СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1.Человеческий фактор в обеспечении производственной безопасности

1.1 Характеристики основных форм деятельности человека

1.2 Физиологические характеристики человека

1.3 Психологические характеристики человека

Заключение

Список литературы

Ведение

Деятельность человека с позиции анализа опасностей целесообраз­но рассматривать как систему, состоящую из двух взаимо­связанных сложных подсистем: «человек (организм — личность)» и «среда обитания (производственная среда)». Опасности, формируемые системой «человек (организм — личность)», определяются антропо­метрическими, физиологическими, психофизическими и психологи­ческими возможностями человека выполнять производственную деятельность. Они рассматриваются в данной работе.

# ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФAKTОP В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**1.1 Характеристики основных форм деятельности человека.**

Деятельность человека носит самый разнообразный характер. Не­смотря на это, ее можно разграничить на три основные группы по характеру выполняемых человеком функций (рис.1). **Физический труд**. Физическим трудом (работой) называют выпол­нение человеком энергетических функций в системе «человек — ору­дие труда». Физическая работа требует значительной мышечной активности. Она подразделяется на два вида: динамическую и статическую. Дина­мическая работа связана с перемещением тела человека, его рук, ног, пальцев в пространстве; статическая — с воздействием нагрузки на верхние конечности, мышцы корпуса и ног при удерживании груза, при выполнении работы стоя или сидя. Динамическая физическая работа, при котором в процессе трудовой деятельности задействовано более 2/3 мышц человека, — называется общей, при участии в работе от 2/3 до 1/3 мышц человека (мышцы только корпуса, ног, рук) — региональной, при локальной динамической физической работе задей­ствовано менее 1/3 мышц (например, набор текста на компьютере). Физическая тяжесть работы определяется энергетическими затратами в процессе трудовой деятельности и подразделяется на следующие категории: легкие, средней тяжести и тяжелые физические работы.

Деятельность человека

Умственный труд

Механизированные формы физического труда

Физический труд

Рисунок 1. Основные формы деятельности человека

*Легкие физические работы* (категория I) подразделяются на две категории: 1а, при которой энергозатраты составляют до 139 Вт, и 16, при которой энергозатраты составляют 140—174 Вт. К категории 1а относятся работы, проводимые сидя и сопровождающиеся незначи­тельным физическим усилием. К категории 16 относятся работы, проводимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим усилием. *Физические работы средней тяжести* (категория II) подразделяются на две категории: На, при которой энергозатраты составляют 175—232 Вт, и IIб, при которой энергозатраты составляют 233—290 Вт. К категории Па относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенных физических усилий. К категории IIб отно­сятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и перенесением тяжестей массой до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим усилием. *Тяжелые физические работы* характеризуются расходом энергии более 290 Вт. К этой категории относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и перенесением значитель­ных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий. **Энергетические затраты на мышечную работу.** Затраты энергии на мышечную работу в труде (сверх уровня покоя и независимо от влияния эмоций, связанных с работой, влияния температуры воздуха и пр.) могут быть рассчитаны для среднего рабочего как сумма затрат на поддержание рабочей позы (табл.1) и на выполняемую мышцами механическую работу (табл.2). **Механизированные формы физического труда в системе «человек — машина».** Человек выполняет умственные и физические функции. Деятельность человека (далее человека-оператора) происходит по од­ному из процессов:

детерминированному — по заранее известным правилам, инструк­циям, алгоритмам действий, жесткому технологическому графику и т. п.;

Таблица 1. Энергетические затраты на поддержание рабочей позы

|  |  |
| --- | --- |
| Поза | Количество затрачиваемой энергии, кДж/мин |
| Сидя | 1,3 |
| На коленях | 2,1 |
| На корточках | 2,1 |
| Стоя | 2,5 |
| Стоя в наклоне более чем на 15 % и другие неудобные позы | 3,4 |

Таблица 2. Энергетические затраты при выполнении мышцами механической работы

|  |  |
| --- | --- |
| Части тела, занятые в работе | Количество затрачиваемой энергии при условных степенях интенсивности работы, кДж/мин |
| 1 | 2 | 3 |
| Кисти и пальцы рук | 1,7(1,3-2,5) | 3,0(2,5-3,8) | 4,2(3,8-5,0) |
| Руки | 4,6(2,9-5,9) | 7,6(5,9-9,2) | 10,9(9,2-12,6) |
| Руки и туловище, а также одновременная работа трех или четырех ко­нечностей | 13,9(10,5-16,8) | 21,0(16,8-25,2) | 30,2(25,5-35,7) |

