светильника характеризует защитный угол α между горизонталью и линией, соединяющей нить накаливания с противоположным краем отражателя. Как правило, $\alpha > 27^\circ$. Промышленность выпускает примерно 25–30 различных типов светильников для ламп накаливания и около 200 для люминесцентных ламп. В зависимости от распределения светового потока в пространстве различают светильники прямого, рассеянного и отраженного света. В светильниках для люминесцентных ламп преимущественно прямое светораспределение, а в светильниках для ламп накаливания – прямое и рассеянное.

Светильники прямого света излучают в нижнюю полусферу не менее 90 % всего светового потока. Их используют в помещениях с темными потолками и стенами, на которых много пыли, копоти, различных испарений (цехи по производству комбикормов, кузницы и т. п.). Они дают довольно резкие тени. Светильники преимущественно прямого света, излучающие в нижнюю полусферу 60–90 % всего светового потока, устанавливают в помещениях с потолками и стенами, хорошо отражающими свет. Они дают довольно мягкие тени.

Светильники рассеянного света излучают в каждую полусферу 40–60 % всего светового потока. Их применяют в помещениях, где необходимо создать высокие уровни освещенности рассеянным светом, а также в конторских и бытовых помещениях со светлыми стенами и потолками.

Светильники преимущественно отраженного света излучают в верхнюю полусферу 60–90 % всего светового потока. Светильники отраженного света излучают в верхнюю полусферу не менее 90 % всего потока. Светильники с люминесцентными лампами чаще всего выполняют многоламповыми. Они могут быть прямого света (типов ОД, ОДР), преимущественно прямого света (типов ОДО, ОДОР, ШЛД, ШОД) и рассеянного света (типа ПВЛ).

В комбинированных системах используют светильники местного освещения, предназначенные для создания высоких уровней освещенности на ограниченной площади рабочей поверхности. При устройстве таких систем следует соблюдать условие, согласно которому светильники общего освещения должны обеспечивать не менее 10 % освещенности рабочей поверхности, предусмотренной для данного вида работы. Для местного освещения с целью исключения стробоскопического эффекта, как правило, применяют лампы накаливания.

Конструктивное исполнение светильников зависит от их назначения. В открытых светильниках лампа не отделена от внешней среды, а в закрытых лампа и патрон отделены от внешней среды оболочкой без уплотнения. Применяемые для освещения сырых помещений, насыщенных водяными парами, влагонепроницаемые светильники имеют корпус, способный противостоять воздействию влаги, а его конструкция обеспечивает герметичность вводных проводов, патрона и лампы. Во взрывозащищенных светильниках предупреждено возникновение искры. Для освещения помещений с повышенной концентрацией пыли используются пыленепроницаемые светильники.

**Таблица 6.6 – Буквенные обозначения светильников
и облучателей**

Источник света	Обо- значе- ние	Способ установки	Обо- значе- ние	Область применения	Обозна- чение
1	2	3	4	5	6
Лампы накаливания: общего назначения	Н	Подвесные	-	Промышленные предприятия	П
светильники (зеркаль- ные и диффузные)	С	Потолочные	-	Рудники и шахты	Р
кварцевые галогенные	И	Настенные	Б	Общественные здания	О
Люминесцентные лампы: прямые трубчатые	Л	Настольные	Н	Жилые (быто- вые) помещения	Б
фигурные	Ф	Напольные и венчающие	Т	Для наружного освещения	У
эритемные		Встраивае- мые	В	-	-
Ртутные лампы типа ДРЛ типа ДРИ Натриевые лампы	Р Г Ж	Консольные Ручные сете- вые, ручные аккумуля- торные	К Р Ф	-	-
Бактерицидные лампы	Б	Головные	Г	-	-
Ксеноновые трубчатые лампы	К	Пристраи- ваемые	Д	-	-

Тип светильников определяется восемью группами знаков, состоящих из трех букв и цифр. Структура условного обозначения светильников и облучателей выглядит следующим образом: 1 – источник света (одна буква); 2 – способ установки светильника (одна буква); 3 – назначение светильника (одна буква); 4 – номер серии (двузначное число в пределах 01–99); 5 – количество ламп (число); 6 – мощность лампы, Вт (число); 7 – модификация (трехзначное число в пределах 001–999); 8 – климатическое исполнение и категория размещения (буква и цифра). Расшифровка буквенных обозначений светильников приведена в таблице 6.6.

Например, светильник НПБ-01-60-029 – потолочный, серии 01, с лампой накаливания мощностью 60 Вт, предназначен для освещения жилых и бытовых помещений, исполнен в 29 модификациях.

6.4.5. Нормирование искусственной освещенности

Нормы требуемых уровней освещенности рабочих поверхностей установлены «Строительными нормами и правилами» (СНиП) в зависимости от принятых источников света и системы освещения. Этот документ регламентирует минимально допустимые значения освещенности и не запрещает применять повышенную освещенность в случаях, когда это целесообразно.

Более экономичные люминесцентные лампы позволяют получить при одинаковой мощности в несколько раз большую освещенность по сравнению с лампами накаливания. Комбинированное освещение также экономичнее общего. Поэтому для люминесцентного и комбинированного освещения установлены более высокие нормы, то есть в нормы заложена тенденция повышения освещенности в тех случаях, когда ее можно увеличить за счет улучшения экономичности осветительной установки.

Следует отметить, что, начиная с работ малой точности (VI–VIII разряды), нормируется освещенность только системы общего освещения, так как требуемые уровни освещенности относительно низки, а характеристика работ такова, что устраивать местное освещение нецелесообразно или невозможно. Нормы предусматривают увеличение табличных значений освещенности в следующих случаях:

- если расстояние от рассматриваемого объекта до глаз работающего больше 0,5 м;
- при выполнении напряженной зрительной работы в течение всего рабочего дня;
- повышенной опасности травматизма;
- специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях по производству пищевой или фармацевтической продукции);
- работе или производственном обучении подростков;
- отсутствии в помещении естественного света.

Требуемые уровни освещенности можно снизить в производственных помещениях при кратковременном пребывании в них рабо-

тающего персонала или наличия оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

6.4.6. Расчет искусственного освещения

Расчет искусственного освещения ведут в определенной последовательности. Прежде всего, выбирают тип источника света, систему освещения и определяют норму освещенности. Затем, отдав предпочтение конкретному типу светильников и способу освещения, размещают их в помещении и рассчитывают освещенность в интересующих точках. После этого уточняют размещение и число светильников, определяют единичную мощность ламп.

При выборе источников света руководствуются следующими соображениями. В помещениях с высокими требованиями к качеству цветопередачи, температурой воздуха выше 10 °С и отсутствием опасности травматизма в связи со стробоскопическим эффектом отдают предпочтение экономичным газоразрядным лампам. Люминесцентное освещение следует применять в помещениях при недостатке или отсутствии естественного света и выполнении точных работ.

Определяя систему освещения, учитывают большую экономичность системы комбинированного освещения и в противовес этому большее совершенство в гигиеническом отношении системы общего освещения, так как последняя позволяет равномернее распределить световой поток и яркость в поле зрения. Улучшение конструкций осветительных приборов неизбежно должно привести к вытеснению комбинированного освещения, поэтому по возможности необходимо исключать использование местных светильников. Однако при выполнении работ I–V разрядов для создания требуемой направленности светового потока и исключения блескости целесообразно применять комбинированное освещение.

В случае выбора системы общего освещения принимают во внимание то, что локализованное освещение позволяет добиться высоких уровней освещенности на отдельных участках работ без повышения экономических затрат. Применению локализованного освещения отдают предпочтение также в случае неравномерного размещения оборудования по площади помещения.

Тип светильника определяют по технологическим условиям с учетом требований к распределению яркости в поле зрения работников. Выбор конструктивного исполнения светильников зависит от со-

стояния воздушной среды в данном помещении (наличия пыли, влаги, пожаро- или взрывоопасных веществ).

Расположение светильников в помещении при системе общего освещения зависит от высоты их подвеса над освещаемой плоскостью. Соблюдая оптимальное отношение расстояния между светильниками l к высоте их подвеса h , достигают необходимой равномерности освещения рабочих поверхностей. Значения l/h для светильников некоторых типов следующие:

- 1,4 – для «Глубокоизлучателя», «Люцетты», ОД, ОДО, ПВЛ-6;
- 1,5 – для «Универсаль», ПУ, ПВЛ-1;
- 2 – для ВЗГ, Фм.

Необходимо также выбрать расстояние l_1 между светильниками и стеной. Если рабочие поверхности горизонтальные и расположены непосредственно у стен, то рекомендуется принимать $l_1 = (0,25–0,3) l$. Если же вдоль стен расположены проходы, то $l_1 = (0,4–0,5) l$.

Светильники с люминесцентными лампами в помещении обычно располагают рядами. Расстояние между рядами принимают равным $(1,2–1,5) h$ в зависимости от типа светильников.

Расчет методом удельной мощности. Данный метод применяют для ориентировочных или проверочных расчетов освещенности в помещениях при равномерном расположении в них светильников. Значения удельной мощности P_v зависят от многих переменных, но для случаев оптимального расположения светильников известного типа, заданной освещенности и высоты подвеса они известны. Их можно найти в справочной литературе.

В этом случае мощность одной лампы (Вт) рассчитывают по формуле

$$P_{\lambda} = \frac{P_v \cdot S_n}{n_{\lambda}}, \quad (6.16)$$

где P_v – удельная мощность светильников, необходимая для освещения помещений, Вт/м²;

S_n – площадь пола, м²;

n_{λ} – число ламп.

Полученный результат округляют до ближайшего большего значения стандартной мощности лампы. В справочниках обычно указаны удельные мощности с учетом назначения производственных помещений. Например, для чертежных залов $P_v = 24–28$ Вт/м², доильных залов – 15,5, телятников – 8, для складов – 2,5 Вт/м² и т. д.

Расчет методом светового потока. Этот метод позволяет определить световой поток ламп при заданной освещенности рабочей поверхности, общем освещении с равномерным расположением светильников с учетом отраженного стенами и потолком света. Метод светового потока непригоден в следующих случаях:

- при расчете направленного сконцентрированного светового потока;
- для локализованного, местного и наружного освещения;
- при негоризонтальности рабочих поверхностей.

В этом случае рассчитывают мощность лампы или группы ламп светильника, ЛМ, световой поток:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S_{\text{n}} \cdot k \cdot z}{n_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{с}}}, \quad (6.17)$$

где E_{min} – минимальная освещенность по норме, лк;

S_{n} – площадь пола освещаемого помещения, м²;

k – коэффициент запаса, зависящий от типа применяемых ламп и количества выделяющейся в помещении пыли; $k = 1,3-2$;

z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения и зависящий от типа применяемых светильников; $z = E_{\text{min}}/E_{\text{ср}} = 55-0,99$;

$E_{\text{ср}}$ – средняя освещенность горизонтальной поверхности, лк;

$n_{\text{с}}$ – число светильников в помещении;

$\eta_{\text{с}}$ – коэффициент использования светового потока, представляющий собой отношение светового потока установленной в светильнике лампы к световому потоку, падающему на расчетную поверхность как непосредственно от светильника, так и отразившемуся от потолка и стен: в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка и стен $\eta_{\text{с}} = 0,1-0,7$.

По найденному значению $\Phi_{\text{л}}$ и таблице 6.7 выбирают стандартную лампу, округляя полученное расчетное значение светового потока в большую сторону. Затем определяют электрическую мощность осветительной установки и действительную освещенность, лк:

$$E_{\text{о}} = \frac{\Phi_{\text{л.м.}} \cdot n_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{с}}}{S \cdot k \cdot z}, \quad (6.18)$$

где $\Phi_{\text{л.м.}}$ – световой поток выбранной лампы, ЛМ.

Расчет точечным методом. Данным методом определяют световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности при любом расположении освещаемой поверхности и светильников в случаях, когда отраженный свет несуществен. Точечный метод применим для расчета как внутреннего, так и наружного освещения.

В основе метода лежит известное светотехническое соотношение, определяющее зависимость освещенности поверхности E , создаваемой точечным источником света, от силы света I , расстояния до поверхности r и угла падения света на эту поверхность α .

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2}. \quad (6.19)$$

Таблица 6.7 – Электрические и световые характеристики ламп

Лампы накаливания			Люминесцентные лампы			
Мощность $W_{\text{л}}$, Вт	Световой поток $\Phi_{\text{л}}$, лм, при напряжении в сети, $U_{\text{с}}$, В		Тип лампы	Мощность $W_{\text{л}}$, Вт	Напряжение на лампе $U_{\text{л}}$, В	Световой поток $\Phi_{\text{л}}$, лм
	127	220				
15	135	105	ЛДЦ30-4	30	104	1450
25	240	210	ЛД30-4			1640
40	500	380	ЛХБ30-4			1720
60	775	650	ЛБ30-4			2100
75	1070	950	ЛТБ30-4Г			1720
100	1480	1320	ЛДЦ40-4	40	103	2100
150	2300	2000	ЛД40-4			2340
200	3200	2950	ЛХБ40-4			2600
300	4950	4500	ЛБ40-4			2580
500	9100	8200	ЛТБ40-4			3000
750	14250	13100	ЛДЦ65-4	65	110	3050
1000	19500	18500	ЛД65-4			3570
1500	29600	28000	ЛХБ65-4			3820
			ЛБ65-4			4550
			ЛТБ65-4			3980
			ЛДЦ80-4	80	102	3560
			ЛД80-4			4070
			ЛХБ80-4			4440
			ЛБ80-4			5220
			ЛТБ80-4			

Схема расчёта представлена на рисунке 6.3.

