

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины»

**А. В. Голопятин**

## **ЭРГОНОМИКА И ОСНОВЫ ДИЗАЙНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

**КУРС ЛЕКЦИЙ  
по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 12 01 «Проектирование  
и производство сельскохозяйственной техники»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2013**

УДК 631.3:331.101.1(075.8)  
ББК 40.72я73  
Г61

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 8 от 25.09.2012 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Обработка материалов давлением» ГГТУ им. П. О. Сухого д-р техн. наук,  
проф. *М. Н. Верецагин*

**Голопятин, А. В.**

Г61      Эргономика и основы дизайна сельскохозяйственных машин : курс лекций по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения / А. В. Голопятин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 93 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-137-6.

Представлены особенности проектирования сельскохозяйственных машин, характерные для уборочной техники.

Для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 631.3:331.101.1(075.8)  
ББК 40.72я73**

**ISBN 978-985-535-137-6**

© Голопятин А. В., 2013  
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2013

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭРГОНОМИКИ

Термин «эргономика» в переводе с греческого означает «закон работы». Войтех Ястшембовский, впервые предложивший его в 1857 г., имел в виду науку о труде, основанную на закономерностях науки о природе. Такой же смысл В. Н. Мясищев вкладывал в понятие «эргология», а В. М. Бехтерев – в содержание науки «эргонология». Авторы проектов этих новых даже для 20-х гг. XX столетия научных дисциплин указывали на то, что трудовая деятельность не изучается в целом ни одной из существующих наук, не уместается в рамки ни одного из существующих предметов, несмотря на свою крайнюю важность.

В настоящее время ведущей в эргономике является идея координации работы всех специалистов, занимающихся вопросами труда. Под эргономикой понимается область знания, комплексно изучающая трудовую деятельность человека в системах «человек–техника–среда» (СЧТС) с целью обеспечения ее эффективности, безопасности и комфорта.

Аналогичную область знаний в США называют «человеческими факторами» (human factors).

В СССР человеческий фактор понимается как значительно более широкое явление, охватывающее многообразие качественных характеристик человека – труженика, гражданина, личности, – связанных с формированием и реализацией всего комплекса его физических и духовных свойств и проявлений в самых различных сферах деятельности. Основу такого понимания составляет положение о том, что человек в социалистическом обществе не только решающий фактор, но и цель, высший результат общественного производства. В советской эргономике под человеческим фактором понимается изучение и проектирование реакций человека на характер, содержание, организацию труда и быта в целях достижения общественно значимых результатов.

Предпосылками возникновения и развития эргономики послужили проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники и технологий на современном этапе научно-технической революции и оказавшиеся не разрешимыми средствами только технических и медицинских наук. Необходимо было согласовать рекомендации психологии, физиологии, гигиены труда, дизайна и объединить их в общую систему требований к содержанию и характеру труда в СЧТС. На основе теории и методологии такого объединения и возникла эргономика.

Первой, наиболее существенной проблемой является недостаточная эффективность СЧТС, которая часто оказывается ниже расчетной, ожидаемой. Во многих случаях человек-оператор не в состоянии полностью использовать весь потенциал СЧТС по множеству причин. К ним относятся: несогласованность параметров оборудования и возможностей человека работать в условиях дефицита времени и информации, мощного воздействия внешних факторов (шум, вибрация, излучения, микроклимат и пр.); недооценка заинтересованности человека в использовании новой техники, уровня его интеллектуального и нравственного развития и др. Незнание или игнорирование разработчиком и конструктором этих причин, образующих человеческий фактор, приводило к тому, что производительность новых СЧТС в 70-х–начале 80-х гг. повышалась не более чем на 25–30 %. В результате возникло значительное отставание роста производительности труда от роста мощности применяемой техники. Так, когда на фосфоритных карьерах в Казахстане применялись 27-тонные самосвалы, производительность труда на одного работающего составляла 4327 м<sup>3</sup> в год. Повышение же грузоподъемности новых самосвалов до 40 т привело к снижению производительности труда на одного работающего до 2605 м<sup>3</sup> в год. В сельском хозяйстве наработка у трактора ДТ-54 составляла 9271 га пахоты, а у пришедшего ему на замену более мощного ДТ-75 она оказалась только 8076 га.