недетерминированному — когда возможны неожиданные события в выполняемом технологическом процессе, неожиданное появление сигналов, но в то же время известны управляющие действия при появлении неожиданных событий (расписаны правила, инструкции и т.п.) в выполняемом процессе. Различают несколько типов операторской деятельности в техниче­ских системах, классифицируемых в зависимости от основной функ­ции, выполняемой человеком, и доли мыслительной и физической загрузки, включенных в операторскую работу. Оператор-технолог непосредственно включен в технологический процесс, работает в основном режиме немедленного обслуживания, совершает преимущественно исполнительные действия, руководству­ясь четко регламентирующими действия инструкциями, содержащими, как правило, полный набор ситуаций и решений. Это — операторы технологических процессов, автоматических линий и пр. Оператор-манипулятор (машинист). Основную роль в его деятель­ности играют механизмы сенсомоторной регуляции (исполнения дей­ствий) и в меньшей степени — понятийного и образного мышления. К числу выполняемых им функций относится управление отдельными машинами и механизмами. Оператор-наблюдатель, контролер (например, диспетчер техноло­гической линии или транспортной системы). В его деятельности преобладает удельный вес информационных и концептуальных моделей. Оператор работает как в режиме немедленного, так и отсроченного обслуживания в масштабах реального (настоящего) времени. В его деятельности в значительной мере используется аппарат понятийного мышления и опыт, заложенный в образно-концептуальных моделях. Физическая работа здесь играет несущественную роль. Функционирование организма требует протекания в нем химиче­ских и биохимических процессов в достаточно строгих температурных пределах. Для температуры тела это интервал находится в пределах 36,5—37,0° С. В процессе взаимодействия человека с окружающей средой темпе­ратура тела может значительно изменяться, что связано с температурой, влажностью и подвижностью воздуха в окружающей среде, а также тепловой радиацией от различных видов оборудования, используемых в производственной среде. Приспособление организма человека к изменениям параметров состояния окружающей среды выражается в способности протекания в нем процессов терморегуляции. Терморегуляция — совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание по­стоянства температуры тела (≈ 36—37 °С). Это обеспечивает нормаль­ное функционирование организма, способствует протеканию биохи­мических процессов в организме человека. Терморегуляция (*Q*) иск­лючает переохлаждение или перегрев организма человека. Поддержа­ние постоянства температуры тела определяется теплопродукцией организма (*М*), т.е. процессами обмена веществ в клетках и мышечной дрожью, теплоотдачей или теплоприходом (*R*) за счет инфракрасного излучения, которое излучает или получает поверхность тела; теплоот­дачей или теплоприходом за счет конвекции (*С*), т.е. через нагрев или охлаждение тела воздухом, омываемым поверхность тела; теплоотдачей (*Е*), обусловленной испарением влаги с поверхности кожи, слизистых оболочек верхних дыхательных путей, легких. Терморегуляция, таким образом, обеспечивает равновесие между количеством тепла, непре­рывно образующимся в организме и излишком тепла, непрерывно отдаваемым в окружающую среду, т.е. сохраняет тепловой баланс организма.

Терморегуляцию можно представить следующим выражением:

Q = M ± R ± C — E.

В нормальных условиях при слабом движении воздуха человек в состоянии покоя теряет в результате тепловой радиации около 45 % всей вырабатываемой организмом тепловой энергии, конвекцией до 30 % и испарением до 25 %. При этом свыше 80 % тепла отдается через кожу, примерно 13 % через органы дыхания, около 7 % тепла расходу­ется на согревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха. При покое организма и температуре воздуха 15 °С потоотделение незначительно и составляет примерно 30 мл за 1 ч. При высокой температуре (30 °С и выше), особенно при выполнении тяжелой фи­зической работы, потоотделение может усиливаться в десятки раз. Так, в горячих цехах при усиленной мышечной работе количество выделяемого пота 1—1,5 л/ч, на испарение которого затрачивается около 2500-3800 кДж. Различают острые и хронические формы нарушения терморегуля­ции. Острые формы нарушения терморегуляции:

* тепловая гипертермия — теплоотдача при относительной влаж­ности воздуха 75-80 % — легкое повышение температуры тела, обиль­ное потоотделение, жажда, небольшое учащение дыхания и пульса. При более значительном перегреве возникает также одышка, головная боль и головокружение, затрудняется речь и др.
* судорожная болезнь — преобладание нарушения водно-солево­го обмена — различные судороги, особенно икроножных мышц, и сопровождаемые большой потерей пота, сильным сгущением крови. Вязкость крови увеличивается, скорость ее движения уменьшается и поэтому клетки не получают необходимого количества кислорода.
* тепловой удар—дальнейшее протекание судорожной болезни — потеря сознания, повышение температуры до 40—41 °С, слабый учащенный пульс. Признаком тяжелого поражения при тепловом ударе является полное прекращение потоотделения.

Тепловой удар и судорожная болезнь могут заканчиваться и смер­тельным исходом. Хронические формы нарушения терморегуляции приводят к изменениям в состоянии нервной, сердечнососудистой и пищеварительной системе человека, формируя производственно-обусловленные заболе­вания. Длительное охлаждение часто приводит к расстройству деятельно­сти капилляров и мелких артерий (ознобление пальцев рук, ног и кончиков ушей). При этом происходит и переохлаждение всего орга­низма. Широко распространены вызываемые охлаждением заболева­ния периферийной нервной системы, особенно пояснично-крестцовый радикулит, невралгия лицевого, тройничного, седалищного и других нервов, обострения суставного и мышечного ревматизма, плев­рит, бронхит, асептическое и инфекционное воспаление слизистых оболочек дыхательных путей и др. Влажный воздух лучше проводит тепло, а подвижность его увели­чивает теплоотдачу конвекцией — это приводит к большому обморо­жению (даже смерти) при условии низкой температуры, высокой влажности и подвижности воздуха. Выделяют три стадии охлаждения организма челове­ка, которые характеризуются следующими показателями:

I—II стадии температура тела от 37 до 35,5° С. При этом происходит:

* спазм сосудов кожи;
* урежение пульса;
* снижение температуры тела;
* повышение артериального давления;
* увеличение легочной вентиляции;
* увеличение теплопродукции.

Таким образом, в пределах до 35 °С организм пытается бороться собственными силами против охлаждающего микроклимата.

III стадия —температура тела ниже 35 °С. При этом происходит:

* падение температуры тела;
* снижение деятельности центральной нервной системы;
* снижение артериального давления;
* уменьшение легочной вентиляции;
* уменьшение теплопродукции.