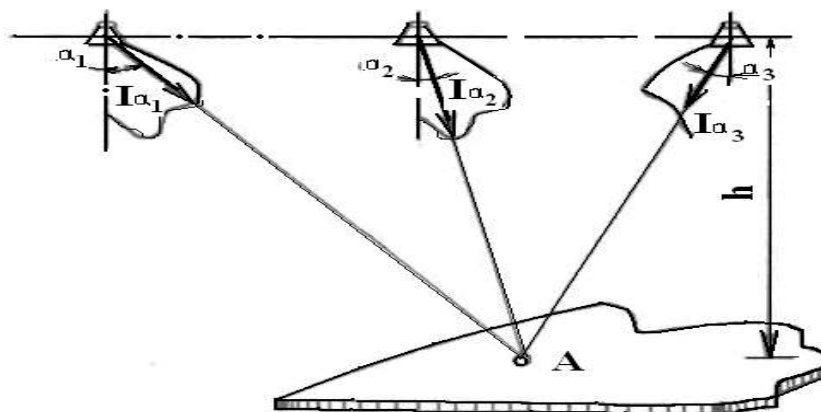


Рисунок 6.3 – Расчёт освещённости в точке от нескольких источников света

В качестве расчетной принимают точку с наименьшей освещенностью (на рис. 6.3, точка А). Так как световой поток светильников еще неизвестен, то вычисляют не истинную, а условную освещенность Σe , то есть ту, которая была бы создана в расчетной точке, если бы в светильниках выбранного типа находились лампы с условным световым потоком в 1000 лм. Для случая, соответствующего рисунку 6.4,

$$\Sigma e = \frac{I_1 \cdot \cos^3 \alpha_1}{h^2} + \frac{I_2 \cdot \cos^3 \alpha_2}{h^2} + \frac{I_3 \cdot \cos^3 \alpha_3}{h^2}, \quad (6.20)$$

где I_i – сила света выбранного светильника в направлении расчетной точки (кд), определяемая по кривым силы света – графикам пространственных изолюкс конкретного светильника;

α_i – угол между осью светильника и линией, соединяющей световой центр светильника с заданной точкой;

$h = r \cdot \cos \alpha$ – расчетная высота подвеса, м.

Чтобы найти действительную освещенность, следует условную освещенность умножить на коэффициент, учитывающий отличие истинного значения светового потока принятой лампы от условного и равный $10^{-3} \Phi_{\text{л}}$. Кроме того, в формулу для определения $E_{\text{д}}$ следует ввести коэффициент $\mu = 1,05\text{--}1,1$, учитывающий влияние удаленных светильников и отраженного света. Необходимо также иметь в виду тот факт, что в процессе эксплуатации осветительная установка перестает удовлетворять предъявляемые к ней требования из-за «старения» лампы (световой поток к концу срока службы уменьшается на

15–20 %), снижения отражательных свойств поверхностей светильников вследствие коррозии, запылённости светильников.

Снижение действительной освещённости от указанных факторов учитывают коэффициентом запаса k , значения которого находятся в пределах 1,3–2. С учетом изложенного освещённость (лк) определим как

$$E_o = \frac{\Phi_{\lambda} \cdot \mu \cdot \Sigma e}{1000 \cdot k}. \quad (6.21)$$

По формуле (6.21) можно вычислить световой поток лампы (лм):

$$\Phi_{\lambda} = \frac{1000 \cdot E_{\min} \cdot k}{\mu \cdot \Sigma e}, \quad (6.22)$$

где $E_{\min}$ – минимальная освещённость по норме (лк).

6.5. Шум и методы его снижения до допустимых пределов

6.5.1. Физиологические и социально-экономические аспекты борьбы с шумом

Шум определяют как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью. Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно. Длительное воздействие шума выше 80 дБ (А) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. В зависимости от длительности и интенсивности воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности или интенсивности шума происходят необратимые потери слуха, характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости.

В настоящее время оценка приемлемости производственного шума с уровнем выше 80 дБ (А) чаще всего базируется на выявлении воздействия шума на органы слуха человека. Степень повреждения органов слуха зависит от уровня звука и его продолжительности, и от индивидуальной чувствительности человека.

Методика оценки воздействия производственного шума с целью сохранения слуха регламентируется в стандарте ИСО-1999-75, в котором установлено соотношение между воздействием шума, выражаемым через уровень звука и его продолжительность, и процентом людей, у которых можно ожидать ухудшения слуха вследствие воздействия производственного шума. Методика оценки воздействия производственного шума с целью сохранения слуха предполагает, что слух является ухудшившимся (поврежденным), если среднеарифметическая величина постоянного смещения уровней порогов слуха для частот 500, 1000 и 2000 Гц составляет 25 дБ или более по сравнению с соответствующим средним уровнем по стандарту ИСО-389-75.

Воздействие шума на вегетативную нервную систему проявляется даже при уровнях звука 40–70 дБ (А) и не зависит от субъективного восприятия шума человеком. Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышение артериального давления при уровнях звука выше 85 дБ (А).

Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает увеличение скрытого периода зрительно-моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, а также к изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме уже при шуме 50–60 дБ (А), существенно изменяет биопотенциалы мозга, их динамику, вызывает биохимические изменения в структуре головного мозга.

Работники в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и другое. При работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБ (А) имеет место снижение производительности труда на 20 %.

В таблице 6.8 указаны рекомендуемые предельные уровни звука в зависимости от категорий тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности. Базовым уровнем в таблице 6.8 является уровень звука 80 дБ (А), как безопасный, согласно исследованиям специалистов в области гигиены, он соответствует нулевому риску потери слуха.

Таблица 6.8 – Оптимальные уровни звука на рабочих местах для труда разных категорий тяжести и напряженности, дБ (А)

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I – легкая	II – средняя	III – тяжелая	IV – очень тяжелая
I – мало напряженный	80	80	75	75
II – умеренно напряженный	70	70	65	65
III – напряженный	60	60	+	+
IV – очень напряженный	50	50	+	+

6.5.2. Требования к шумовым характеристикам рабочих мест

Целью нормирования шумовых характеристик рабочих мест (санитарного нормирования шума) является установление научно обоснованных предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не вызывают существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

При нормировании шумовых характеристик рабочих мест, как правило, регламентируется общий шум на рабочем месте независимо от числа источников шума в помещениях и характеристик каждого в отдельности. В условиях производства в большинстве случаев технически трудно снизить шум до очень малого уровня, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных (комфортных), а из терпимых условий, то есть таких, когда вредное действие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно. Поэтому санитарное нормирование представляет собой компромисс между гигиеническими требованиями и техническими возможностями на данном этапе развития науки и техники.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест в нашей стране регламентируются ГОСТ 12.1.003-83. Нормируемой шумовой характеристикой рабочих мест при постоянном шуме являются уровни звукового давления L (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. В таблице 6.9 приведены примеры видов трудовой деятельности, с учетом соответствующей напряженности и рекомендуемые уровни звука.

Требования к допустимым уровням ультразвука на рабочих местах установлены ГОСТ 12.1.001-83. Обычно ультразвуковыми считают колебания с частотой выше 16000 Гц. Однако нормирование начинается с более низких частот, чтобы учесть постепенный переход от ультразвуковых колебаний к звуковым. Источником ультразвука является производственное оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологического процесса, и оборудование, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор.

ГОСТ 12.1.001-83 установлены допустимые уровни звукового давления на рабочих местах в третьоктавных полосах частот, которые не должны превышать 80 и 90 дБ в полосах со среднегеометрическими частотами соответственно 12 500 и 16 000 Гц, 100 и 105 дБ при 20 000 и 25000 Гц и 110 дБ при 31500–100 000 Гц.

Санитарные нормы и правила при работе с оборудованием, создающим ультразвук, передаваемый контактным путем через руки работников, устанавливают предельно допустимый уровень контактного ультразвука для низкочастотного и высокочастотного диапазона, равный 110 дБ.

Достаточно широко в промышленности и на транспорте распространен инфразвук – звуковые колебания в диапазоне частот ниже 16 Гц. В настоящее время действуют гигиенические нормы, устанавливающие предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах по общему уровню 110 и 105 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц, 102 дБ для октавной полосы с частотой 31,5 Гц.

Процедура измерения шума на рабочих местах промышленных предприятий изложена в ГОСТ 20445-75, в котором определены условия проведения измерений, выбор измерительных точек, их число, требования к измерительной аппаратуре и прочее. Время оценки шума в производственном помещении – рабочая смена. Продолжительность измерения шума следует устанавливать в зависимости от характера шума. При непостоянном шуме измеряются эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука в точке измерения в течение полного технологического цикла (если таковой имеется) или в течение половины рабочей смены (4 ч).

Таблица 6.9 – Рекомендуемые уровни звука

Вид трудовой деятельности	Степень напряженности	Рекомендуемый уровень
Работа по выработке концепций, новых программ; творчество, преподавание	IV	40
Труд высших производственных руководителей, связанный с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу	IV	50
Высококвалифицированная умственная работа, требующая сосредоточенности. Труд, связанный исключительно с разговорами по средствам связи	III	55
Умственная работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного ¹ слухового контроля, высокоточная категория зрительных работ ²	III	60
Умственная работа по точному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ ² Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	II	65

¹ Более 50 % рабочего времени. При II степени напряженности и уровне звука 80 дБ (А).

² По СНиП II-4-79.

При прерывистом шуме измеряются уровни звука в пределах каждой ступени шума, а также в паузах между ними. Методика измерения ультразвука на рабочих местах персонала, обслуживающего установки, излучающие ультразвук, или подвергающегося его воздействию, определена ГОСТ 12.4.077-79. Измеряются третьоктавные уровни звукового давления со среднегеометрическими частотами 12500, 16000, 20000, 25000, 31500, 40000, 6 000, 80000 и 100000 Гц.

6.5.3. Акустическая характеристика помещений

По акустическим свойствам все помещения в зависимости от соотношения их размеров (высоты H , ширины G , длины D), могут быть разбиты на три группы:

- соразмерные, у которых отношение наибольшего размера к наименьшему не более 5;

- плоские, у которых $D/H > 5$; $G/H \geq 4$;

- длинные, у которых $D/H > 5$; $G/H < 4$.

Если помещение не прямоугольное, то в расчете используют усредненные размеры H , D , G . Акустической характеристикой помещения является наименование группы, к которой оно относится в зависимости от соотношения размеров.

Октавные уровни звукового давления L (дБ) в расчетных точках соразмерных помещений, в которых находится один источник шума, определяются по формуле

$$L = L_p + 10 \lg (\Pi + 4/V), \quad (6.23)$$

где Π – вклад прямого звука;

V – постоянная помещения, м^2 .

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках плоских помещений, в которых находится один источник шума, определяются по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \left[\Pi + \frac{1-\alpha}{H \cdot (r+H)} \cdot J(\alpha, \rho) \right], \quad (6.24)$$

где α – средний коэффициент звукопоглощения в помещении;

H – высота помещения, м;

$J(\alpha, \rho)$ – функция, описывающая поле отраженного звука в несо-
размерных помещениях и определяемая по формуле

$$J(\alpha, \rho) = -\frac{0,1}{(\alpha + \rho^2 \cdot e^{0,65\rho})}, 0,1/(a+p^2 \cdot c^{0,65p}), \quad (6.25)$$

или по графику в зависимости от коэффициента звукопоглощения α и приведенного расстояния ρ ;

$\rho = a \cdot r/l$ – приведенное расстояние, где a – показатель звукопоглощения в помещении; l – средняя длина свободного пробега звуковых лучей, м.

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках длинных помещений, в которых находится один источник шума, определяются по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \left[\Pi + \frac{1-\alpha}{H \cdot G} \cdot \frac{r+G}{r+H} \cdot J(\alpha, \rho) \right], \quad (6.26)$$

где G – ширина помещения, м.

Если источник расположен у необлицованной звукопоглощающими материалами торцевой стены длинного помещения на расстоянии, меньшем I , то к рассчитанному значению L прибавляется 3 дБ.

6.5.4. Снижение шума методами звукоизоляции

Фактическая звукоизоляция ограждениями должна обеспечивать снижение шума на рабочих местах до уровней, допустимых по нормам, во всех октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Требуемое для этого значение звукоизоляции R_{Ti} рассчитывается отдельно для каждой ограждающей конструкции или для каждого типа конструкции и для каждой из указанных частотных полос по следующим формулам:

1. При распространении шума из свободного пространства (с территории предприятия) в изолируемое помещение

$$R_{Ti} = L_i - L_d - 10 \lg (B_u/B_0) + 10 \lg (S_i/S_0) + 10 \lg m + 6, \quad (6.27)$$

где R_{Ti} – требуемая звукоизоляция i -й ограждающей конструкцией в данной октавной полосе, дБ;

L_i – октавный уровень звукового давления в точке A_i , расположенной на расстоянии 2 м от центра i -й ограждающей конструкции, от n источников шума, дБ;

L_d – допустимый по нормам октавный уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;

B_u – постоянная изолируемого помещения, м^2 , для каждой октавной полосы;

$$B_0 = 1 \text{ м}^2;$$

S_i – площадь i -й ограждающей конструкции изолируемого помещения, м^2 ;

$S_0 = 1 \text{ м}^2$; m – число ограждающих конструкций, через которые шум проникает в изолируемое помещение.