Границы применения машин, по К. Марксу, определяются тем, что труд, которого стоит их производство, должен быть меньше того труда, который замещается их производством. Новая техника должна быть непременно эффективнее старой. Однако улучшенные технические параметры сами по себе еще не гарантируют повышения эффективности техники; они реализуются только в том случае, если человек, взаимодействующий с нею, хочет, умеет, может и успевает управлять ею.

Второй проблемой СЧТС является феномен роста травматизма людей, взаимодействующих с техническими системами на производстве, транспорте и в быту. Так, согласно статистическим данным, приведенным на VI конгрессе эргономической ассоциации (Вашингтон, 1976), в 1946 г. в Англии и Уэльсе смертность от инфекционных заболеваний в два раза превышала смертность в результате различных несчастных случаев. В 1961 г. картина здесь резко изменилась: смертность вследствие несчастных случаев в три раза превысила смертность от инфекционных заболеваний. В США появление в 60–70-х гг. новых

поколений техники изменило привычные представления об их опасности для человека на производстве и полезности в быту. На производстве в США ежегодно погибает около 14 тыс. человек и получают увечья 2,3 млн человек. На транспорте, соответственно, погибает приблизительно 45 тыс. человек и более 2 млн остаются калеками. А во взаимодействии с современной сложной бытовой техникой ежегодно гибнет 27,5 тыс. человек и 4,2 млн становятся инвалидами. В целом, если учесть все несчастные случаи в мире, связанные с использованием машин, оборудования, технических устройств, то число ежегодно страдающих от них составит более 10 млн человек, причем около полумиллиона из них погибает.

Анализ причин травматизма показывает, что он часто обусловлен ошибочными действиями людей, связанными с недостатками в конструкции техники, средств отображения информации, органов управления машин и механизмов. Например, очень частая ошибка оператора – неправильная интерпретация показаний приборов – предопределяется плохой их читаемостью, подачей информации не в тот момент, когда она необходима, отсутствием сведений у оператора о том, включен ли прибор, подачей информации, требующей мысленного перевода в другие единицы, и пр. Причиной ошибки и аварии СЧТС может быть отсутствие четкой фиксации органа управления, неестественные направления движения педалей и ручек, их неправильное расположение, неудобная для захвата форма рукоятки и др. Многочисленность и вариативность причин аварий в СЧТС свидетельствуют о необходимости их специального изучения и разработки научно обоснованных методов их предотвращения.

Третья проблема трудовой деятельности человека в СЧТС связана с очень высокой текучестью кадров. В СССР текучесть кадров в промышленности и строительстве колеблется от 4 до 70 % и в среднем равна 30 %. Это означает, что какое-то время простаивают рабочие места, работник, подбирающий себе новое место, не участвует в общественном производстве, осуществляются дополнительные затраты на его переподготовку на новом месте работы и пр. По стране в целом это выливается в огромный экономический ущерб.

Главной причиной кадровой нестабильности является неудовлетворенность работника своим трудом, тем, как спроектирован технологический процесс, как организовано его исполнение. Удовлетворенность определяется мерой совпадения представлений работника о содержании, характере, организации его труда с тем, как труд осу-

ществляется в действительности. В настоящее время эргономисты отмечают усиливающуюся тенденцию к отказу рабочих от тяжелой, опасной, грязной работы. Более половины работающих в СЧТС ориентировано на творческие моменты в труде. Исследования показывают, что малоквалифицированный, неинтересный, физически тяжелый труд не стимулирует развития личности работника, ограничивает его стремление к духовному росту и нередко сопряжен с асоциальными формами поведения.

Процесс превращения труда из средства удовлетворения потребностей в первейшую жизненную потребность связан с преодолением различий между людьми физического и умственного труда, с утверждением социальной однородности труда.