Заболевания, вызываемые охлаждением: обморожения, отеки лок­тей и ступней, острые респираторные заболевания и грипп. Создание благоприятного микроклимата рабочей зоны является гарантом поддержания терморегуляции организма, повышения рабо­тоспособности человека на производстве. **Умственный труд (интеллектуальная деятельность).** Этот труд объ­единяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующие преимущественного напряжения внимания, сенсорного аппарата, памяти, а также активации процессов мышления, эмоцио­нальной сферы (управление, творчество, преподавание, наука, учеба и т. п.). *Операторский труд* — отличается большой ответственностью и вы­соким нервно-эмоциональным напряжением. *Управленческий труд* — определяется чрезмерным ростом объема информации, возрастанием дефицита времени для ее переработки, повышения личной ответствен­ности за принятие решений, периодическим возникновением конф­ликтных ситуаций. *Творческий труд* — требует значительного объема памяти, напряжения внимания, нервно-эмоционального напряжения. *Труд преподавателя* — постоянный контакт с людьми, повышенная ответственность, дефицит времени и информации для принятия реше­ния,— это обуславливает высокую степень нервно-эмоционального напряжения. *Труд учащегося* — память, внимание, восприятие, нали­чие стрессовых ситуаций. При интенсивной интеллектуальной деятельности потребность мозга в энергии повышается, составляя 15-20 % от общего объема в организме. При этом потребление кислорода 100 г коры головного мозга оказывается в 5 раз больше, чем расходует скелетная мышца такого же веса при максимальной нагрузке. Суточный расход энергии при умственном труде составляет от 10,5 до 12,5 МДж. Так, при чтении вслух расход энергии повышается на 48 %, при выступлении с публич­ной лекцией — на 94 %, у операторов вычислительных машин — на 60—100 %. При выполнении человеком умственной работы при нервно-эмо­циональном напряжении имеют место сдвиги в вегетативных функциях человека: повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение легочной вентиляции и потребление кислорода, повышение темпера­туры тела. По окончании умственной работы утомление остается дольше, чем при физической работе. При эксплуатации технических систем в любой области среды обитания чело-век-руководитель управляет не техническими компонен­тами системы или отдельной машиной, а другими людьми. Управление осуществляется как непосредственно, так и опосредованно — через технические средства и каналы связи. К этой категории персонала относятся организаторы, руководители различных уровней, лица, при­нимающие ответственные решения, обладающие соответствующими знаниями, опытом, навыками принятия решения, интуицией и учиты­вающие в своей деятельности не только возможности и ограничения технических систем и их компонентов, но и в полной мере особенности подчиненных — их возможности и ограничения, состояния и настро­ения. **Тяжесть и напряженность труда**. Тяжесть труда является количест­венной характеристикой физического труда. Напряженность труда — количественная характеристика умственного труда. Она определяется величиной информационной нагрузки. На производстве различают четыре уровня воздействия факторов условий труда на человека:

* комфортные условия труда обеспечивают оптимальную дина­мику работоспособности человека и сохранение его здоровья;
* относительно дискомфортные условия труда при воздействии в течение определенного интервала времени обеспечивают заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывают субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;
* экстремальные условия труда приводят к снижению работоспо­собности человека, не вызывают функциональные изменения, выво­дящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим изменениям;
* сверхэкстремальные условия труда приводят к возникновению в организме человека патологических изменений и к потере трудоспособности.

Медико-физиологическая классификация тяжести и напряженно­сти труда проводится на основании комплексной количественной оценки факторов условий труда, называемой интегральной величиной тяжести и напряженности труда (Ит). К I категории относят работы, выполняемые в оптимальных усло­виях труда при благоприятных нагрузках. II категория включает работы, выполняемые в условиях, соответствующих предельно допустимым значениям производственных факторов. К III категории относят рабо­ты, при которых вследствие не вполне благоприятных условий труда у людей формируются реакции, характерные для пограничного состоя­ния организма (ухудшение некоторых показателей психофизиологического состояния к концу работы). IV категория включает работы, при которых неблагоприятные условия труда приводят к реакциям, харак­терным для предпатологического состояния у большинства людей. К V категории относят работы, при которых в результате воздействия весьма неблагоприятных условий труда у людей в конце рабочего периода формируются реакции, характерные для патологического функционального состояния организма. VI категория включает работы, при которых подобные реакции формируются вскоре после начала трудового периода (смены, недели). I и II категории тяжести и напряженности труда соответствуют комфортным производственным условиям, III — относительно дис­комфортным, IV и V — экстремальным и VI — сверхэкстремальным. Категорию тяжести и напряженности труда определяют расчетным путем. Для этого каждый фактор производственных условий оценивают по шестибалльной системе с помощью специальных таблиц. Интег­ральная оценка тяжести и напряженности труда рассчитывается по формуле:

, (1)

где хОП — определяющий (самый большой по баллу) элемент условий труда на *i* -ом рабочем месте; *j* — сумма баллов всех *i -* ых биологически значимых элементов без определяющего элемента на *j* -ом рабочем месте; *n* — число всех элементов, имеющихся на рабочем месте; х*ij* — балльная оценка *i* -го фактора на  *j*-ом рабочем месте. Каждый элемент условий труда на рабочем месте получает оценку от 1 до 6 в зависимости от своей величины и продолжительности действия (экспозиции). При экспозиции меньше 90 % времени восьмичасовой рабочей смены фактическая оценка элемента в баллах составит:



где хmax — максимальная оценка элемента при экспозиции от 90 % и более; Tфi — фактическая продолжительность действия элемента в течение рабочей смены, мин; 480 — фон рабочего времени восьмича­совой рабочей смены, мин. В этом случае вместо х*ij* в формуле (1) расчета Ит используют xфi. При наличии на рабочем месте факторов, имеющих с учетом экспозиции оценку 2 балла и более, в расчет оценки принимают только эти биологически значимые факторы. Факторы с оценкой 1 и 2 балла в расчет не принимают. Категорию тяжести и напряженности труда определяют по интег­ральной оценке Ит:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория тяжести труда | 1 | II | III | IV | V | VI |
| Интегральная оценка Ит, балл | 18 | 19—33 | 34^5 | 46—53 | 54—59 | 59,1—60 |

При оценки тяжести физического труда пользуются показателями динамической и статической нагрузки. Показатели динамической на­грузки:

* масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
* расстояние перемещения груза;
* мощность выполняемой работы: при работе с участием мышц нижних конечностей и туловища, с преимущественным участием мышц плечевого пояса;
* мелкие, стереотипные движения кистей и пальцев рук, количе­ство за смену;
* перемещение в пространстве (переходы, обусловленные техно­логическим процессом), км.