Октавный уровень звукового давления в точке A_i от k -го источника шума, дБ

$$L_{ki} = L_{Pk} - 15 \lg(r_{ki}/r_0) - \beta_\alpha \cdot r_{ki}/1000 - 8, \quad (6.28)$$

где L_{Pk} – октавный уровень звуковой мощности k -го источника шума, дБ;

r_{ki} – расстояние от акустического центра k -го источника шума до точки Ai , м;

$r_0 = 1$ м;

β_α – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/км.

2. При распространении шума из помещения с источниками шума в свободное пространство (на территорию предприятия)

$$R_{Ti} = L_P - L_D - 10 \lg(B_w / B_0) - 10 \lg(S_i / S_0) - 15 \lg(r_i / r_0) + 10 \lg m - 5, \quad (6.29)$$

где L_P – суммарный октавный уровень звуковой мощности всех n источников шума, дБ;

B_w – постоянная шумного помещения, м^2 ;

B_0 – расстояние от центра i -й ограждающей конструкции до расчетной точки, м.

3. При передаче шума из помещения с источниками шума в смежное изолируемое помещение

$$R_{Ti} = L_P - L_D - 10 \lg(B_w / B_0) - 10 \lg(B_i / B_0) - 10 \lg(S_i / S_0) + 10 \lg m + 6, \quad (6.30)$$

где R_{Ti} – требуемая звукоизоляция однотипными i -ми ограждающими конструкциями в данной октавной полосе частот, дБ;

S_i – общая площадь однотипных i -х ограждающих конструкций изолируемого помещения, м^2 (например, общая площадь глухой части стены, суммарная площадь окон и т. д.);

m – число разнотипных ограждающих конструкций, через которые шум проникает в изолируемое помещение.

6.5.5. Звукоизоляция щелями и отверстиями

Щели и отверстия приводят к значительному снижению звукоизоляции конструкциями. Особенность передачи звука через ограждения с малыми щелями и отверстиями состоит в том, что через такие

ограждения в ряде случаев передается часть звуковой энергии, которая существенно больше, чем часть, соответствующая отношению площади отверстия к площади остального ограждения. Большая передача объясняется дифракцией звука и резонансными колебаниями объема воздуха, заключенного в щели или отверстия. В результате коэффициенты звукопроницаемости щели или отверстия могут быть больше единицы, а значения их звукоизоляции отрицательны.

При частотах $f < c/[6 \cdot (l + 2 \Delta l)]$ коэффициенты звукопроницаемости щели и отверстия вычисляются по формулам

$$\tau_{щ} = \left(\frac{2}{\alpha} \right) \cdot [m^2 \cdot (\gamma + \varepsilon)^2 + 1]^{-1}; \quad (6.31)$$

$$\tau_0 = \left[\left(\frac{n}{4} \right)^2 \cdot \left(\eta + \frac{\pi}{2} \right)^2 + \beta^2 \right]^{-1}, \quad (6.32)$$

где c – скорость звука в воздухе;

$\alpha = \pi b/\lambda$;

b – ширина щели;

λ – длина звуковой волны в воздухе;

$m = 1$ для щели в середине ограждения, $m = 0,5$ для щели по краю ограждения;

$\gamma = l/b$;

l – глубина щели или отверстия;

$\varepsilon_{щ} = 2\Delta l/b = 0,368 \cdot 4 \lg (4/\alpha) - 1$;

$2\Delta l$ – концевая поправка, учитывающая присоединенный объем воздуха у обеих сторон щели или отверстия, связанный при колебаниях с воздухом соответственно щели или отверстия; $n = 2$ для отверстия в середине ограждения;

$n = 1$ для отверстия у края ограждения, $n = 0,5$ для отверстия в углу;

$\eta = l/r$;

r – радиус отверстия.

При частотах $f > c/[6(l + 2 \Delta l)]$ усредненные в полосах частот значения звукопроницаемости щели и отверстия равны

$$\tau_{щ} = \left(\frac{4\alpha}{m^2} \right) \cdot \alpha_1 \cdot \left[\frac{1}{\alpha_1} + \left(\frac{\alpha}{m^2} \right) \cdot (1 + \alpha_1) \right]^{-1}; \quad (6.33)$$

$$\tau_0 = 32 \left(\frac{\beta}{n} \right)^2 \alpha_2 \left[\frac{1}{\alpha_2} + \left(\frac{4\beta^2}{n} \right)^2 \cdot (1 + \alpha_2) \right]^{-1}, \quad (6.34)$$

$$\alpha_1 = 2 \cos^2(\alpha \varepsilon_{щ}); \quad \alpha_2 = 2 \cos^2\left(\frac{\pi \beta}{2}\right).$$

Из формулы (6.33) следует, что в указанной области частот звукопроницаемость щели не зависит от ее глубины.

Звукоизоляцию ограждением со щелью или отверстием определяют по формуле

$$R = R_0 - 10 \lg \left\{ 1 + \left[\frac{S_{щ}}{S_0} + S \right] \cdot \left[10^{0.1(R_0 - R_{щ})} - 1 \right] \right\}, \quad (6.35)$$

где R_0 и $R_{щ}$ – звукоизоляция глухой частью ограждения и щелью (отверстием);

S_0 и $S_{щ}$ – площади глухой части ограждения и щели (отверстия).

Отверстия и щели оказывают тем большее влияние на звукоизоляцию ограждением, чем выше его собственная звукоизоляция R_0 . Если диаметр отверстия или ширина щели больше длины звуковой волны, то прошедшая через них звуковая энергия пропорциональна площади отверстия или щели.

6.5.6. Изоляция шума многослойными ограждениями

Повышение звукоизоляции однослойными ограждениями достигается главным образом путем увеличения их массы. Однако даже удвоение массы такого ограждения приводит к росту звукоизоляции лишь на 5–6 дБ. Более эффективный способ повышения звукоизоляции – применение многослойных ограждений, под которыми подразумеваются конструкции, составленные из нескольких жестких и упругих слоев. Упругим слоем является, в частности, и воздушная прослойка. В последнем случае при достаточно большом расстоянии между составляющими плитами и отсутствии косвенных путей переда-

чи звука звукоизоляция приближается в пределе к значению, равному сумме значений звукоизоляции составляющими плитами.

Двойные ограждения без жесткой связи по контуру. Расчетную модель таких ограждений обычно принимают в виде двух неограниченных по протяженности плит, связанных упругим слоем. Если скорость продольных волн в слое $c_l < c/3$, то роль продольных связей, воспринимающих усилия сдвига, мала, и при расчетах звукоизоляции можно ограничиться рассмотрением плит с упругими поперечными связями, реакция которых пропорциональна разности смещений составляющих плит.

Если, кроме того, длина продольной волны в слое больше шестикратной толщины ограждения, то волновыми процессами в слое можно пренебречь и представить его в виде системы поперечных упругих связей (пружин), непрерывно и равномерно распределенных по поверхности плит. Тогда при частотах ниже граничных для этих плит двойное ограждение представляет собой 2-массовую колебательную систему: масса 1 м^2 первой плиты – жесткость поперечных связей, распределенных на площади 1 м^2 , масса 1 м^2 второй плиты. Частота собственных колебаний этой системы

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m_1} + \frac{K}{m_2}}. \quad (6.36)$$

При частоте колебаний f_p наблюдается наибольшее прохождение, звука через двойное ограждение. Двойные ограждения следует проектировать таким образом, чтобы частота f_p лежала вне области частот с нормируемой звукоизоляцией, то есть ниже 63 Гц. В частности, для двойных ограждений с воздушным промежутком наименьшее допустимое расстояние между плитами (м), найденное из этого условия

$$d_{\min} = 0,9 \sqrt{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}}. \quad (6.37)$$

Если плиты изготовлены из одного материала, то оптимальными являются соотношения толщин плит $h_2 = (2 - 4) h_1$. Однако наибольший звукоизоляционный эффект достигается при $m_1 = m_2$ и $D/D \ll 1$.

Практически достаточно, чтобы цилиндрические жесткости плит отличались друг от друга в 6–7 раз. Подобные конструкции изготавливаются из материалов с разными плотностями, что позволяет при неодинаковых толщинах получать одинаковые массы составляющих плит. Дополнительное повышение звукоизоляции двойным ограждением из плит одинаковой массы, но с различными цилиндрическими жесткостями, составляет при $f > f_{гр}$ около 10 дБ. Таким образом, тонкие плиты двойных ограждений, например, стекла, при общей толщине остекления до 10–14 мм следует изготавливать одинаковыми, а толстые плиты (двойные стены) – разными.

При отсутствии упругого материала между плитами двойного ограждения звуковые волны распространяются в воздушном промежутке под всевозможными углами. В связи с этим дополнительная звукоизоляция на частотах $f < c/6d$ растет только на 6 дБ, а на 12 дБ при удвоении частоты, на 4 дБ – при удвоении толщины воздушного промежутка между плитами d . При частотах $f > c/6d$ звукоизоляция не зависит от толщины воздушного промежутка. Приведенные выше формулы звукоизоляции справедливы при отсутствии жесткой связи между плитами двойного ограждения по контуру.

Двойные ограждения типа «сэндвич». Такие конструкции состоят из двух тонких плит, связанных упругим промежуточным слоем – сердцевиной. Отличительной особенностью ограждений типа «сэндвич» является сочетание высокой жесткости при изгибе и звукоизоляции, подчиненной закону массы в широком диапазоне частот. Этим требованиям данные ограждения удовлетворяют благодаря достаточно большой жесткости при сдвиге сердцевины и высокой граничной частоте.

Повышения граничной частоты «сэндвича» следует добиваться не только уменьшением толщины наружных плит, но и уменьшением жесткости сердцевины при сдвиге для того, чтобы иметь большую массу всей конструкции. В то же время жесткость сердцевины при сдвиге не должна быть слишком малой, чтобы значительно не снижать жесткость конструкции «сэндвича» при изгибе. Во всех случаях целесообразно задавать α^2 не менее 0,1, поскольку при меньших значениях α^2 граничная частота $f_{гр}$ практически уже не повышается, и звукоизоляция в области действия массы дополнительно не увеличивается. Дополнительным требованием является отсутствие в рассматриваемом диапазоне резонансных частот симметричных колебаний.

Расчет фактической звукоизоляции, дБ (А). Для ориентировочной оценки звукоизоляции многослойными ограждениями ее значение выражается в дБ (А), которое вычисляется по формулам:

1. Для ограждения, составленного из двух одинаковых плоских плит с воздушным промежутком между ними

$$R_A = 22 \lg \left(\frac{m_n}{m_0} \right) - 3, \quad (6.38)$$

где m_n – масса 1 м² одной плиты из бетона, железобетона, шлакобетона, кирпича, газопенобетона и подобных материалов, кг.

2. Для двойного глухого окна из стекол одинаковой толщины

$$R'_A = R_A + \Delta R'_A, \quad (6.39)$$

где R_A – звукоизоляция (дБ (А)) одинарным глухим окном;
 $\Delta R'_A$ – дополнительная звукоизоляция (дБ (А)) двойным глухим окном.

$$R'_A = 2,5 \lg \left(\frac{hd^2}{h_0^3} \right) - 6, \quad (6.40)$$

где h – толщина стекла, мм;

$h_0 = 1$ мм;

d – толщина воздушного промежутка между стеклами, мм.

6.5.7. Звукоизолирующие кожухи

Звукоизолирующие кожухи, как правило, являются наиболее эффективным средством уменьшения шума от оборудования и позволяют значительно снизить шум в непосредственной близости к источнику. Кожухи могут быть съемными или разборными, иметь смотровые окна, открывающиеся двери, а также проемы для ввода коммуникаций. Они выполняются из стали, дюралюминия и других материалов. Внутренние поверхности стенок кожухов следует облицовывать звукопоглощающим материалом толщиной не менее 50 мм. Звукоизолирующие кожухи устанавливают на упругих прокладках, не допуская жесткой связи элементов кожуха с изолируемым оборудованием или его фундаментом. Отверстия для циркуляции воздуха или прохода коммуникаций должны быть снабжены щелевыми глу-

шителями длиной 0,5–1,0 м с шириной щели 20–40 мм при ее двусторонней облицовке звукопоглощающим материалом и 10–20 мм при односторонней облицовке.

Требуемая звукоизоляция кожухом определяется по следующим формулам:

1. При устройстве кожуха для защиты от шума оборудования, расположенного в открытом пространстве,

$$R = L_p - L_d - 15 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} - 10 \lg \alpha - 3, \quad (6.41)$$

где L_p – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;
 r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м;

$r_0 = 1$ м;

β_a – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/км;

α – средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей кожуха.

2. При устройстве кожуха для защиты от шума оборудования, расположенного в помещении,

$$R = L_p - L_d + 10 \lg \left(\frac{r_0^2}{2\pi^2} + \frac{B_0}{4B_{II}} \right) - 10 \lg \alpha + 5, \quad (6.42)$$

где B_{II} – постоянная изолируемого помещения, м²;

$B_0 = 1$ м².

При отсутствии внутренней звукопоглощающей облицовки кожуха член $10 \lg \alpha$ в формулах (6.41)–(6.42) следует заменить на $10 \lg (S_{ист}/S_K)$,

где $S_{ист}$ – площадь поверхности источника; S_K – площадь поверхности кожуха.