Научно-техническая революция приблизила решение этой задачи. В одном из вариантов работы наладчика, например, наблюдениям за технологическим процессом отводится 58,4–61,8 % рабочего времени, наладке, регулировке и смене инструмента – 22,9–26,1 %, выборочному контролю качества – 0,9–1,3 %, ремонту – 6,7–9,1 %. Предполагалось, что это потребует от рабочего более глубоких знаний, навыков быстрого решения сложных задач. Но оказалось, что внедрение самой современной, в том числе роботизированной, техники не ведет автоматически к появлению и расширению творческих функций и нередко даже способствует их исчезновению. Так, эксплуатация станков с числовым программным управлением снижает требования к квалификации станочника, сводит его деятельность к полупассивному контролю за технологическим процессом. Персонал гибких производственных систем, роботизированных комплексов и других современных технологий отреагировал на новые СЧТС способом, который получил название «психологического барьера». В результате в одиннадцатой пятилетке практическое применение нашло только около половины изготовленных роботов.

Таким образом, действительность показала, что научно-техническая революция является лишь материальной предпосылкой решения проблем сближения физического и умственного труда, нуждающейся в подкреплении проектирования, кроме технической части, и содержания, характера, организации, труда, которые удовлетворили бы работников.

Четвертая проблема современных СЧТС связана с ростом числа нервно-психических заболеваний, вызванных так называемым «индустриальным стрессом». По мнению специалистов, в современных условиях увеличилось воздействие на центральную нервную систему на

производстве, в быту, на отдыхе факторов, часто имеющих стрессогенный характер. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 65 странах мира, где проживает более 3/4 населения земного шара, на учете в психоневрологических учреждениях состоит примерно от 72 до 80 млн психических больных, требующих обязательного стационарного лечения, а прямые денежные затраты, связанные с лечением этих больных, исчисляются суммой в 30 млрд дол.

Значительная часть этих заболеваний обусловлена темпами и особенностями организации современного производства. Симплификация труда и конвейерный способ производства, рост «цены ошибки» работника, ситуации неопределенности, внезапности, новизны, заложенные в технологический процесс, являются причинами индустриального стресса и его последствий – роста нервно-психических заболеваний.

Совершенно очевидно, что при проектировании, внедрении и эксплуатации систем «человек–техника–среда» должны учитываться реальные возможности человека, которому предстоит работать в системе. Эргономист должен отчетливо представлять размер допустимых физических, интеллектуальных, эмоциональных затрат, которых потребует работа с конкретной технической системой, и в соответствии с этим корректировать действия ее создателей: инженера-разработчика, конструктора, технолога.

## 2. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ, ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ЭРГОНОМИКИ

**Цели.** Первой и главной целью эргономики является повышение эффективности СЧТС, под которой понимается способность СЧТС достигать поставленной цели в заданных условиях и с определенным качеством. Снижение эффективности СЧТС свидетельствует в первую очередь о том, что она не в полной мере выполняет свое назначение. В этом случае ее производительность и качество производимого продукта оказываются ниже расчетных, а материальные, энергетические и психические затраты на обеспечение ее функционирования выше запланированных. Эффективность ( $\mathcal{E}$ ) может быть представлена в виде отношения

$$\mathcal{E} = (\text{ПК}/\text{З}) 100 \%,$$

где П – производительность в единицах продукта СЧТС; К – качество продукта; З – материальные, временные, энергетические, психические затраты.

Эффективность СЧТС невозможна без высокой работоспособности и надежности человека-оператора, которые строго определены в эргономике и за обеспечение которых несет ответственность эргономист. Работоспособность – это свойство человека-оператора, определяемое состоянием физиологических и психических функций и характеризующее его способность выполнять определенную деятельность с требуемым качеством и в течение требуемого интервала времени. Надежность – это свойство, характеризующее способность человека-оператора безотказно выполнять деятельность в течение определенного интервала времени при заданных условиях.