Показатели статической нагрузки:

* масса удерживаемого груза, кг;
* продолжительность удерживания груза, с;
* статическая нагрузка за рабочую смену, Н, при удержании груза: одной рукой, двумя руками, с участием мышц корпуса и ног;
* рабочая поза, нахождение в наклонном положении, процент сменного времени;
* вынужденные наклоны корпуса более 30°, количество за смену;
* линейный пространственный компоновочный параметр эле­ментов производственного оборудования и рабочего места, мм;
* угловой пространственно-компоновочный параметр элементов производственного оборудования и рабочего места, угол обзора;
* значение сопротивления приводных элементов органов управле­ния (усилие, необходимое для перемещения органов управления), Н.

Динамическую физическую нагрузку определяют, как правило, одним из следующих показателей:

1) работой (кг«м);

2) мощностью усилия (Вт); статическую физическую нагрузку определяют в кг/с.

Для определения динамической работы, выполняемой человеком в каждом отдельном отрезке рабочей смены, рекомендуется пользо­ваться следующей формулой:

*W= (РН + (PL/9) + РН*1*/2))К*, (3)

где *W*— работа, кг м; *Р* — масса груза, кг; *Н* — высота, на которую помещают груз из исходного положения, м; *L* —расстояние, на кото­рое перемещают груз по горизонтали, м; *Н*1 —расстояние, на которое опускают груз, м; *К* — коэффициент, равный 6. Для расчета среднесменной мощности следует суммировать работу, произведенную человеком за всю смену, и разделить ее на длительность смены:

*N= WK*1*/t,*  (4)

где *N*— мощность, Вт, *t* — длительность смены, с; *K*1 — коэффициент перевода работы (*W*) из кг⋅м в Джоуль (Дж), равный 9,8.

Статическая нагрузка — это усилия на мышцы человека без пере­мещения тела или его отдельных частей. Величина статической нагруз­ки определяется произведением величины усилия на время поддержания (в случае различных величин усилий время поддержания каждого из них определяют отдельно, находят произведения величины усилия на время поддержания и затем эти произведения суммируют). При оценке напряженности умственного труда используют пока­затели внимания, напряженности зрительной работы и слуха, моно­тонности труда.

## 1.2 Физиологические характеристики человека

**Общие характеристики анализаторов.** Целесообразная и безопасная деятельность человека основывается на постоянном приеме и анализе информации о характеристиках внешней среды и внутренних системах организма. Этот процесс осуществляется с помощью анализаторов — подсистем центральной нервной системы (ЦНС), обеспечивающих прием и первичный анализ информационных сигналов. Информация, поступающая через анализаторы, называется сенсорной (от лат. sensus — чувство, ощущение), а процесс ее приема и первичной переработки — *сенсорным восприятием.*

Внешние сигналы

Рецептор

Головной мозг

Нервные связи

Рисунок 2. Функциональная схема анализатора

Общая функциональная схема анализатора представлена на рисунке 2. Центральной частью анализатора является некоторая зона в коре головного мозга. Периферическая часть — рецепторы — находится на поверхности тела для приема внешней информации либо размещена во внутренних системах и органах для восприятия информации об их состоянии (внешние рецепторы в обычной речи называют органами чувств). Проводящие нервные пути соединяют рецепторы с соответст­вующими зонами мозга. В зависимости от специфики принимаемых сигналов различают следующие анализаторы: *Внешние* — зрительный (рецептор — глаз); слуховой (рецептор — ухо); тактильный, болевой, температурный (рецепторы кожи); обоня­тельный (рецептор в носовой полости); вкусовой (рецепторы на по­верхности языка и неба). *Внутренние* — анализатор давления; кинестетический (рецепторы в мышцах и сухожилиях); вестибулярный (рецептор в полости уха); специальные, расположенные во внутренних органах и полостях тела. Рассмотрим основные параметры анализато­ров:

1. Абсолютная чувствительность к интенсивности сигнала (абсо­лютный порог ощущения по интенсивности) — характеризуется ми­нимальным значением воздействующего раздражителя, при котором возникает ощущение. В зависимости от вида раздражителя абсолютный порог измеряется в единицах энергии, давления, температуры, коли­чества или концентрации вещества и т.п. Минимальную адекватно ощущаемую интенсивность сигнала принято называть *нижним порогом чувствительности.* Психофизическими опытами установлено, что величина ощущений изменяется медленнее, чем сила раздражителя. Интенсивность ощу­щений Е выражается логарифмической зависимостью (закон Вебера-Фехнера)

 (5)

где *J* — интенсивность раздражителя; *K* и *С* — константы, определяе­мые данной сенсорной системой.

2. Предельно допустимая интенсивность сигнала (обычно близка к болевому порогу). Максимальную адекватно ощущаемую величину сигнала принято называть *верхним порогом чувствительности.*

3. Диапазон чувствительности к интенсивности — включает все переходные значения раздражителя от абсолютного порога чувстви­тельности до болевого порога.