Акустическая эффективность кожуха, под которой понимается снижение уровня звукового давления в помещении после установки кожуха,

$$\Delta L = R + 10 \lg \alpha, \quad (6.43)$$

или приближенно

$$\Delta L = R_0 + 5 \lg [\alpha^2/(1-\alpha)], \quad (6.44)$$

где R – звукоизоляция кожухом.

6.6. Вибрация и способы борьбы с этим процессом

Вибрация представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. При воздействии вибрации на организм важную роль играют анализаторы ЦНС – вестибулярный, кожный и другие аппараты. Длительное воздействие вибрации ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни. Вибрация, воздействуя на машинный компонент системы «человек – машина», снижает производительность технических установок (за исключением специальных случаев) и точность считываемых показаний приборов, вызывает знакопеременные, приводящие к усталостному разрушению напряжения в конструкции и т. д.

Вибрации могут быть непреднамеренными (например, из-за плохой балансировки и центровки вращающихся частей машин и оборудования, пульсирующего движения жидкости, работы перфоратора) и специально используемые в технологических процессах (вибропогружатели свай, вибрационное оборудование для производства железобетонных конструкций и укладки бетона, специальное оборудование для ускорения химических реакций и т.п.). Вибрации характеризуются частотой и амплитудой смещения, скоростью и ускорением.

Особенно вредны вибрации с вынужденной частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний тела человека или его отдельных органов (для тела человека 6–9 Гц, головы – 6, желудка – 8, других органов – в пределах 25 Гц). Частотный диапазон расстройств зрительных восприятий лежит между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. При работе строительных машин и технологических процессов существуют горизонтальные и вертикальные толчки и тряска, сопровождающиеся возникновением периодических импульсных ускорений. При частоте колебаний от 1 до 10 Гц предельные ускорения равны 10 мм/с, являются неощутимыми, 40 – слабоощутимыми, 400 – сильно ощутимыми, 1000 мм/с – вредными.

Низкочастотные колебания с ускорением 4000 мм/с. Вибрация по способу передачи телу человека являются непереносимыми подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную

(воздействие на отдельные части тела – руки или ноги). **Общую вибрацию** по источнику ее возникновения и возможности регулирования ее интенсивности оператором подразделяют на следующие категории (ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования):

Категория 1 – транспортная вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрофону и дорогам, в том числе при их строительстве. При этом оператор может активно в известных пределах регулировать воздействия вибрации.

Категория 2 – транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека-оператора на рабочих местах машин с ограниченной подвижностью при перемещении их по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок; при этом оператор может лишь иногда регулировать воздействие вибрации.

Категория 3а – технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Категория 3б – вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом. К ней относятся рабочие места на промышленных кранах, у станков металло- и деревообрабатывающих, кузнечно-прессового оборудования, литейных машин и другого стационарного технологического оборудования.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев рук и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца. Диапазон частот 35–250 Гц является наиболее критическим для развития вибрационной болезни.

Локальная вибрация по источнику возникновения подразделяется:

- на передающуюся от ручных машин (с двигателями), органов ручного управления машин и оборудования;
- передающуюся от ручных инструментов (без двигателей) и обрабатываемых деталей.

При гигиенической оценке двух видов вибрации следует иметь в виду, что санитарно-гигиенические требования и правила в первом случае включаются в техническую документацию на машины и оборудование, а во втором – в документацию на технологию проведения работ.

Вибрация рабочих мест операторов транспортных средств и оборудования носит преимущественно низкочастотный характер с высокими уровнями в октавах 1–8 Гц и зависит от технологической операции, скорости передвижения, типа сиденья, виброзащиты, степени изношенности машины, профиля дорог и т.д. Характер спектров широкополосный, при этом максимум энергии лежит в диапазоне 1–2 и 4–8 Гц. На операторов транспортных средств обычно воздействует переменная по уровням и спектрам вибрация, включающая микро- и макропаузы, причем операторы имеют возможность (в известных пределах) регулировать вибрационную экспозицию. Спектры вибраций рабочих мест технологического оборудования носят низко- и среднечастотный характер с максимумом энергии в октавах 4–16 Гц.

Благодаря наличию мягких тканей, костей, суставов, внутренних органов и особенностей конфигурации, тело человека представляет собой сложную колебательную систему, первичная механическая реакция которой на вибрационное воздействие зависит от диапазона частот, предопределяя последующие физиологические эффекты.

Для санитарного нормирования и контроля вибраций используются среднеквадратичные значения виброускорения и виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах (ГОСТ 12.1.012-90).

Для измерения вибрации применяются виброметры и шумомеры с дополнительным приспособлением – предусилителем, устанавливаемым вместо микрофона. Широкое распространение получили приборы ВШВ-ЗМ2 – измерители шума и вибраций.

6.7. Электробезопасность офисного оборудования

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент, вычислительная и организационная техника, работающая на электричестве.

Электротравматизм по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым и особенно летальным исходом занимает одно из первых мест. Наибольшее число электротравм (60–70 %) происходит при работе на электроустановках напряжением до 1000 В. Это объясняется широким распространением таких установок и сравнительно низким уровнем подготовки лиц, эксплуатирующих их.

Электроустановок напряжением свыше 1000 В в эксплуатации значительно меньше, и обслуживает их специально обученный персонал, что и обуславливает меньшее количество электротравм.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое и световое воздействие. Термическое воздействие характеризуется нагревом кожи, тканей вплоть до ожогов. Электролитическое воздействие заключается в электролитическом разложении жидкостей, в том числе и крови. Биологическое действие электрического тока проявляется в нарушении биологических процессов, протекающих в организме человека, и сопровождается разрушением и возбуждением тканей и судорожным сокращением мышц. Механическое действие приводит к разрыву ткани, а световое к поражению глаз. Различают два вида поражения организма электрическим током: электрические травмы и электрические удары.

Электрические травмы – это местные поражения тканей и органов. К ним относятся электрические ожоги, электрические знаки и электрометаллизация кожи, механические повреждения в результате непроизвольных судорожных сокращений мышц при протекании тока (разрыва кожи, кровеносных сосудов и нервов, вывихи суставов, переломы костей), а также электроофтальмия, – воспаление глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей электрической дуги.

Электрический удар представляет собой возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным сокращением мышц. Различают четыре степени электрических ударов:

- 1-я – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- 2-я – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца;
- 3-я – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);
- 4-я – клиническая смерть, то есть отсутствие дыхания и кровообращения.

Поражение человека электрическим током может произойти при прикосновениях:

- к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате случайного включения;

- металлическим нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей.

Кроме того, возможно электрическое поражение напряжением шага при нахождении человека в зоне растекания тока на землю, электрической дугой в установках с напряжением более 1000 В; при приближении к частям, находящимся под напряжением, на недопустимо малое расстояние, зависящее от значения высокого напряжения.

Характер и последствия поражения человека электрическим током зависят от ряда факторов, в том числе и от электрического сопротивления тела человека, величины и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока, схемы включения человека в электрическую цепь, состояния окружающей среды и индивидуальных особенностей организма.

Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей. Кожа, в основном верхний ее слой толщиной 0,2 мм, состоящий из мертвых ороговевших клеток, обладает большим сопротивлением, которое определяет общее сопротивление тела человека. При сухой, чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека составляет 200–20000 Ом. При увлажненной и загрязнённой коже сопротивление тела человека снижается до 300–500 Ом, то есть до сопротивления внутренних органов. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Сила тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия. Человек начинает ощущать проходящий через него ток промышленной частоты 50 Гц относительно малого значения 0,5–1,5 мА. Этот ток называется **пороговым ощутимым током**. Ток силой 10–15 мА вызывает сильные и непроизвольные судороги мышц, которые человек не в состоянии преодолеть, то есть он не может разжать руку, которой касается токоведущей части, отбросить от себя провод, оказываясь как бы прикованным к токоведущей части. Такой ток называется **пороговым неотпускающим**.

При силе тока 20–25 мА у человека происходит судорожное сокращение мышц грудной клетки, затрудняется и даже прекращается дыхание, что может привести к смерти вследствие прекращения работы легких. Ток силой 100 мА является смертельно опасным, так как он в этом случае оказывает непосредственное влияние на мышцы

сердца, вызывая его остановку или фибрилляцию (быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы), при которой сердце перестает работать.

Длительность протекания тока через тело человека определяет исход поражения им, так как с течением времени резко возрастает сила тока вследствие уменьшения сопротивления тела, а также потому, что в организме человека накапливаются отрицательные последствия воздействия тока. Род и частота тока в значительной степени определяют степень поражения электрическим током. Наиболее опасен переменный ток частотой 20–1000 Гц. При частоте меньше 20 Гц или более 1000 Гц опасность поражения током значительно снижается.

Состояние окружающей среды (температура, влажность, наличие пыли, паров кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током. С точки зрения состояния окружающей среды производственные помещения могут быть сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные с токопроводящей и нетокопроводящей пылью, с химически активной или органической средой. Во всех помещениях, кроме сухих, сопротивление тела человека уменьшается.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), все производственные помещения по опасности поражения электрическим током разделяются на три категории.

1. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих факторов (признаков):

- сырости, когда относительная влажность превышает 75 %;
- высокой температуры воздуха, превышающей 35 °С;
- токопроводящей пыли;
- токопроводящих полов;
- возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

2. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из трех условий:

- особой сырости, когда относительная влажность воздуха ближе к 100 %;

- химически активной среды, когда содержащиеся пары или образующиеся отложения действуют разрушающе на изоляцию и токоведущие части оборудования;

- двух и более признаков одновременно, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

3. Помещения без повышенной опасности, характеризующиеся отсутствием признаков повышенной и особой опасности.

6.7.1. Опасность трехфазных электрических цепей с изолированной нейтралью

Провода электрических сетей по отношению к земле имеют емкость и активное сопротивление – сопротивление утечки, равное сумме сопротивлений изоляции путем тока на землю (рис. 6.4). Для упрощения анализа можно принять их равными, то есть $C_a = C_b = C_c$ и $r_a = r_b = r_c = r$.

При прикосновении человека к одному из фазных проводов (см. рис. 6.4, а) (однофазное сопротивление) исправной сети проводимость этого провода относительно земли уменьшается и происходит смещение нейтрали.

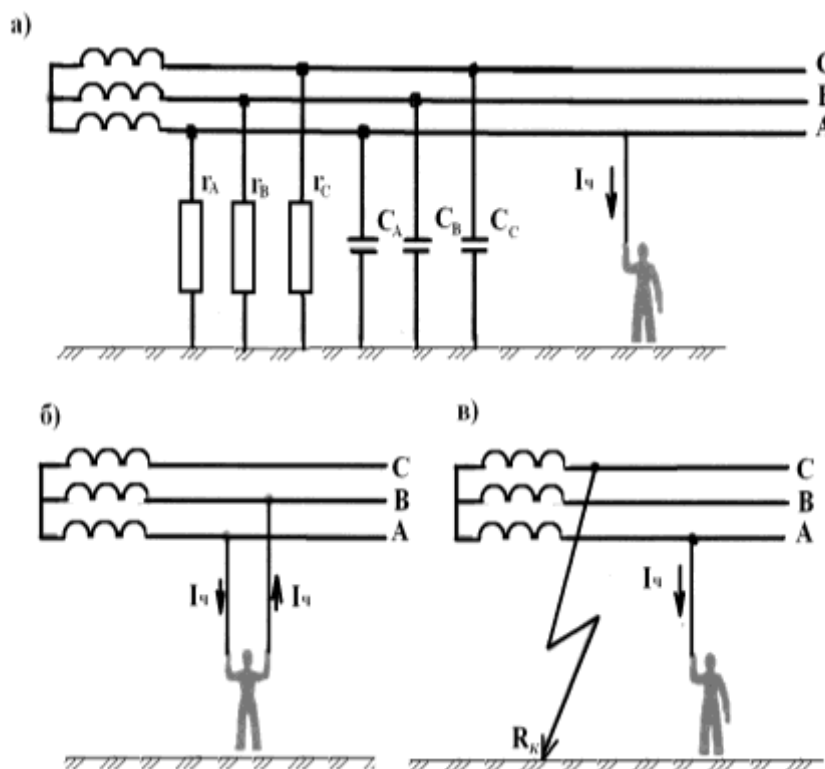


Рисунок 6.4 – Опасность трёхфазных электрических сетей с изолированной нейтралью

Ток через человека в этом случае выражается зависимостью

$$I = \frac{U_{\phi}}{R \cdot \sqrt{1 + \frac{r \cdot (r + 6R_q)}{9R_q^2 \cdot (1 + r^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2)}}}, \quad (6.45)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети;

R_q – сопротивление цепи человека;

$r = r_{mч} + r_{од} + r_{об} + r_{он}$;

где $r_{mч}$ – сопротивление тела человека;

$r_{од}$ – сопротивление одежды (0,5–1 кОм для влажной ткани и 10–15 кОм – для сухой);

$r_{об}$ – сопротивление обуви (для влажной – 0,2...2 кОм, а для сухой – 25...5000 кОм);

$r_{он}$ – сопротивление опорной поверхности ног – пола или грунта (сопротивление сухих полов достигает 2 кОм, а влажных или пропитанных щелочами или кислотами 4–50 Ом). Сопротивление опорной поверхности ног на грунте зависит от удельного сопротивления грунта и может быть определено по формулам: $r_{он} = 2,2q$, если ступни расположены рядом; $r_{он} = 1,6 q$, если ступни ног расположены на расстоянии шага, где q – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$\omega = \pi \cdot f$ – угловая частота сети;

f – частота тока для промышленных сетей, равная 50 Гц.