Эргономист должен поддерживать трудовые затраты человека-оператора при взаимодействии с технической системой на таком уровне, который позволял бы обеспечить оптимальные работоспособность и надежность оператора. В одних случаях эти трудовые затраты необходимо понижать за счет специального проектирования деятельности оператора, в других, наоборот, повышать их, чтобы поддержать готовность безошибочного и мгновенного реагирования на аварийные ситуации.

Например, использование ЭВМ и робототехники значительно увеличивает эффективность трудовой деятельности, но может и резко повысить психофизические затраты работника в случае пренебрежения эргономическими анализом и проектированием рабочего места оператора, параметров дисплея. Известно, что уже через 15 мин работы на видеотерминале у человека-оператора наблюдается расстройство цветового зрения, появляются признаки утомления глаз. Необходимо учитывать, что он делает от 12 до 33 тыс. движений головой и глазами в течение рабочей смены, считывая при этом от 8 до 18 тыс. знаков в час. Большие трудовые затраты оператора снижают через некоторое время качество и производительность его работы, т. е. эффективность всей системы. Целью эргономики является не только уменьшение трудовых затрат оператора, но и в первую очередь повышение производительности и качества его труда за счет оптимизации его деятельности, совершенствования средств отображения информации, органов управления. Повысить эффективность труда оператора видеотерминала можно путем изменения соотношения яркости экрана и окружающего пространства от 3:1 до 5:1, увеличения минимальных размеров знаков на экране до 3,1–4,2 мм, снижения силы удара по клавише до 25–150 г, уменьшения длины пробега клавиш до 1–4 мм и т. д.



Безопасность труда является второй целью эргономики. По советскому трудовому праву охрана труда гарантирована совокупностью правовых норм, устанавливающих систему мероприятий, непосредственно направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда. К системе техники безопасности относятся службы техники безопасности и производственной санитарии во всех отраслях народного хозяйства. Надзор и контроль за соблюдением правил по охране труда осуществляют специально уполномоченные государственные органы: Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госсаннадзор и др. Кроме них, эту работу ведут профсоюзы и состоящая в их ведении техническая инспекция труда, Советы народных депутатов, прокуратура. Служба надзора и контроля опирается на научно обоснованные, проверенные опытом технические требования, которые, безусловно, обеспечивают безопасность труда работников.

В последние годы распределение причин несчастных случаев в промышленности изменилось. Так, среди причин тяжелых несчастных случаев 22 % приходится на нарушения технологического процесса самими работниками, 19 % – на грубое нарушение правил техники безопасности пострадавшим, 16 % – на плохую организацию рабочего места, 7 % – на неисправность оборудования и 4,3 % – на плохую обученность. Субъективные причины травматизма в промышленности (ошибки человека) начали доминировать над объективными (неисправности техники).

Деятельность человека-оператора стала столь сложна, что именно в ее организации и исполнении оказались сконцентрированными основные причины опасных ошибок, приводящих к травме. Во многих случаях действия человека-оператора являются опасными из-за невозможности их правильного и своевременного выполнения, из-за того что при проектировании технических устройств не учитывался человеческий фактор.

Деятельность человека в СЧТС является таким же предметом изучения и проектирования, как и ее техническая часть. Эргономист должен принимать во внимание: возможности психических процессов человека по приему, переработке информации и принятию правильного решения в конкретных условиях функционирования СЧТС; психические свойства и особенности оператора, проявляющиеся в склонности к более или менее рискованному поведению; его способность работать в состояниях утомления, эмоционального стресса, психической напряженности, монотонии и т. д.

Третьей целью эргономики является обеспечение условий для развития личности трудящегося в процессе труда. Основным путем ее достижения служит постепенное органическое соединение физического и умственного труда в производственной деятельности. Оно включает:

- последовательное повышение содержательности труда всех профилей, повышение его интеллектуальной насыщенности на основе достижений научно-технической революции, ускорение производственного и научно-технического потенциала страны;

- неуклонное повышение общеобразовательной и профессиональной подготовки;

- вовлечение всех трудящихся с учетом их знаний, интересов и склонностей в управление производством, общественными и государственными делами; создание оптимальных условий для сочетания профессионального труда с техническим творчеством в производственной и непроизводственной обстановке.