4. Дифференциальная (различительная) чувствительность к изме­нению интенсивности сигнала — это минимальное изменение интен­сивности сигнала, ощущаемое человеком. Различают абсолютные дифференциальные пороги, характеризуемые значением , и относи­тельные, выражаемые в процентах: , где *J* — исходная интенсивность.

5. Дифференциальная (различительная) чувствительность к изме­нению частоты сигнала — это минимальное изменение частоты *F* сигнала, ощущаемое человеком. Измеряется аналогично дифференци­альному порогу по интенсивности, либо в абсолютных единицах , либо в относительных — .

6. Границы (диапазон) спектральной чувствительности (абсолют­ные пороги ощущений по частоте, длине волны) определяются для анализаторов, чувствительных к изменению частотных характеристик сигнала (зрительного, слухового, вибрационного), отдельно нижний и верхний пороги.

7. Пространственные характеристики чувствительности специфич­ны для каждого анализатора.

8. Для каждого анализатора характерна минимальная длительность сигнала, необходимая для возникновения ощущений. Время, проходя­щее от начала воздействия раздражителя до появления ответного действия на сигнал (сенсомоторная реакция), называют *латентным периодом.*

Величина латентного периода (с) для различных анализаторов следующая:

тактильный (прикосновение)...………………………. 0,09...0,22

слуховой (звук)..........…………………………………. 0,12...0,18

зрительный (свет).........……………………………….. 0,15...0,22

обонятельный (запах).......…………………………….. 0,31...0,39

температурный (тепло-холод)...……………………… 0,28...1,6

вестибулярный аппарат (при вращении)…………….. 0,4

болевой (рана)…………………………………………. 0,13...0,89

9. Адаптация (привыкание) и сенсибилизация (повышение чувст­вительности) — характеризуются временем и присущи каждому типу анализаторов.

Функционирование разных анализаторов существенно изменяется под влиянием неблагоприятных для человека условий. Низке и высокие температуры, вибрации, перегрузки, невесомость, слишком интенсивные потоки информации, ведущие к дефициту времени, и ее недостаток, утомление, вызванное длительной работой или небла­гоприятными условиями, состояние стресса — все эти факторы вызы­вают различные изменения характеристик анализаторов.

Рисунок. 3 Спектральная чувствительность глаза

Чтобы обеспечить достаточную надежность деятельности человека при приеме и анализе сигналов в любых условиях, для практических расчетов рекомендуется использовать не абсолютные и дифференци­альные пороги чувствительности анализаторов к различным характе­ристикам сигналов, а оперативные пороги, характеризующие не минимальную, а некоторую оптимальную различимость сигналов. Обычно оперативный порог в 10-15 раз выше соответствующего абсолютного и дифференциального. **Характеристика зрительного анализатора**. В процессе деятельности человек до 90 % всей информации получает через зрительный анали­затор. Прием и анализ информации происходит в световом диапазоне (380—760 нм) электромагнитных волн. Цветовые ощущения вызыва­ются действием световых волн, имеющих различную длину. Прибли­зительные границы длин и соответствующие им ощущения показаны на рис.3. Глаз различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Наибольшая чувствительность в условиях обычного дневного освеще­ния (*В* = 9,56 кд/м2) достигается при длине волн 554 нм (в желто-зе­леной части спектра) и убывает в обе стороны от этого значения. Характеристикой чувствительности является *относительная видность* — , где — ощущение, вызываемое источником излучения с длиной волны 554 нм; Sλ — ощущение, вызываемое источником той же мощности с длиной волны λ. Полный диапазон световой чувствительности 3⋅10-8-2,25⋅105 кд/м2. Абсолютная слепящая яркость наступает при 225 000 кд/м2. Эффект ослепления может наступить и при меньших яркостях, если скорость нового объекта, попавшего в поле зрения, превысит яркость того объекта, на которую адаптирован глаз. Минимальная интенсивность светового воздействия, вызывающая ощущение света, называется *порогом световой чувствительности*. В качестве меры интенсивности принимается яркость воспринимаемого объекта в канделах на квадратный метр (кд/м2). В случае восприятия объектов, светящихся отраженным светом, яркость рассчитывают по формуле *В= ρЕ*, где *ρ* — коэффициент отражения поверхности; *Е* — освещенность, лк. Порог световой чувствительности изменяется в широких пределах в процессе адаптации зрительного анализатора к внешнему световому воздействию. Наиболее высокая чувствительность, достигаемая в ходе темновой адаптации в течение нескольких (до 3—4) часов, представляет собой абсолютный порог световой чувствительности. Различие предмета на фоне других определяется контрастом его с фоном. Для практических целей используется показатель, именуемый *порогом контрастной чувствительности.* Величина контраста оценива­ется количественно, как отношение разности яркости (кд/м2) предмета и фона к большей яркости:

* темный объект на светлом фоне (прямой контраст):

;

* светлый объект на темном фоне (обратный контраст):



где *В*об и *В*ф — яркости объекта и фона. Оптимальная величина конт­раста считается 0,6-0,9.

Временные характеристики восприятия сигналов:

* латентный период (скрытый период) — время от подачи сигнала до момента возникновения ощущения (0, 15-0,22 с);
* порог обнаружения сигнала при большей яркости — 0,00 1 с, при длительности вспышки 0,1 с. Яркость сигнала практического значения не имеет;
* привыкание к темноте (неполная темновая адаптация) длится от нескольких секунд до нескольких минут;
* восприятие мелькающего света (критическая частота слияния мельканий) изменяется от 14 до 70 Гц в зависимости от яркости импульсов, их формы, угловых размеров объекта, уровня зрительной адаптации, функционального состояния человека и т.п. Для исключения слияния мельканий рекомендуется проецирование сигналов с частотой 3-8 Гц.