В случае коротких электрических сетей (при малых емкостях фазных проводов относительно земли $C = 0$) выражение для тока через человека запишется как

$$I_q = \frac{3U_{\phi}}{(3R_q + r)}. \quad (6.46)$$

В кабельных сетях сопротивления утечки большие ($r \rightarrow \infty$), а емкости значительны. Тогда

$$I_q = U_{\phi} \cdot \omega \cdot C \cdot \sqrt{9 \cdot R_q^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2 + 1}. \quad (6.47)$$

При двухфазном прикосновении (рис. 6.4, б) человек попадает под линейное напряжение и ток через человека определяется выражением

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}, \quad (6.48)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети, $U_{\text{л}} = \sqrt[3]{U_{\phi}}$.

В аварийном режиме работы сети при наличии замыкания на одной из фаз на землю (см. рис. 6.4, в) ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к исправной фазе, выразится зависимостью

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{к}}}. \quad (6.49)$$

Если переходным сопротивлением $R_{\text{к}}$ в месте замыкания на землю можно пренебречь по сравнению с сопротивлением цепи человека, то ток, проходящий через человека, выразится зависимостью

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}. \quad (6.50)$$

Таким образом, при прикосновении к одному фазному проводу сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме ток, проходящий через человека, зависит от сопротивления утечки и емкости сети относительно земли. Замыкание одной из фаз на землю резко повышает опасность однофазного прикосновения, так как в этом случае человек попадает под напряжение, близкое к линейному. Наиболее опасным является двухфазное прикосновение.

6.7.2. Опасность трехфазных электрических сетей с заземленной нейтралью

Трехфазные сети с заземленной нейтралью обладают малым сопротивлением между нейтралью и землей (практически оно равно сопротивлению рабочего заземления нулевой точки трансформатора или генератора). Напряжение любой фазы исправной сети относительно земли равно фазному напряжению, и ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к одной из фаз, определится выражением

$$I_{\text{ч}} = U_{\phi} \cdot (R_{\text{ч}} + R_0), \quad (6.51)$$

где R_0 – сопротивление рабочего заземления нейтрали.

Пренебрегая сопротивлением рабочего заземления нейтрали ($R \leq 10 \text{ Ом}$) по сравнению с сопротивлением цепи человека, можно записать

$$I_q = \frac{U_\phi}{R_q}. \quad (6.52)$$

При двухфазном прикосновении человек попадает под линейное напряжение, как в сетях с изолированной нейтралью, и ток, проходящий через человека, определится как

$$I_q = \frac{U_\lambda}{R_q}. \quad (6.53)$$

В аварийном режиме, когда одна из фаз сети замкнута на землю, происходит перераспределение напряжения и напряжения исправных фаз по отношению к земле, отличное от фазного напряжения сети. Прикасаясь к исправной фазе, человек попадает под напряжение U_q , которое больше фазного, но меньше линейного, и ток, проходящий через человека, определится как

$$I_q = \frac{U_q}{R_q}. \quad (6.54)$$

Таким образом, прикосновение к исправной фазе при замыкании другой фазы на землю опаснее, чем прикосновение в фазе в нормальном режиме работы трехфазной сети с заземленной нейтралью, а наиболее опасно двухфазное прикосновение.

Анализируя различные случаи прикосновения человека к проводам трехфазных электрических сетей, можно сделать следующие выводы:

- наименее опасным является однофазное прикосновение к проводу исправной сети с изолированной нейтралью;
- при замыкании одной из фаз на землю опасность однофазного прикосновения к исправной фазе больше, чем в исправной сети при любом режиме нейтрали;
- наиболее опасным является двухфазное прикосновение при любом режиме нейтрали.

Режим нейтрали трехфазной сети выбирается по технологическим требованиям и по условиям безопасности. Согласно ПУЭ, при напряжении выше 1000 В применяются две схемы:

- трехпроводные сети с изолированной нейтралью;
- трехпроводные сети с эффективно заземлённой нейтралью.

При напряжении до 1000 В:

- трёхпроводные сети с изолированной нейтралью;
- четырёхпроводные сети с глухозаземлённой нейтралью.

6.7.3. Опасность сетей однофазного тока

При однополюсном прикосновении к проводу человек оказывается подключенным к другому проводу через сопротивление утечки. Ток, протекающий через человека, равен

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{r + 2R_{\text{ч}}}. \quad (6.55)$$

Прикосновение человека к незаземленному проводу сети с заземленным полюсом вызывает протекание тока

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{R_{\text{ч}} + R_0}, \quad (6.56)$$

а так как $R_0 \ll R_{\text{ч}}$, то можно записать, что

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{R_{\text{ч}}}. \quad (6.57)$$

Прикосновение к исправному проводу при замыкании другого провода на землю вызывает ток, проходящий через человека,

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{R_{\text{ч}} + R_{\text{к}}}. \quad (6.58)$$

При прикосновении к одному из проводов сети с заземленной средней точкой человек попадает под напряжение, равное половине напряжения сети

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{2 \cdot (R_{\text{ч}} + R_{\text{з}})}, \quad (6.59)$$

где $R_{\text{з}}$ – сопротивление замыкания.

В случае прикосновения к двум проводам сети, человек попадает под напряжение сети и выражение для тока будет

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{R_{\text{ч}}}. \quad (6.60)$$

Анализируя выражения для токов, проходящих через человека при различных случаях прикосновения к однофазным сетям постоянного тока, можно сделать вывод, что наиболее опасно двухполюсное прикосновение при любом режиме сети относительно земли (изолированной, с заземленным полюсом или средней точкой), так как в этом случае ток, протекающий через человека, определяется только сопротивлением его тела.

6.8. Пожарная безопасность

Пожарная опасность производственных зданий определяется пожарной опасностью технологического процесса и конструктивно-планировочными решениями здания. Исходя из пожароопасных свойств веществ и условий их применения или обработки, строительные нормы и правила делят производство и склады по взрыво- и пожароопасности на пять категорий, которые обозначают буквами: А и Б – взрывопожароопасные; В, Г, Д – пожароопасные.

Категории взрыво- и пожароопасности производств указаны в нормах технологического проектирования или в специальных перечнях производств, которые составляются и утверждаются отраслевыми министерствами.

К взрыво- и пожароопасной категории А относятся производства, связанные с применением веществ, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, горючих газов, нижний предел воспламенения которых равен 10 °С и менее по отношению к объему воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров до 28 °С включительно, при условии, что указанные газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % от объема помещения. В литейном производстве к этой категории относятся отделения нанесения лакокрасочных покрытий на изделия и другие.

К взрыво- и пожароопасной категории Б относятся производства, связанные с применением горючих газов, нижний предел воспламенения которых более 10 % по отношению к объему воздуха, жидкостей с температурой вспышки паров 28–61 °С включительно горючих пыли или волокон, нижний предел воспламенения которых равен 65 г/м² и менее при условии, что эти газы, жидкости и пыли могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения. В литейном производстве к этой категории относятся помещения, в которых шлифуются и полируются изделия из магниевых сплавов, а также проводится подготовка и рассев порошков магния, алюминия и их сплавов, и ряд других.

К пожароопасной категории В относятся производства, связанные с применением жидкостей с температурой вспышки паров выше 61 °С; горючей пыли, нижний предел воспламенения которой более 65 г/м²; веществ, способных гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или одного с другим; твердых сгораемых веществ и материалов. К таким производствам относятся плавильные отделения для получения фасонных отливок, слитков, заливочные отделения, участки термической обработки и механической обработки, склады готовой продукции из магниевых сплавов.

К пожароопасной категории Г относятся производства, связанные с применением негорючих (несгораемых) веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр или пламени; твердых, жидких или газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива. К категории Г относится большая часть подразделений литейных цехов.

К пожароопасной категории Д относятся производства, связанные с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии. В литейном производстве это смесеприготовительные, стержневые, формовочные и ряд других отделений. Пожарная безопасность здания в значительной мере определяется степенью его огнестойкости, которая зависит от возгораемости и огнестойкости основных конструктивных элементов здания. Строительные материалы по возгораемости в соответствии со СНИП разделяются на три группы: несгораемые, трудносгораемые, сгораемые.

Несгораемые материалы – это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не

тлеют и не обугливаются. К ним относятся все неорганические материалы, применяемые в строительстве, металлы, гипсовые и минераловатные плиты.

Трудносгораемые материалы – это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только в присутствии источника зажигания, а после его удаления горение или тление прекращается. К ним относятся материалы, состоящие из несгораемых и сгораемых составляющих, например, гипсовые и бетонные материалы, содержащие наполнители, минераловатные плиты на битумном связующем, некоторые полимерные материалы. К трудносгораемым относятся конструкции, выполненные из трудносгораемых материалов, а также из сгораемых материалов, защищенных от огня и высоких температур несгораемыми материалами, например, противопожарная дверь, изготовленная из дерева и защищенная от огня асбестовым полотном и листом железа.

Сгораемые материалы – это материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня. К ним относятся все органические материалы, не отвечающие требованиям, предъявляемым к несгораемым и трудносгораемым материалам.

Огнестойкость строительных конструкций проявляется в способности их сопротивляться воздействию огня или высокой температуры и сохранять при этом свои эксплуатационные функции. Огнестойкость относится к числу основных характеристик конструкций и регламентируется строительными нормами и правилами. Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называется *пределом огнестойкости* и измеряется в часах от начала испытаний конструкции на огнестойкость до возникновения одного из следующих признаков: появление в конструкции сквозных отверстий или трещин, через которые проникает пламя или продукты сгорания; потеря конструкцией несущей способности, то есть ее обрушение; повышение температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем больше чем на 140 °С, или в любой точке этой поверхности больше чем на 180 °С по сравнению с температурой конструкции до испытания, или больше чем на 220 °С независимо от температуры конструкции до испытания.

Требуемые пределы огнестойкости конструкций строительных материалов определяются степенью огнестойкости проектируемого здания. Степень огнестойкости производственных зданий промышленных предприятий устанавливается по таблицам СНиП в зависимости от назначения здания, категории взрыво- и пожароопасности производства, площади цеха или участка, этажности здания и наличия в нем систем пожаротушения.

Важное значение в обеспечении пожарной безопасности принадлежит противопожарным преградам и разрывам. Противопожарные преграды предназначены для ограничения распространения пожара внутри здания. К ним относятся противопожарные стены, перекрытия, двери. Противопожарные стены опираются на фундамент, изготавливаются из несгораемых материалов и имеют огнестойкость не менее 2,5 ч. Противопожарные стены могут возвышаться над крышей, что предотвращает распространение пожара на соседние помещения. Если здание имеет несгораемые покрытия с несгораемым утеплителем или несгораемыми крышами, то противопожарные стены не возвышаются над крышами. Противопожарные двери изготавливаются из несгораемых или трудносгораемых материалов и должны иметь огнестойкость не менее 1,2 ч.

Противопожарные разрывы между соседними производственными зданиями зависят от их огнестойкости, а для складов – от пожарной опасности хранящихся веществ, назначения складов, их вместимости и расположения. При определении противопожарных разрывов исходят из того, что наибольшую опасность в отношении возможности воспламенения соседних зданий представляет действие лучистой энергии, в то время как контактное действие пламени и искр проявляется не во всех случаях.

При строительстве здания предусматривают меры, предупреждающие возникновение взрыва, а также уменьшающие ущерб от взрывной волны. Для защиты от взрывов в наружной части ограждения здания устраивают легкобрасываемые конструкции (окна, двери, распашные ворота, облегченные конструкции). Легкобрасываемые ограждения разрушаются при взрыве, в результате чего давление внутри здания уменьшается, и основные несущие строительные конструкции не разрушаются. При проектировании зданий важным является обеспечение организованного движения людей по цеху или участку в нормальных и аварийных условиях.

Нормы проектирования путей эвакуации рассчитаны на типовые компоновки оборудования в цехах. Однако время эвакуации людей из цехов может быть рассчитано с учетом плотности и пропускной способности людского потока, скорости и продолжительности движения, а также числа людей, участвующих в движении в течение короткого времени, которое определяется кратчайшим расстоянием от места их нахождения до выхода наружу. При этом движение людей во время пожара должно быть безопасным.

Допустимые расстояния от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода нормируют в зависимости от категории производства, степени огнестойкости здания, объема помещения и числа работников. В производственных помещениях должно быть предусмотрено не менее двух эвакуационных выходов.

Организационно-технические мероприятия включают:

- организацию пожарной охраны предприятия;
- паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений в части обеспечения пожарной безопасности;
- привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения работников правилам пожарной безопасности;
- разработку инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами;
- изготовление средств наглядной агитации;
- нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре;
- разработку мероприятий по действиям администрации и работников коллектива на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей; обеспечение необходимых количеств и видов пожарной техники.

Виды пожарной техники. Пожарная техника, предназначенная для защиты промышленных предприятий, классифицируется на следующие группы:

- пожарные машины;
- установки пожаротушения;
- средства пожарной и охранной сигнализации;
- огнетушители;

- пожарное оборудование;
- ручной инструмент;
- инвентарь и пожарные спасательные устройства.