На достижение этой цели существенно влияет автоматизация производства – генеральная линия научно-технической революции. Чтобы избежать отрицательных социально-психологических и экономических последствий СЧТС, необходимо повышать объем интеллектуальных, творческих операций при работе на ЭВМ, станках с числовым программным управлением, в гибких производственных системах и т. п. в результате целенаправленной деятельности конструкторов и эргономистов. Последние должны исходить из того, что продуктом СЧТС являются не только детали и расчеты, но и сам человек-оператор, растущий и совершенствующийся в процессе труда. Целью СЧТС является не только производимая ею продукция, но и качества производящего ее человека.

При распределении функций между человеком и технической частью СЧТС ее создатели должны основываться на необходимости «задействовать» высшие психические функции оператора – мышление, память, внимание; его нравственные качества – ответственность, решительность, добросовестность, честность, мужество и др., которые появляются, сохраняются и развиваются только в случае систематического их применения как средств труда. Улучшение или ухудшение качества кадров в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте прямо зависит от уровня требований к интеллектуальной и психологической подготовке операторов СЧТС. Трудности внедрения роботизированных комплексов, автоматических систем управле-

ния не в последнюю очередь связаны с неприятием их обслуживающим персоналом, который параметрами оборудования и содержанием технологического процесса обрекается на выполнение вспомогательных операций, базирующихся на простейших психических реакциях. Человек во многих таких системах не может реализовать свои возможности, достоинства, не видит перспективы своего роста.

Истории известно немало примеров, когда обращение к человеческому фактору приводило к поразительному скачку эффективности труда в промышленности. Так, в 1935 г. шахтеры А. Стаханов, Н. Изотов, Ф. Артюхов перекрывали норму добычи угля в 15–20 раз. Фрезеровщик И. Гудов перевыполнял норму в 14 раз. Кузнец А. Бусыгин изготавливал коленчатый вал за 30 с, тогда как в США на эту операцию требовалось 36 с, и т. д. Следовательно, ориентация эргономистов, проектировщиков СЧТС на человека-оператора, развитого в интеллектуальном, нравственном, волевом отношениях, является залогом формирования личности трудящегося.

Рассмотренные выше цели эргономики определяют семь ее теоретических задач:

1. Разработка теоретических основ проектирования деятельности человека-оператора с учетом специфики эксплуатации им технических систем и окружающей среды. На этапе становления эргономики в ней преобладали аналитические исследования, оценивавшие те или иные отдельно взятые технические устройства (и их элементы) с точки зрения их соответствия также отдельно взятым психологическим характеристикам человека. Реальная деятельность человека-оператора в этих исследованиях редуцировалась к элементарным реакциям, поэтому накопленные данные имеют ограниченное значение. Позднее выяснилось, что на скорость обработки информации человеком влияют уровень его работоспособности, состояние, степень его тренированности, особенности мотивации и др. Это определило развитие «антропоцентрического подхода», т. е. подхода от человека к машине. Главным звеном при таком подходе становится проектирование деятельности человека-оператора. Проект деятельности выступает как основа решения всех других задач, связанных с разработкой системы «человек–техника–среда»: от общей задачи определения ее принципиальной схемы до конкретных частных задач – выбора типа органов управления, оформления панелей и шкал приборов и т. п. В результате не человек рассматривается как простое звено, включенное в техническую систему, а машина – как звено, включенное в деятельность человека, пользуясь которым, оператор решает поставленные перед ним задачи.

2. Исследование закономерностей взаимодействия человека с техническими системами и окружающей средой, определяющих качество его деятельности. Единой теоретико-методологической концепцией инженерной психологии и эргономики является концепция человека-оператора, которая реализуется в виде изучения закономерностей осуществления всех нервно-психических процессов в системе мозга как информационных.