При оценке восприятия пространственных характеристик основ­ным понятием является острота зрения, которая характеризуется ми­нимальным углом, под которым две точки видны как раздельные. Острота зрения зависит от освещенности, контрастности, формы объ­екта и других факторов. При оптимальной освещенности (100-700 лк) порог разрешения составляет от Г до 5 мин. При уменьшении конт­растности острота зрения снижается. При восприятии объектов в двухмерном и трехмерном пространстве различают поле зрения и глубинное зрение. Бинокулярное поле зрения охватывает в горизонтальном направлении 120-180°, по вертикали вверх — 55-60° и вниз —65-72°. Опознание взаимного расположе­ния, форм объектов возможно в границах: вверх — 25, вниз—35, право и влево — по 32° от оси зрения. В поле бинокулярного зрения предметы не распознаются, но обнаруживаются. Точное восприятие зрительных сигналов и четкое различение деталей возможно только в центральной части поля зрения размером 3° от оси во все стороны. Глубинное зрение связано с восприятием пространства. Ошибка восприятия абсолютной удаленности составляет 12 % при дистанции 30 м. Восприятие пространства — формы, объема, величины и взаимного расположения объектов, их рельефа, удаленности и направления, в котором они находятся, достигается за счет бинокулярного зрения двумя глазами. Информация об удалении предметов достигается за счет конвер­генции — сведений зрительных осей на объекте восприятия, благодаря чему возникают мышечные двигательные ощущения, которые и дают информацию. **Характеристика слухового анализатора.** С помощью звуковых сиг­налов человек получает до 10 % информации. Характерными особенностями слухового анализатора являются:

* способность быть готовым к приему информации в любой момент времени;
* способность воспринимать звуки в широком диапазоне частот и выделять необходимые;
* способность устанавливать со значительной точностью месторасположение источника звука.

В связи с этим слуховое представление информации осуществля­ется в тех случаях, когда оказывается возможным использовать ука­занные свойства слухового анализатора. Наиболее часто слуховые сигналы применяются для сосредоточенного внимания человека — оператора (предупредительные сигналы и сигналы опасности), для передачи информации человеку-оператору, находящемуся в положе­нии, не обеспечивающим ему достаточной для работы видимости объекта управления, приборной панели и т.п., а также для разгрузки зрительной системы. Для эффективного использования слуховой формы представления информации необходимо знание характеристик слухового анализатора. Свойства слухового анализатора оператора проявляются в восприятии звуковых сигналов. С физической точки зрения звуки представляют собой распространяющиеся механические колебательные движения в слышимом диапазоне частот. Механические колебания характеризуются амплитудой и частотой. Амплитуда — наибольшая величина измерения давления при сгуще­ниях и разрежениях. Частота — число полных колебаний в одну се­кунду. Единицей ее измерения является герц (Гц) — одно колебание в секунду. Амплитуда колебаний определяет величину звукового дав­ления и интенсивность звука (или силу звучания). Звуковое давление принято измерять в Паскалях (Па). Основные параметры (характеристики) звуковых сигналов (колебаний):

* интенсивность (амплитуда),
* частота и форма, которые отражаются в таких звуковых ощуще­ниях как громкость, высота и тембр.

Воздействие звуковых сигналов на звуковой анализатор определя­ется уровнем звукового давления (Па). Интенсивность (сила) звука (Вт/м2) определяется плотностью потока звуковой энергии (плотно­стью мощности). Для характеристики величин, определяющих восприятие звука, существенными являются не только абсолютные значения интенсив­ности звука и звукового давления, сколько их отношение к пороговым значениям (*J*0=10-12 Вт/м2 или Р0=2⋅10-5 Па). В качестве таких относительных единиц измерения используют децибелы (дБ)

,

где *J* и *Р* — соответственно интенсивность и уровень звукового давле­ния, *J*0 и *Р*0 — их пороговые значения.

Интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квад­рату расстояния; при удвоении расстояния снижается на 6 дБ. Абсо­лютный порог слышимости звука составляет (принят) 2⋅10-5 Па (10-12 Вт/м2) и соответствует уровню 0 дБ. Пользование шкалой децибел удобно, так как почти весь диапазон слышимых звуков укладывается менее чем в 140 дБ (рис. 2.13). *Громкость* — характеристика слухового ощущения, наиболее тесно связанная с интенсивностью звука. Уровень громкости выражается в фонах; фон численно равен уровню звукового давления в дБ для чистого тона частотой 1000 Гц. Дифференциальная чувствительность к изменению громкости — *К*=() наблюдается в диапазоне частот 500-1000 Гц. С характеристикой громкости тесно связана характеристика раздражающего действия звука. Ощущение неприятности звуков возрастает с увеличением их громкости и частоты.

Рисунок 4. Диаграмма области слухового восприятия

Минимальный уровень определенного звука, который требуется для того, чтобы вызвать слуховое ощущение в отсутствие шума, назы­вают абсолютным порогом слышимости. Значение его зависит от тона звука (частота, длительность, форма сигнала), метода его предъявления и субъективных особенностей слухового анализатора оператора. Абсо­лютный порог слышимости имеет тенденцию с возрастом уменьшаться (рис.5). Высота звука, как и его громкость, характеризует звуковое ощущение оператора. Частотный спектр слуховых ощущений простирается от 16-20 Гц до 20 000-22 000 Гц. В реальных условиях человек воспринимает звуковые сигналы на определенном акустическом фоне. При этом фон может маскировать полезный сигнал. Эффект маскировки имеет двоякое значение. В ряде случаев фон может маскировать полезный (нужный) сигнал, в некоторых случаях может улучшать акустическую обстановку. Так, известно, имеется тенденция маски­ровки высокочастотного тона низкочастотным, который менее вреден для человека.

Рисунок 5. Зависимость потери слуха с возрастом для различных частот звукового сигнала.