К автомобилям, используемым при пожаротушении промышленных предприятий, относятся:

- пожарные автоцистерны;
- насосно-рукавные автомобили;
- автолестницы;
- автонасосные станции;
- автомобили пенного и порошкового тушения и т.п.

Число и виды автомобильных средств, необходимых для тушения пожара на предприятии, определяют в зависимости от категории производства по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности; пожароопасных свойств материалов, используемых в производстве; особенностей развития возможного пожара и времени возможного прибытия автомобилей на объект.

На предприятиях широко применяют установки водяного, пенного, парового, газового и порошкового пожаротушения. Тушение пожара водой является наиболее дешевым и распространенным средством. Попадая в зону горения, вода нагревается и испаряется, отнимая большое количество теплоты от горящих веществ. При испарении воды образуется большое количество пара, который затрудняет доступ воздуха к очагу горения. Кроме того, сильная струя воды может сбить пламя, что облегчает тушение пожара.

Вода используется в виде компактных или распыленных струй, в тонкораспыленном состоянии со смачивателями, которые применяют при тушении веществ, плохо смачивающихся водой. В виде компактных и распыленных струй, подаваемых из лафетных и ручных пожарных стволов, вода применяется для тушения большинства твердых горючих веществ и материалов, за исключением расплавленного металла и ряда других веществ, которые при взаимодействии с водой усиливают реакцию горения. Вода используется также для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара. Тонкораспыленная вода эффективно тушит твердые материалы, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости.

Спринклерные установки представляют собой автоматические устройства тушения пожара водой. Их применяют в отапливаемых помещениях. Они состоят из системы водопроводных труб, проло-

женных под потолком, в которые ввинчиваются специальные головки. Головка закрыта клапаном, который удерживается легкоплавким припоем. Повышение температуры до 70–80 °С приводит к расплавлению припоя и открытию головки, из которой поступает, разбрызгиваясь, вода на очаг пожара. На каждые 12 м площади помещения устанавливается одна головка. Когда из спринклера начинает поступать вода, на пожарном посту появляется сигнал, указывающий место пожара. Спринклерные установки применяют для автоматического пожаротушения здания и различного технологического оборудования в случаях, когда в качестве огнегасящего вещества допустимо применение воды и пены.

Дренчерные установки представляют собой также систему трубопроводов, но головки этих установок, в отличие от спринклерных, постоянно открыты. Вода поступает при срабатывании специальных клапанов или при открывании задвижек ручным способом. Дренчерные установки используют на открытых площадях, в неотапливаемых помещениях для орошения больших площадей. Их применяют также для создания водяных завес.

Пены, применяемые для тушения пожара, представляют собой массу пузырьков газа, заключенных в тонкие оболочки жидкости. Растекаясь по горячей поверхности, пена изолирует ее от пламени, вследствие чего прекращается поступление паров в зону горения и охлаждение верхнего слоя. По составу пена может быть химической и воздушно-механической.

Химическую пену применяют для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и других веществ, которые можно тушить водой. Используют ее главным образом в огнетушителях. Химическая пена образуется при смешивании растворенной в воде щелочи (с пенообразующими добавками) с кислотой. Разрушаясь при нагревании, она выделяет углекислый газ, который снижает концентрацию кислорода в зоне горения. Химическая пена значительно легче огнеопасных жидкостей, поэтому, плавая на поверхности, она преграждает выход паров горячей жидкости в зону горения и тушит пожар.

Воздушно-механическую пену используют для тушения закрытых объемов (маслоподвалы, насосно-аккумуляторные станции), благодаря ее способности длительно сохранять свою структуру и быстрой подаче в очаг пожара. Она представляет собой коллоидную систему, состоящую из пузырьков воздуха, оболочки которых состоят из воды с добавкой специального пенообразующего вещества.

Пожаротушащий эффект воздушно-механической пены основан на охлаждении очага пожара, а также на изоляции зоны горения от доступа воздуха извне. Воздушно-механическую пену получают с помощью генераторов пены. Вода поступает по магистралям в генератор, куда также идет небольшое количество пенообразующего вещества. В вихревой камере генератора происходит смешивание и вовлечение воздуха из атмосферы. На выходе из пеногенератора в сопле происходит расширение подаваемой смеси и ее вспенивание. Генераторы пены выпускают различной производительности и с различной кратностью пены (20–200 и выше).

Воздушно-механическая пена безвредна для людей, не вызывает коррозии металлов, почти не электропроводна и экономична. Специальные дозирующие устройства с головками для получения пены применяют в спринклерных и дренчерных автоматических установках тушения пожара воздушно-механической пеной.

Установки газового пожаротушения предназначены для автоматического пожаротушения различного технологического оборудования в тех случаях, когда применение других веществ недопустимо. Такие установки используют на крупных агрегатах и установках, где в технологических целях применяют масло. В установках газового пожаротушения используют инертные газы, главным образом углекислый, азот, аргон, фреоны и другие составы. Огнетушащее действие инертных газов заключается в понижении концентрации кислорода в очаге горения и торможении интенсивности горения, а также в отбирании значительного количества теплоты при контакте с очагом горения.

Основными элементами установок газового пожаротушения являются сосуды или баллоны с огнетушащим составом, распределительные трубопроводы, дренчерные оросители или специальные насадки для подачи огнегасящего вещества в помещение, пожарные датчики и пусковое устройство. Установки газового пожаротушения подразделяются на установки объемного и установки локального пожаротушения по объему и по площади.

Установки объемного пожаротушения применяют для помещений объемом до 3000 м^3 при тушении углекислым газом, азотом, аргонem и объемом до 6000 м^3 при тушении фреоном при условии, что площадь открываемых проемов в этих помещениях составляет не бо-

лее 10 % площади ограждающих конструкций помещения. Учитывая, что при объемном способе пожаротушения необходимо создавать огнетушащую концентрацию состава по всему объему помещения, в помещениях большого объема применяют локальный способ тушения с подачей огнетушащего состава непосредственно в зону горения. Установки локального пожаротушения по площади помещения применяют для тушения отдельных очагов пожара с помощью шланга или раструба и размещают таким образом, чтобы к каждому месту возможного очага пожара огнетушащее вещество могло быть подано по двум шлангам.

Для ликвидации небольших загораний, не поддающихся тушению водой и другими огнетушащими средствами, в том числе расплавленного металла, используют порошковые составы. К ним относятся хлориды щелочных и щелочно-земельных металлов (флюсы), карнолит, двууглекислый и углекислый натрий, поташ, квасцы и т.п. Огнетушащее действие сухих порошкообразных веществ заключается в том, что они своей массой, особенно при расплавлении, изолируют зону горения от окислителя, образуя плотную пленку.

Порошковые составы подаются в зону горения от специальных пожарных автомобилей, стационарных установок или от пунктов хранения, где они хранятся в баллонах, ящиках или ведрах. Отрицательным свойством порошков является то, что они не охлаждают, как правило, зону горения, а при длительном хранении могут слеживаться.

К числу средств тушения пожаров, которые могут быть эффективно использованы в начальной стадии пожара, относятся внутренние пожарные краны, огнетушители, кошмы, песок. Внутренние пожарные краны являются элементами противопожарного водоснабжения и предусматриваются в доступных и видных местах (у входов, на лестничных клетках, в коридорах).

Пожарные краны устанавливают в специальных ящиках и к ним подсоединяют пожарные шланги длиной до 20 м с пожарными стволами. Количество кранов определяется из расчета, чтобы каждая точка пространства внутри здания могла орошаться не менее чем двумя струями.

В качестве первичных средств пожаротушения наибольшее распространение получили различные огнетушители: химические пенные ОХП-10, газовые углекислотные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, порошковые

ОПС-10 и специальные огнетушители типа ОУБ. Газовые огнетушители предназначены для тушения небольших очагов горения веществ и электроустановок, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа кислорода воздуха. В качестве огнетушащего средства в основном используют углекислоту.

При быстром испарении углекислоты образуется снегообразная масса, которая, попадая в зону горения, снижает концентрацию кислорода, охлаждает горящее вещество. Ручные огнетушители типа ОУ конструктивно различаются вместимостью баллонов (2,5 и 8 л). Они приводятся в действие вручную открыванием запорного вентиля путем вращения его против часовой стрелки. Через раструб газ подается на очаг пожара. Промышленностью выпускаются передвижные углекислотные огнетушители вместимостью 40 и 80 л.

Порошковые огнетушители предназначены для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов и других соединений. Работа порошковых огнетушителей основана на принципе выбрасывания огнетушащего порошка под действием сжатого воздуха, заключенного в баллончике, который присоединен к корпусу огнетушителя.

Углекислотно-бромэтиловые огнетушители типа ОУБ предназначены для тушения небольших очагов горения волокнистых и других твердых металлов, а также электроустановок. Для обеспечения надежности огнетушителей при пожаре их необходимо подвергать периодической проверке и перезарядке.

Успех ликвидации пожара на производстве зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Поэтому цехи, склады и административные помещения оборудуют пожарной сигнализацией. Пожарная сигнализация может быть электрическая и автоматическая. Электрическая сигнализация состоит из извещателей, установленных на видных местах в производственных помещениях, а также и вне их, для того чтобы возникший вблизи пожар не мог препятствовать подходу к извещателю. В автоматической пожарной сигнализации используют датчики, реагирующие на повышение температуры до определенного уровня, на излучение открытого пламени, дыма.

Применение того или иного извещателя определяется характером возможного пожара, контролируемой площадью, условиями производства. С целью более оперативного тушения пожаров и снижения ущерба применяют интегрированные системы противопожарной защиты (рис. 6.5).

Интегрированная система противопожарной защиты предназначена для раннего обнаружения очага возгорания пожара, передачи тревожного сообщения об обнаружении пожара на автоматизированное рабочее место оператора, обработки полученной информации с выдачей сообщения о времени и месте возникновения пожара, выдачи рекомендаций по организации тушения пожара, а также тушения пожара с использованием автоматических установок пожаротушения любого типа.

Внедрение на объекте интегрированной системы противопожарной защиты способствует повышению трудовой дисциплины и неукоснительному соблюдению обслуживающим персоналом правил пожарной безопасности.

Преимущества интегрированной системы противопожарной защиты:

- возможность обнаружения пожара на ранней стадии его развития, выдача сообщения о времени и месте возгорания;
- сокращение времени на принятие решения по организации тушения пожара;
- эффективное управление технологическим оборудованием и автоматическими установками пожаротушения любого типа;
- использование промышленных интерфейсов передачи данных RS-485 и RS;
- возможность наращивания количества объектовых приборов и автоматизированных рабочих мест операторов;
- гибкость, адаптивность конфигурации и высокая надежность системы;
- возможность санкционированного дистанционного включения и отключения режима автоматического запуска устройств пожаротушения в соответствующих зонах;
- контроль исправности приборов, пожарных извещателей, датчиков охранной сигнализации, технологических датчиков защищаемого оборудования, а также линий сигнализации и линий связи;
- создание неподдающегося редактированию протокола событий.