В настоящее время изучены механизмы включения всех частных информационных процессов в единую систему общего информационного процесса. Эмпирическим основанием «гипотезы включения», сформулированной А. А. Крыловым, послужили закономерности изменения времени, нужного для выполнения действий типа простой сенсомоторной реакции, в зависимости от временного интервала между сигналами. Примером эмпирической закономерности служит также «закон независимости», согласно которому вероятность точного слежения за многомерным стимулом равна произведению вероятностей точного слежения за каждым из его параметров. Отсюда следует, что реакции на каждый из параметров не зависят друг от друга. Однако в ходе решения задачи и по мере тренировки наблюдаются все большие отклонения от этого закона и субъект начинает отвечать на многомерный стимул единым координированным движением.

Исследователями установлено более 70 эмпирических закономерностей восприятия и переработки информации, выражающихся в различного рода зависимостях, например: зависимости получения и переработки информации человеком – от ее количества; зависимости критической частоты слияния мельканий – от яркости знака, его конфигурации и угловых размеров и др. Задача эргономистов на современном этапе состоит в систематизации этих закономерностей.

3. Формулирование принципов создания СЧТС и алгоритмов деятельности в ней человека-оператора. К числу общих принципов относятся следующие:

– системной эргономичности, которая состоит в том, что эргономическое проектирование должно быть нацелено на достижение наивысших показателей эффективности СЧТС при одновременном соблюдении допустимых или оптимальных условий деятельности человека по социальным, психологическим, физиологическим и медико-гигиеническим критериям;

– адаптивной эргономичности, заключающейся в том, что по мере развития и совершенствования информационно-программно-

технических средств СЧТС эргономические требования должны пересматриваться в направлении улучшения их от допустимых к оптимальным;

– научной эргономичности, состоящей в том, что вопросы эргономического проектирования должны решаться на основе объективных количественных оценок, получаемых на начальных стадиях эргономического проектирования путем расчетно-аналитических, модельных и экспертных оценок, проверяемых опытно-экспериментальным путем на последующих стадиях;

– информационной эргономичности СЧТС, требующей, чтобы информация об объекте, обслуживаемом СЧТС, не только была полной, достоверной, актуальной, т. е. соответствовала истинному состоянию объекта, но и представлялась в виде, удобном для принятия решения человеком;

– программно-интеллектуальной эргономичности, обеспечивающей устойчивую тенденцию разумного освобождения человека от рутинных функций, т. е. монотонных, утомительных, нетворческих операций, и создания условий для максимальной реализации творческого потенциала человека, усиленного интеллектуальными возможностями программного обеспечения, что будет способствовать формированию и развитию личности оператора.

Эти общие принципы в совокупности представляют основу концепции эргономического проектирования.

Конкретные принципы непосредственно связаны с работой человека-оператора. К ним относятся:

– принцип соответствия функций, первое условие которого – сродство однопорядковых элементов – оказывается несостоятельным, так как человек и технические звенья являются разнопорядковыми элементами; второе условие соответствия – общность свойств элементов и свойств системы – выполняется полностью, но только в том смысле, что и оператор, и технические устройства способны к осуществлению информационного процесса;

– принцип актуализации функций, позволяющий рассматривать организацию СЧТС как непрерывный процесс становления функций, в котором система приобретает все новые свойства и все больше свойств становится функциями системы. Этот принцип справедлив для периода, когда обучение и тренировка оператора еще не закончены;

– принцип сосредоточения функций, полностью проявляющийся в организации информационного процесса и в звене «человек–опера-

тор», и в целом СЧТС. Этот принцип отражает иерархию процесса, зависимость осуществления функций более общего уровня от реализации функций менее общего уровня;

– принцип лабильности функций, отражающий возможность перехода живой системы на качественно новый уровень за счет изменения отношения устойчивости структуры к подвижности функции. Этот принцип связан с изменением взаимодействия элементов информационного процесса в период обучения и тренировки оператора вследствие нахождения им новых способов решения оперативных задач;

– принцип стабилизации функций, означающий, что все свойства информационной системы существуют в качестве функций, реализация которых упорядочена во времени и в пространстве;

– принцип компенсации функций, обуславливающий возможность передачи функций вышедших из строя технических устройств и элементов СЧТС, неспособных к самовосстановлению, человеку;

– принцип активизации информационных функций, означающий, что в СЧТС активизация информационных функций осуществляется за счет активного по своей природе поведения самого человека-оператора и за счет введения человеком определенных программ в информационный процесс технической подсистемы.