Слуховой анализатор способен фиксировать даже незначительные изменения частоты входного звукового сигнала, т.е. обладает избира­тельностью, которая зависит от уровня звукового давления, частоты и длительности звукового сигнала. Минимально заметные различения составляют 2-3 Гц и имеют место на частотах менее 10 Гц, для частот более 10 Гц минимально заметные различения составляют около 0,3 % частоты звукового сигнала. Избирательность повышается при уровнях громкости 30 дБ и более и длительности звучания, превышающей 0,1 с. Минимально заметные различения частоты звукового сигнала сущест­венно уменьшаются при его периодическом повторении. Оптималь­ными считаются сигналы, повторяющиеся с частотой 2-3 Гц. Слышимость, а следовательно, и обнаруживаемость звукового сигнала зависят от длительности его звучания. Так для обнаружения звуковой сигнал должен длиться не менее 0,1 с. Наряду с рассмотренными звуковыми сигналами в управлении используются речевые сигналы для передачи информации или команд управления от оператора к оператору. Важным условием восприятия речи является различение длительности и интенсивности отдельных звуков и их комбинаций. Среднее время длительности произнесения гласного звука равно примерно 0,36 с, согласного 0,02-0,03 с. Восп­риятие и понимание речевых сообщений существенно зависят от темпа их передачи, наличия интервалов между словами и фразами. Опти­мальным считается темп 120 слов/мин, интенсивность речевых сигна­лов должна превышать интенсивность шумов на 6,5 дБ. При одновременном увеличении уровня речевых сигналов и шумов при постоянном их отношении разборчивость речи сохраняется и даже несколько увеличивается. При значительном увеличении уровня речи и шума до 120 и 115 дБ и соответственно разборчивость речи ухудшается на 20 %. Опознание речевых сигналов зависит от длины слова. Так, односложные слова распознаются в 13 % случаев, шестисложные — в 41 %. Это объясняется наличием в сложных словах большого числа опознавательных признаков. Имеет место повышение до 10 % точности распознавания слов, начинающихся с гласного звука. При переходе к фразам оператор воспринимает не отдельные слова или их сочетания, а смысловые грамматические конструкции, длина которых (до уровня 11 слов) не имеет особого значения. Полезно знать, что используемые стереотипные словосочетания, фразеологизмы, распознаются значительно хуже, чем это можно было ожидать. Увеличение альтернативных слов возможных словосочета­ний, фраз, повышает правильность опознания. Однако включение фраз, допускающих неоднозначность толкования их смыслового со­держания, приводит к замедлению процесса восприятия. Таким образом, вопрос организации звукового и речевого взаимо­действия «оператор — оператор», «техническое средство — оператор» является не тривиальным и его оптимальное решение оказывает суще­ственное воздействие на безопасность производственных процессов. **Характеристика кожного анализатора.** Обеспечивает восприятие прикосновения (слабого давления), боли, тепла, холода и вибрации. Для каждого из этих ощущений (кроме вибрации) в коже имеются специфические рецепторы, либо их роль выполняют свободные нервные окончания. Каждый микроучасток кожи обладает наибольшей чувствительностью к тем раздражителям (сигналам), для которых на этом участке имеется наибольшая концентрация соответствующих рецепторов — болевых, температурных и тактильных. Так, плотность размещения составляет: на тыльной части кисти —188 болевых, 14 осязательных, 7 Холодовых и 0,5 тепловых на квадратный сантиметр поверхности; на грудной клетке соответственно —196, 29,9 и 0,3. Воздействие в этих точках даже не специфическим, но достаточно сильным раздражителем независимо от его характера вызывает специ­фическое ощущение, обусловленное типом рецептора. Например, ин­тенсивный тепловой луч, попадая в точку боли, вызывает ощущение боли. **Чувствительность к прикосновению.** Это — ощущение, возникающее при действии на кожную поверхность раз­личных механических стимулов (прикосновение, давление), вызываю­щих деформацию кожи. Ощущение возникает только в момент деформации. Абсолютный порог тактильной чувствительности опре­деляется по тому минимальному давлению предмета на кожную по­верхность, которое производит едва заметное ощущение прикосновения. Наиболее высокоразвита чувствительность на дистальных частях тела. Примерные пороги ощущений: для кончиков пальцев руки — 3 г/мм2; на тыльной стороне пальца — 5 г/мм2, на тыльной стороне кисти —12 г/мм2; на животе — 26 г/мм2; на пятке — 250 г/мм2. Порог различения в среднем равен примерно 0,07 исход­ной величины давления. Тактильный анализатор обладает высокой способностью к про­странственной локализации. При последовательном воздействии оди­ночных раздражителей ошибка в локализации колеблется в пределах 2-8 мм. Характерной особенностью тактильного анализатора является быстрое развитие адаптации, т.е. исчезновение чувства прикосновения или давления. Время адаптации зависит от силы раздражителя и для различных участков тела может изменяться в пределах 2-20 с. При ритмических последовательных прикосновениях к коже каж­дое из них воспринимается как раздельное, пока не будет достигнута критическая частота *F*кр, при которой ощущение последовательности прикосновений переходит в специфическое ощущение вибрации. В зависимости от условий и места раздражения *F*кр — 5-20 Гц. При *F*>*F*кр от анализа собственно тактильной чувствительности переходят к анализу вибрационной. **Вибрационная чувствительность.** Вибрационная чувствительность обусловлена теми же рецепторами, что и тактильная, поэтому топография распределения вибрационной чувствительности по поверхности тела аналогична тактильной. Диапазон ощущения вибрации высок: 5-12 000 Гц. Наиболее вы­сока чувствительность к частотам 200-250 Гц. При их увеличении и уменьшении вибрационная чувствительность снижается. В этом случае пороговая амплитуда вибрации минимальна и равна 1 мкм. Пороги вибрационной чувствительности различны для разных участков тела. Наибольшей чувствительностью обладают дистальные участки тела человека, т.е. которые наиболее удалены от его медиальной плоскости (например, кисти рук). **Кожная чувствительность к боли.** Этот вид чувствительности обусловлен воздействием на поверхность кожи ме­ханических, тепловых, химических, электрических и других раздражи­телей. В эпителиальном слое кожи имеются свободные нервные окончания, которые являются специализированными нервными ре­цепторами. Между тактильными и болевыми рецепторами существуют противоречивые отношения. Проявляются они в том, что наименьшая плотность болевых рецепторов приходится на те участки кожи, которые наиболее богаты тактильными рецепторами, и наоборот. Противоречие обусловлено различием функций рецепторов в жизни организма. Бо­левые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в частности, рефлекс удаления от раздражителя. Тактильная чувствительность свя­зана с ориентировочными рефлексами, в частности, это вызывает рефлекс сближения с раздражителем. Биологический смысл боли состоит в том, что она, являясь сигна­лом опасности, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность. Болевой порог при механическом давлении на кожу измеряется в единицах давления и зависит от места измерений. Например, порог болевой чувствительности кожи живота составляет 15-20 г/мм2, кончиков пальцев — 300 г/мм2. Латентный период около 370 мс. Крити­ческая частота слияния дискретных болевых раздражителей — 3 Гц. Пороговая плотность потока тепла, вызывающего болевое ощуще­ние, составляет 88 Дж/(м⋅с). **Температурная чувствительность***.* Свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, обеспечиваемой терморегуля­цией. Температура кожи несколько ниже температуры тела и различна, для отдельных участков: на лбу — 34-35 °С, на лице —20-25 °С, на животе — 34 °С, стопах ног — 25-27 °С. Средняя температура свобод­ных от одежды участков кожи 30...32 °С. Коже присущи два вида рецепторов. Одни реагируют только на холод, другие только на тепло. Пространственные пороги зависят от стимулирующих факторов: при контактном воздействии, например, ощущение возникает уже на площади в 1 мм2, при лучевом — начиная с 700 мм2. Латентный период температурного ощущения равен примерно 0,20 с. Абсолютный порог температурной чувствительности определяется по минимально ощу­щаемому изменению температуры участков кожи относительно физи­ологического нуля, т.е. собственной температуры данной области кожи, адаптировавшейся к внешней температуре. Физиологический нуль для различных областей кожи достигается при температурах среды между 12-18°С и 41-42 °С. Для тепловых рецепторов абсолютный порог составляет примерно 0,2 °С, для холодных — 0,4 °С. Порог различи­тельной чувствительности составляет примерно 1 °С. **Кинестетический анализатор.** Обеспечивает ощущение положения и движений тела и его частей. Имеется три вида рецепторов, воспри­нимающих:

1. Растяжение мышц при их расслаблении — «мускульные верете­на»;

2. Сокращение мышц — сухожильные органы Гольджи;

3. Положение суставов (обусловливающее так называемое «сустав­ное чувство»). Предполагается, что их функции выполняют глубинные рецепторы давления.

Возможности двигательного аппарата представляют определенную значимость при конструировании защитных устройств, органов управ­ления. Сила сокращения мышц человека колеблется в широких пре­делах. Например, номинальная сила кисти в 450-650 Н при соответствующей тренировке может быть доведена до 900 Н. Сила сжатия, в среднем равная 500 Н для правой и 450 Н для левой руки, может увеличиваться в два раза и более.

Оптимальные усилия на органы управления:

* для рукояток 20-40 Н (100 Н — максимальное);
* для кнопок, тумблеров, переключателей легкого типа 1400-1600Н, тяжелого —6000-12000 Н;
* для ножных педалей управления от 20-50 (используемых часто) до ЗООН (используемых редко);
* для рычажного управления от 20-40 (используемых часто) до 120-160Н (используемых редко).

Диапазон скоростей, развиваемых движущимися руками человека, находится в пределах 0,01-8000 см/с. Наиболее часто используются скорости порядка 5-800 см/с. Скорость движения больше в направ­лении к себе, чем от себя; в вертикальной плоскости, чем в горизон­тальной; сверху вниз, чем снизу вверх; вперед-назад, чем вправо-влево; слева направо для правой руки и справа налево для левой, чем наоборот. Вращательные движения в 1,5 раз быстрее поступательных. **Обонятельный анализатор.** Предназначен для восприятия челове­ком различных запахов (их диапазон охватывает до 400 наименований). Рецепторы расположены на участке площадью около 2,5 см2 слизистой оболочки в носовой полости. Условиями восприятия запахов являются летучесть пахучего веще­ства (выделение его молекул в свободном виде); растворимость веществ в жирах; движение воздуха, содержащего молекулы пахучего вещества в области обонятельного анализатора. Абсолютный порог обоняния измеряется долями миллиграмма вещества на литр воздуха (мг/л). Запахи могут сигнализировать чело­веку о нарушениях в ходе технологических процессов и об опасностях. **Вкусовой анализатор.** В физиологии и психологии распространена четырехкомпонентная теория вкуса, согласно которой существуют четыре вида элементарных вкусовых ощущений: сладкого, кислого, горького и соленого. Все остальные ощущения представляют их комбинации. Абсолютные пороги вкусового анализатора выражаются в величинах концентраций раствора, и они примерно в 10 000 раз выше, чем обонятельного. Различная чувствительность вкусового анализатора довольно груба, в среднем она составляет 20 %. Восстановление вку­совой чувствительности после воздействия различных раздражителей заканчивается через 10-15 мин.