Система раннего обнаружения очагов возгорания

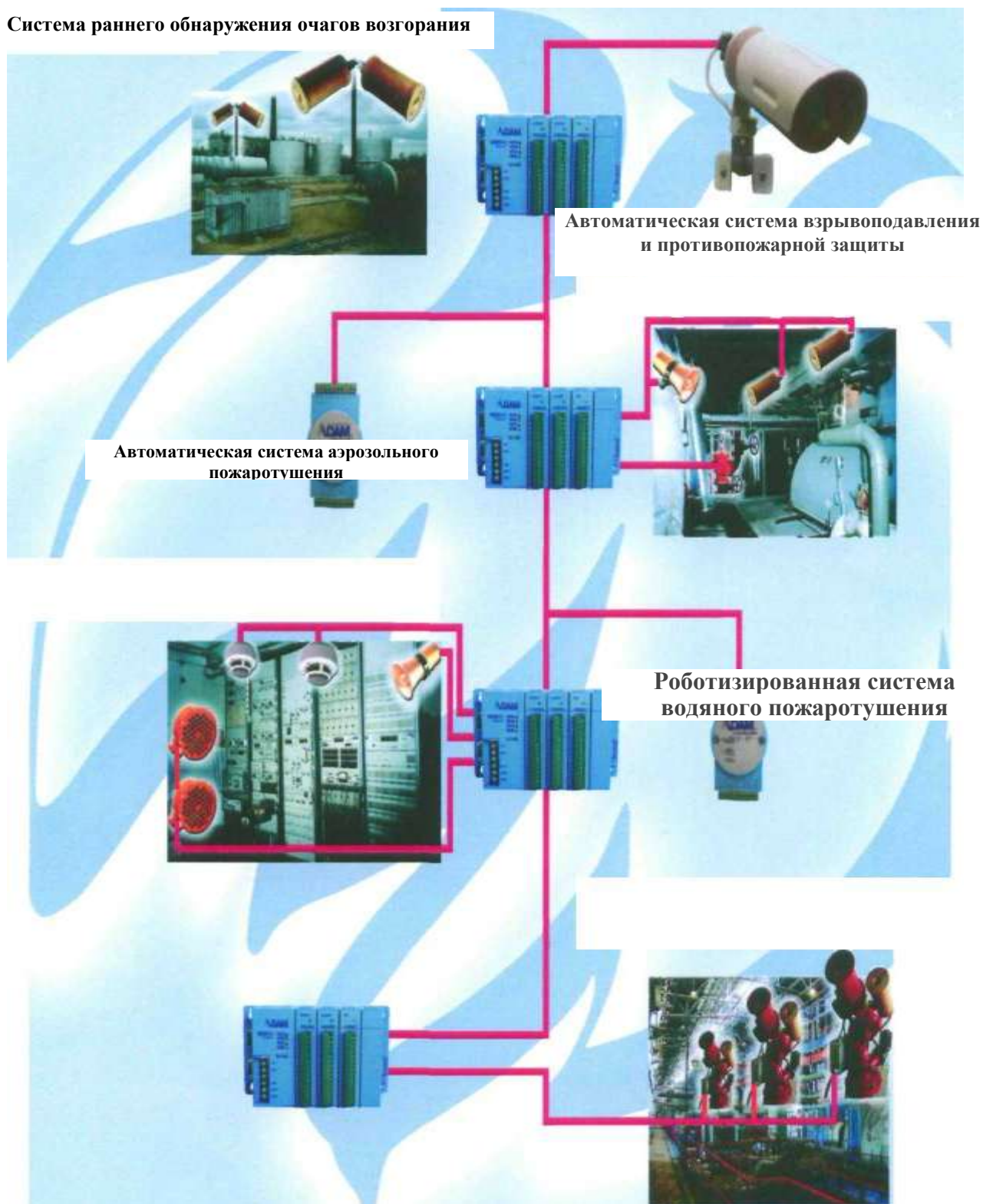


Рисунок 6.5 – Интегрированная система противопожарной защиты

Контрольные вопросы

1. Что относится к основным общесистемным принципам управления безопасностью?
2. На кого возлагается обеспечение безопасных условий труда на предприятиях различных форм собственности и хозяйствования?
3. Какие факторы воздействуют на обеспечение безопасности труда в организации?
4. Назовите оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях при относительной влажности воздуха в диапазоне 40–60 %.
5. Как узнать фактическое состояние воздушной среды в рабочей зоне?
6. Что такое предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
7. Какой вид пыли обладает канцерогенными свойствами?
8. Способ определения концентрации пыли в воздухе производственных помещений.
9. Что такое световой поток? Единица его измерения.
10. Единица измерения силы света. Единица измерения освещенности.
11. Единица измерения яркости.
12. Что такое коэффициент отражения?
13. К чему сводится расчет естественного освещения?
14. Какие лампы применяют для искусственного освещения помещений?
15. Как проявляется воздействие шума на вегетативную нервную систему, при каких уровнях звука?
16. Инфразвук и его действие на человека.
17. Как проводится измерение шума на рабочих местах промышленных предприятий?
18. Что должна обеспечивать фактическая звукоизоляция ограждениями?
19. Звукоизоляция щелями и отверстиями. Принцип действия.
20. За счёт чего достигается повышение звукоизоляции однослойными ограждениями?
21. Что даёт применение многослойных ограждений как способ повышения звукоизоляции?

22. Из чего состоят двойные ограждения типа «сэндвич»?
23. Каково наиболее эффективное средство уменьшения шума от оборудования?
24. Что представляет собой вибрация? К чему ведет длительное воздействие вибрации на человека?
25. Способы борьбы с вибрацией.
26. Что представляет собой электрический удар?
27. На какие три категории разделяются все производственные помещения по опасности поражения электрическим током по правилам устройства электроустановок (ПУЭ)?
28. В чём состоит опасность трехфазных электрических цепей с изолированной нейтралью?
29. В чём состоит опасность трехфазных электрических сетей с заземленной нейтралью?
30. В чём состоит опасность сетей однофазного тока?
31. Как называется напряжение, под которое попадает человек при прикосновении к одному из проводов сети с заземленной средней точкой, в случае прикосновения к двум проводам?
32. Как какие категории делят производство и склады по взрыво- и пожароопасности? Как их обозначают?
33. Что такое огнестойкость строительных конструкций?
34. Сколько эвакуационных выходов должно быть предусмотрено в производственных помещениях?
35. Какие виды пожарной техники вы знаете?
36. Что представляют собой спринклерные установки?
37. Что представляют собой дренчерные установки? В чем состоит их отличие от спринклерных?
38. В каких случаях при тушении применяют химическую пену?
39. Внутренние пожарные краны, их установка, назначение.
40. Первичные средства пожаротушения, их конструкция, характеристика, принцип действия.
41. Пожарная сигнализация. Какие датчики используются при пожарной сигнализации?
42. Что такое интегрированные системы противопожарной защиты? С какой целью их применяют?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебная дисциплина «Эргономика» является основной и обязательной в процессе подготовки специалистов по направлению «Техносферная безопасность», которая рассматривает широкий круг вопросов по обеспечению безопасности человека в производственной деятельности.

Основная задача дисциплины вооружить будущих специалистов теоретическими и практическими навыками, гарантирующими сохранение работоспособности и здоровья человека.

В связи со значительными экономическими потерями, вызванными производственным травматизмом, профессиональными заболеваниями, возрастает значимость разработки новых методов и средств обеспечения безопасности труда, а также новых подходов в обучении охране труда.

Содержащиеся в учебном пособии сведения по охране труда дают общее представление об этой сложной, многофункциональной и разноплановой сфере человеческой деятельности, направленной на обеспечение безопасности труда.

Сложившаяся на рынке труда ситуация требует подготовки специалистов, способных реализовать основные принципы охраны труда на различных уровнях производственной деятельности. Низкое качество подготовки рабочих приводит к высокой текучести и нехватке рабочей силы на работах, связанных с повышенной опасностью в процессе труда и, как следствие, к снижению трудовых ресурсов в связи с производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями.

Специалистам по охране труда многое предстоит освоить и внедрить в производство, чтобы возлагаемые законодательством на них функции, обязанности и ответственность не остались декларированными на бумаге, а превратились в инструмент управления охраной труда, обеспечивающий безопасные и здоровые условия труда работников.

Добиться успеха в области охраны труда можно, объединив усилия федеральных и региональных органов по труду, муниципальных образований, государственного надзора и контроля, законодательных и исполнительных органов власти, работодателей, работников, их объединений, а также ученых и специалистов для трудной и кропотливой работы во имя сохранения жизни и здоровья работников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации // Российская газета. – 1993. – № 237.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30 декабря 2001 г. № 197 ФЗ (в редакции от 30.12.2015 г.) // Собрание законодательства РФ. – М., 2002.
3. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». – М., 2013.
4. *Девисилов, В.А.* Охрана труда: учебник / *В.А. Девисилов*. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2013. – 512 с.
5. *Ефремова, О.С.* Охрана труда от А до Я: практ. пособие / *О.С. Ефремова*. – М.: Альфа-Пресс, 2013. – 672 с.
6. *Карнаух, Н.Н.* Охрана труда: учебник / *Н.Н. Карнаух*. – М.: Юрайт, 2013. – 380 с.
7. *Коробко, В.И.* Охрана труда: учеб. пособие / *В.И. Коробко*. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 239 с.
8. *Михайлов, Ю.М.* Охрана труда в образовательных учреждениях: практ. пособие / *Ю.М. Михайлов*. – М.: Альфа-Пресс, 2011. – 184 с.
9. *Рогожин, М.Ю.* Охрана труда в организациях, осуществляющих образовательную деятельность / *М.Ю. Рогожин*. – М.: Альфа-Пресс, 2013. – 400 с.
10. Безопасность жизнедеятельности: учебник / *С.В. Белов* [и др.]. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 616 с.
11. Охрана труда: сб. нормат. док. – М.: ЭНАС, 2007. – 528 с.
12. *Гридин, А.Д.* Охрана труда и безопасность на вредных и опасных производствах / *А.Д. Гридин*. – М.: Альфа-Пресс, 2011.
13. *Коробко, В.И.* Охрана труда: учеб. пособие / *В.И. Коробко*. – М.: Юнити-Дана, 2012.
14. *Косарев, О.А.* Совершенствование охраны труда на основе концепции профессиональных рисков / *О.А. Косарев, А.В. Москвичев, Н.И. Симонова* // Справочник специалиста по охране труда. – М., 2012. – № 5. – С. 12–24.
15. *Корж, В.А.* Подготовка нормативной базы для внедрения системы управления профессиональными рисками / *В.А. Корж* // Справочник специалиста по охране труда. – М., 2011. – № 2. – С. 10.

16. Корж, В.А. Реформирование системы подзаконных нормативных актов в области охраны труда / В.А. Корж // Справочник специалиста по охране труда. – М., 2010. – № 7. – С. 45–51.

17. Примерный перечень и основные формы документации по пожарной безопасности в образовательном учреждении: учеб.-практ. пособие / И.Б. Кудряшов, Р.В. Сергеев, В.П. Фатеев [и др.]. – Новочеркасск: НОК, 2011.

18. Приказ Минздравсоцразвития РФ № 181н от 01.03.2012 г. «Об утверждении Типового перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровня профессиональных рисков». – М., 2012.

19. Приказ Минтруда РФ № 580 н от 10.12.2012 г. «Об утверждении правил финансового обеспечения предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников и санаторно-курортного лечения работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными производственными факторами». – М., 2012.

20. Письмо Минтруда РФ № 38-11 от 23.01.1996 г. «Рекомендации по учету обязательств работодателя по условиям и охране труда в трудовом и коллективном договорах» (в части, не противоречившей трудовому законодательству). – М., 1996.

21. Приказ Минтруда РФ № 80 н от 07.02.2014 г. «О форме и подачи декларации соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда, порядке формирования и ведения реестра деклараций соответствия условий труда, государственным нормативным требованиям охраны труда». – М., 2014.

22. Губинский, А.И. Эргономическое проектирование судовых систем управления / А.И. Губинский. – Л.: Судостроение, 1977.

23. Зинченко, В.П. Эргономические основы организации труда / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов, Г.Л. Смолян. – М.: Экономика, 1974.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (с изменениями на 12 января 2015 года)

I. Общие положения

1. Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (далее – Правила) устанавливают обязательные требования к приобретению, выдаче, применению, хранению и уходу за специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ).

2. Требования настоящих Правил распространяются на работодателей – юридических и физических лиц независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности.

3. В целях настоящего приказа под СИЗ понимаются средства индивидуального пользования, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

4. Работодатель обязан обеспечить приобретение и выдачу прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия СИЗ работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением.

Приобретение СИЗ осуществляется за счет средств работодателя.

Допускается приобретение работодателем СИЗ во временное пользование по договору аренды.

Работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, соответствующие СИЗ выдаются бесплатно.

5. Предоставление работникам СИЗ, в том числе приобретенных работодателем во временное пользование по договору аренды, осуществляется в соответствии с типовыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивиду-

альной защиты (далее – типовые нормы), прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия, и на основании результатов проведения специальной оценки условий труда.

6. Работодатель имеет право с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного представительного органа работников и своего финансово-экономического положения устанавливать нормы бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, улучшающие по сравнению с типовыми нормами защиту работников от имеющихся на рабочих местах вредных и (или) опасных факторов, а также особых температурных условий или загрязнения.

Указанные нормы утверждаются локальными нормативными актами работодателя на основании результатов проведения специальной оценки условий труда и с учетом мнения соответствующего профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа и могут быть включены в коллективный и (или) трудовой договор с указанием типовых норм, по сравнению с которыми улучшается обеспечение работников средствами индивидуальной защиты.

7. Работодатель имеет право с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками представительного органа заменять один вид средств индивидуальной защиты, предусмотренных типовыми нормами, аналогичным, обеспечивающим равноценную защиту от опасных и вредных производственных факторов.

8. Выдача работникам СИЗ, в том числе иностранного производства, а также специальной одежды, находящейся у работодателя во временном пользовании по договору аренды, допускается только в случае наличия сертификата или декларации соответствия, подтверждающих соответствие выдаваемых СИЗ требованиям безопасности, установленным законодательством, а также наличия санитарно-эпидемиологического заключения или свидетельства о государственной регистрации дерматологических СИЗ, оформленных в установленном порядке.

Дерматологические средства индивидуальной защиты кожи от воздействия вредных факторов для использования на производстве подлежат государственной регистрации Роспотребнадзором в соответствии с Постановлениями Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2000 года № 988 «О государственной регистрации новых пищевых продуктов, материалов и изделий» (Собрание законо-

дательства Российской Федерации. 2001. № 1 (ч. II). Ст. 124; 2007. № 10. Ст. 1244) и от 4 апреля 2001 года № 262 «О государственной регистрации отдельных видов продукции, представляющих потенциальную опасность для человека, а также отдельных видов продукции, впервые ввозимых на территорию Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации. 2001. № 17. Ст. 1711).

Приобретение (в том числе по договору аренды) СИЗ, не имеющих декларации о соответствии и (или) сертификата соответствия либо имеющих декларацию о соответствии и (или) сертификат соответствия, срок действия которых истек, не допускаются.

9. Работодатель обязан обеспечить информирование работников о полагающихся им СИЗ. При проведении вводного инструктажа работник должен быть ознакомлен с настоящими Правилами, а также с соответствующими его профессии и должности типовыми нормами выдачи СИЗ.

10. Работник обязан правильно применять СИЗ, выданные ему в установленном порядке.