4. Выдвижение и проверка гипотез о перспективах развития труда человека и связанных с ним технических систем, факторов внешней среды. Известно, что автоматизация меняет взаимоотношения человека и техники в процессе трудовой деятельности. Человек, непосредственно осуществлявший раньше технологический процесс, становится его регулировщиком, наладчиком, программистом. В связи с этим повышаются требования к квалификации и интеллектуальной подготовке кадров; увеличивается доля высококвалифицированных рабочих и специалистов, занятых обслуживанием автоматической техники и технологии; растет производительность труда. Высвобождающиеся трудовые ресурсы «перекачиваются» в другие сферы человеческой деятельности.

Например, по данным П. Мельникова, в США роботы могут выполнять 7 млн видов рабочих операций, т. е. одну треть всех видов работ. В будущем автоматизация должна охватить 65–75 % рабочих мест на американских промышленных предприятиях. К началу XXI в. около 2 млн американцев будут производить, контролировать и ремонтировать роботы, увеличится потребность в проектировщиках новой техники и особенно в составителях программ – понадобится 3,5 млн про-

граммистов. Одновременно к началу нового века потеряют свои рабочие места, если исходить из средних оценок, свыше 15 млн трудящихся, а из 50 млн торговых работников и конторских служащих 38 млн будут заменены автоматами. Таким образом, американскую экономику ожидает массовая внециклическая безработица, признаки которой появляются уже сейчас. Она будет прямым следствием коренных технологических сдвигов в капиталистических условиях.

Общественная система позволяет избежать нежелательных последствий широкого использования электронно-вычислительной техники. Но для этого результаты от применения компьютеров необходимо соотносить с социально-ценностными ориентациями категорий работников и целями развития всей нашей общественной системы. Создание гибких автоматизированных производств в СССР должно планироваться с учетом не только технико-экономических параметров, но и эргономических критериев их социальной эффективности, той роли, которую они играют в возвышении труда, превращении его в важнейшую человеческую потребность.

Научно-техническая революция предопределяет как социально-экономические изменения, так и социально-психологические последствия, первые вестники которых наблюдаются специалистами уже сейчас. Автоматизация производства, устраняя тяжелый физический, малопродуктивный труд, замещает его подчас трудом с недопустимо высокими психофизиологическими и нервно-психическими затратами человека. Появились новые симптомокомплексы болезненных состояний операторов ЭВМ, АСУ, гибких производственных систем. На основании опыта работы с дисплейной аппаратурой Международное бюро труда при ООН установило длительность работы на видеотерминалах не более 4 ч в день при обязательном 15-минутном перерыве через каждые 90 мин.

Ученые высказывают мнение о том, что массовая компьютеризация обучения, труда и быта может изменить свойства интеллекта, сделать человека рациональнее, сузить его духовный мир, привести к переоценке нравственных ценностей. Но до сих пор не установлена точно возможность таких изменений в психологии человека, мера влияния на нее существующих моделей взаимодействия с компьютерами, отсутствуют рекомендации по проектированию деятельности человека в роботизированных системах.

Недостаточная эффективность эргономического прогнозирования приводит к тому, что упускаются из виду психологические про-

блемы, связанные как с организацией непосредственного взаимодействия человека с ЭВМ, так и с внедрением средств автоматизации в уже сложившиеся организационные структуры человеческой деятельности. Очевидна необходимость разработки специальных эргономических мероприятий по преодолению психологического барьера человека при общении с машиной, по улучшению профессиональной подготовки пользователей и по обеспечению их творческих потребностей.