11. В случае необеспечения работника, занятого на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также с особыми температурными условиями или связанными с загрязнением, СИЗ в соответствии с законодательством Российской Федерации он вправе отказаться от выполнения трудовых обязанностей, а работодатель не имеет права требовать от работника их исполнения и обязан оплатить возникший по этой причине простой (пункт в редакции приказа Минздравсоцразвития России от 27 января 2010 года № 28н – см. предыдущую редакцию).

II. Порядок выдачи и применения СИЗ

12. СИЗ, выдаваемые работникам, должны соответствовать их полу, росту, размерам, а также характеру и условиям выполняемой ими работы.

13. Работодатель обязан организовать надлежащий учет и контроль за выдачей работникам СИЗ в установленные сроки.

Сроки пользования СИЗ исчисляются со дня фактической выдачи их работникам.

Выдача работникам и сдача ими СИЗ фиксируются записью в личной карточке учета выдачи СИЗ, форма которой приведена в приложении к настоящим Правилам.

Работодатель вправе вести учет выдачи работникам СИЗ с применением программных средств (информационно-аналитических баз данных). Электронная форма учетной карточки должна соответствовать установленной форме личной карточки учета выдачи СИЗ. При этом в электронной форме личной карточки учета выдачи СИЗ вместо личной подписи работника указываются номер и дата документа бухгалтерского учета о получении СИЗ, на котором имеется личная подпись работника.

Допускается ведение карточек учета выдачи СИЗ в электронной форме с обязательной персонификацией работника.

Работодатель вправе организовать выдачу СИЗ и их сменных элементов простой конструкции, не требующих проведения дополнительного инструктажа, посредством автоматизированных систем выдачи (вендингового оборудования). При этом требуется персонификация работника и автоматическое заполнение данных о выданных СИЗ в электронную форму карточки учета выдачи СИЗ.

14. При выдаче работникам СИЗ работодатель руководствуется типовыми нормами, соответствующими его виду деятельности.

При отсутствии профессий и должностей в соответствующих типовых нормах работодатель выдает работникам СИЗ, предусмотренные типовыми нормами для работников сквозных профессий и должностей всех отраслей экономики, а при отсутствии профессий и должностей в этих типовых нормах – типовыми нормами для работников, профессии (должности) которых характерны для выполняемых работ.

15. Бригадирам, мастерам, выполняющим обязанности бригадиров, помощникам и подручным рабочим, профессии которых указаны в соответствующих типовых нормах, выдаются те же СИЗ, что и работникам соответствующих профессий.

16. Предусмотренные в типовых нормах СИЗ рабочих, специалистов и других служащих выдаются указанным работникам и в том случае, если они по занимаемой профессии и должности являются старшими и выполняют непосредственно те работы, которые дают право на получение этих средств индивидуальной защиты.

17. Работникам, совмещающим профессии или постоянно выполняющим совмещаемые работы, в том числе в составе комплексных бригад, помимо выдаваемых им СИЗ по основной профессии, дополнительно выдаются в зависимости от выполняемых работ и

другие виды СИЗ, предусмотренные соответствующими типовыми нормами для совмещаемой профессии (совмещаемому виду работ) с внесением отметки о выданных СИЗ в личную карточку учета выдачи СИЗ.

18. Работникам, временно переведенным на другую работу, работникам и другим лицам, проходящим профессиональное обучение (переобучение) в соответствии с ученическим договором, учащимся и студентам образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования на время прохождения производственной практики (производственного обучения), мастерам производственного обучения, а также другим лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя либо осуществляющим в соответствии с действующим законодательством мероприятия по контролю (надзору) в установленной сфере деятельности, СИЗ выдаются в соответствии с типовыми нормами и Правилами на время выполнения этой работы (прохождения профессионального обучения, переобучения, производственной практики, производственного обучения) или осуществления мероприятий по контролю (надзору).

Работники сторонних организаций при выполнении работ в производственных цехах и участках, где имеются вредные и (или) опасные производственные факторы, которые могут воздействовать на работников, должны быть обеспечены своим работодателем СИЗ в соответствии с типовыми нормами, предусмотренными для работников соответствующих профессий и должностей организации, в которую их направляют.

(Абзац дополнительно включен с 23 февраля 2015 года приказом Минтруда России от 12 января 2015 года № 2н)

Руководителям и специалистам, которые в соответствии с должностными обязанностями периодически посещают производственные помещения (площадки) и могут в связи с этим подвергаться воздействию вредных и (или) опасных производственных факторов, должны выдаваться соответствующие СИЗ в качестве дежурных (на время посещения данных объектов).

(Абзац дополнительно включен с 23 февраля 2015 года приказом Минтруда России от 12 января 2015 года № 2н)

19. В тех случаях, когда такие СИЗ, как жилет сигнальный, страховочная привязь, удерживающая привязь (предохранительный пояс), диэлектрические галоши и перчатки, диэлектрический коврик, за-

щитные очки и щитки, фильтрующие СИЗ органов дыхания с противоаэрозольными и противогазовыми фильтрами, изолирующие СИЗ органов дыхания, защитный шлем, подшлемник, накомарник, каска, наплечники, налокотники, самоспасатели, наушники, противошумные вкладыши, светофильтры, виброзащитные рукавицы или перчатки не указаны в соответствующих типовых нормах, они могут быть выданы работникам со сроком носки «до износа» на основании результатов проведения специальной оценки условий труда, а также с учетом условий и особенностей выполняемых работ.

Указанные выше СИЗ также выдаются на основании результатов проведения специальной оценки условий труда для периодического использования при выполнении отдельных видов работ (далее – дежурные СИЗ). При этом противошумные вкладыши, подшлемники, а также СИЗ органов дыхания, не допускающие многократного применения и выдаваемые в качестве «дежурных», выдаются в виде одноразового комплекта перед рабочей сменой в количестве, соответствующем числу занятых на данном рабочем месте

(Абзац дополнительно включен приказом Минздравсоцразвития России от 27 января 2010 года № 28н; в редакции, введенной в действие с 23 февраля 2015 года приказом Минтруда России от 12 января 2015 года № 2н – см. предыдущую редакцию)

20. Дежурные СИЗ общего пользования выдаются работникам только на время выполнения тех работ, для которых они предназначены (абзац в редакции приказа Минздравсоцразвития России от 27 января 2010 года № 28н – см. предыдущую редакцию).

Указанные СИЗ с учетом требований личной гигиены и индивидуальных особенностей работников закрепляются за определенными рабочими местами и передаются от одной смены другой.

В таких случаях СИЗ выдаются под ответственность руководителей структурных подразделений, уполномоченных работодателем на проведение данных работ.

21. СИЗ, предназначенные для использования в особых температурных условиях, обусловленных ежегодными сезонными изменениями температуры, выдаются работникам с наступлением соответствующего периода года, а с его окончанием сдаются работодателю для организованного хранения до следующего сезона

Время пользования указанными видами СИЗ устанавливается работодателем с учетом мнения выборного органа первичной проф-

союзной организации или иного представительного органа работников и местных климатических условий. В сроки носки СИЗ, применяемых в особых температурных условиях, включается время их организованного хранения.

22. СИЗ, возвращенные работниками по истечении сроков носки, но пригодные для дальнейшей эксплуатации, используются по назначению после проведения мероприятий по уходу за ними (стирка, чистка, дезинфекция, дегазация, дезактивация, обеспыливание, обезвреживание и ремонт). Пригодность указанных СИЗ к дальнейшему использованию, необходимость проведения и состав мероприятий по уходу за ними, а также процент износа СИЗ, устанавливаются уполномоченным работодателем должностным лицом или комиссией по охране труда организации (при наличии) и фиксируются в личной карточке учета выдачи.

23. СИЗ, взятые в аренду, выдаются в соответствии с типовыми нормами. При выдаче работнику специальной одежды, взятой работодателем в аренду, за работником закрепляется индивидуальный комплект СИЗ, для чего на него наносится соответствующая маркировка. Сведения о выдаче данного комплекта заносятся в личную карточку учета и выдачи СИЗ работника.

24. При выдаче СИЗ, применение которых требует от работников практических навыков (респираторы, противогазы, самоспасатели, предохранительные пояса, накомарники, каски и др.), работодатель обеспечивает проведение инструктажа работников о правилах применения указанных СИЗ, простейших способах проверки их работоспособности и исправности, а также организует тренировки по их применению.

25. В случае пропажи или порчи СИЗ в установленных местах их хранения по независящим от работников причинам работодатель выдает им другие исправные СИЗ. Работодатель обеспечивает замену или ремонт СИЗ, пришедших в негодность до окончания срока носки по причинам, не зависящим от работника.

26. Работодатель обеспечивает обязательность применения работниками СИЗ (абзац в редакции приказа Минздравсоцразвития России от 27 января 2010 года № 28н – см. предыдущую редакцию).

Работники не допускаются к выполнению работ без выданных им в установленном порядке СИЗ, а также с неисправными, не отремонтированными и загрязненными СИЗ.

27. Работникам запрещается выносить по окончании рабочего дня СИЗ за пределы территории работодателя или территории выполнения работ работодателем – индивидуальным предпринимателем. В отдельных случаях, когда по условиям работы указанный порядок невозможно соблюсти (например, на лесозаготовках, на геологических работах и т.п.), СИЗ остаются в нерабочее время у работников.

28. Работники должны ставить в известность работодателя (или его представителя) о выходе из строя (неисправности) СИЗ.

29. В соответствии с установленными в национальных стандартах сроками работодатель обеспечивает испытание и проверку исправности СИЗ, а также своевременную замену частей СИЗ с понизившимися защитными свойствами. После проверки исправности на СИЗ ставится отметка (клеймо, штамп) о сроках очередного испытания.

III. Порядок организации хранения СИЗ и ухода за ними

30. Работодатель за счет собственных средств обязан обеспечивать уход за СИЗ и их хранение, своевременно осуществлять химчистку, стирку, дегазацию, дезактивацию, дезинфекцию, обезвреживание, обеспыливание, сушку СИЗ, а также ремонт и замену СИЗ.

В этих целях работодатель вправе выдавать работникам 2 комплекта соответствующих СИЗ с удвоенным сроком носки.

31. Для хранения выданных работникам СИЗ работодатель предоставляет в соответствии с требованиями строительных норм и правил специально оборудованные помещения (гардеробные).

32. В случае отсутствия у работодателя технических возможностей для химчистки, стирки, ремонта, дегазации, дезактивации, обезвреживания и обеспыливания СИЗ данные работы выполняются организацией, привлекаемой работодателем по гражданско-правовому договору.

33. В зависимости от условий труда работодателем (в его структурных подразделениях) устраиваются сушилки, камеры и установки для сушки, обеспыливания, дегазации, дезактивации и обезвреживания СИЗ.

IV. Заключительные положения

34. Ответственность за своевременную и в полном объеме выдачу работникам прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия СИЗ в соответствии с типовыми

нормами, за организацию контроля за правильностью их применения работниками, а также за хранение и уход за СИЗ, возлагается на работодателя (его представителя).

35. Государственный надзор и контроль за соблюдением работодателем настоящих Правил осуществляется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и его территориальными органами (государственными инспекциями труда в субъектах Российской Федерации).

36. Контроль за соблюдением работодателями (юридическими и физическими лицами) настоящих Правил в подведомственных организациях осуществляется в соответствии со статьями 353 и 370 Трудового кодекса Российской Федерации, федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, а также профессиональными союзами, их объединениями и состоящими в их ведении техническими инспекторами труда и уполномоченными (доверенными) лицами по охране труда.

ЗАЯВКА
на приобретение специальной одежды, специальной обуви
и других видов средств индивидуальной защиты

на _____ 20 ____ г.

для работников _____

(цех, подразделение)

№ п/п	Наименование профес- сии	Ф.И.О.	Табель- ный номер	Наименование спецодежды, спецобуви и других СИЗ	Модель, тип, марка, вид	Размер, рост	Приме- чание

Руководитель подраз-
деления

(ответственное лицо)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Бухгалтер

(подпись)

(Ф.И.О.)

Лицевая сторона личной карточки

ЛИЧНАЯ КАРТОЧКА N _____
учета выдачи средств индивидуальной защиты

Фамилия –	Пол:
Имя, отчество –	Рост:
Табельный номер –	Размер:
Структурное подразделение –	одежды
Профессия (должность) –	обуви
Дата поступления на работу –	головного убора
Дата изменения профессии (должности) или перевода в другое структурное подразделение –	противогаза
	респиратора
	рукавиц
	перчаток

Предусмотрена выдача

(наименование типовых (типовых отраслевых) норм)

Наименование СИЗ	Пункт по нормам	Единица измерения	Количество на год

С порядком обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, установленным в

(наименование структурного подразделения)

и с нормами выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты **ОЗНАКОМЛЕН**

(подпись)

(дата)

Руководитель структурного подразделения (ответственное лицо)

(подпись)

(дата)

Оборотная сторона личной карточки

Наименование СИЗ	Номер сертификата или декларации соответствия	Выдано				Возвращено				
		Дата	Количество	Процент износа	Подпись получившего СИЗ	Дата	Количество	Процент износа	Подпись сдавшего СИЗ	Подпись принявшего СИЗ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Учебное пособие

ЧЕПЕЛЕВ Николай Иванович

ОРЛОВСКИЙ Сергей Николаевич

ЩЕКИН Артур Юрьевич

Редактор Н.А. Семенова

Электронное издание

Подписано в печать 15.11.2018. Регистрационный номер 24

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117