Эргономические прогнозы и гипотезы должны также обеспечить подготовку СЧТС к деятельности в измененных условиях существования. С развитием авиации, освоением космоса и гидросферы, началом добычи полезных ископаемых в труднодоступных регионах планеты появились новые виды деятельности и усложнились традиционные профессии. Психологи изучают различные виды экстремальных воздействий на человека:

- измененную афферентацию в космическом полете, полетах на самолетах, в условиях строгой сенсорной депривации, при погружении в воду и др.;

- измененную информационную структуру в космических полетах и полетах на самолетах, при работе в шахтах, подземных бункерах, на различных специальных тренажерах;

- социально-психологические ограничения при плавании на кораблях, работе в Арктике, полетах в космос;

- угрозу жизни при парашютных прыжках, в космических полетах, при подводной работе и работе в полярных условиях и др.

Таким образом, эргономисты должны прогнозировать и решать множество проблем, связанных с научно-техническим прогрессом.

5. Создание методов исследования, проектирования и эксплуатации СЧТС, обеспечивающих ее безопасность, эффективность и удовлетворенность трудом работающего в ней человека. В настоящее время более 90 % аварий СЧТС происходит вследствие ошибочных действий человека. Причиной этого является то, что совершенствование технического звена системы идет быстрее, чем решение вопросов, связанных с человеческим фактором. В то же время резервы той составляющей общей эффективности, которая определяется совершенствованием технических средств автоматизированных систем, уже значительно исчерпаны. Повышение же эффективности СЧТС за счет организации оптимального взаимодействия технического звена системы и человека-оператора, взаимодействия между отдельными операторами таит в себе существенные резервы.



Решение указанной задачи требует создания соответствующих методов, одним из которых является метод структурно-алгоритмического анализа и синтеза деятельности. Процедуру структурно-алгоритмического моделирования условно можно расчленить на три этапа.

Первый этап – структурный анализ. Основная цель его состоит в выделении по возможности непротиворечивым и удобным образом структурных уровней коллективной и индивидуальной деятельности, режимов работы и задач, решаемых оператором. Для этого проводятся операции по: 1) выделению круга обязанностей каждого из операторов, 2) выделению режимов работы, 3) выделению подмножеств задач для каждого режима и каждого оператора.

Второй этап – алгоритмизация. Основной его целью является получение в матричной и графической форме вероятностных алгоритмов для множества задач, предписываемых операторам. Процедура этапа состоит из следующих операций: 1) построения алгоритма задачи в форме графа Бержа, 2) перечисления реализаций алгоритма, 3) взвешивания реализаций (построения вероятностного алгоритма), 4) нормирования графа алгоритма.

Третий этап – структурно-алгоритмический синтез. Основная цель его заключается в синтезе алгоритмических структур, образованных совокупностью последовательно выполняемых алгоритмов задачи. Соответственно осуществляются операции по: 1) синтезу структуры режима работы, 2) синтезу структуры индивидуальной деятельности, 3) синтезу структуры коллективной деятельности, 4) симметризации и ранжированию матриц, описывающих структуры деятельности.

Такое моделирование, развернутое для конкретной ситуации, позволяет интерпретировать в виде, удобном для инженерного решения, задачу компоновки оборудования на постах централизованного контроля и управления.

6. Разработка специфических категорий эргономики, отражающих особенности ее предмета, содержания и метода. Наличие предельно широких понятий, отображающих наиболее общие, существенные свойства, признаки, отношения предмета исследования, является обязательным условием существования любой области знания. Без них невозможны систематизация и классификация полученного материала. Из более чем 200 понятий, используемых в эргономике, согласованными и общепринятыми являются только 50 категорий. В эргономике разработка, обсуждение и принятие ее основных категорий осуществля-

ются в форме создания государственного стандарта (ГОСТа). Стандартизация инженерно-психологических норм и требований является одним из наиболее эффективных путей внедрения достижений инженерной психологии в практику промышленного производства.

Анализ теоретико-методических и прикладных исследований по инженерной психологии и эргономике показывает, что в них особое внимание уделяется вопросам организации и методам проведения исследований, осуществления практических мероприятий, придания им юридического статуса и закрепления их основных положений в различного ранга документах государственного значения. О необходимости подобного подхода свидетельствуют не прекращающиеся до последнего времени дискуссии о том, что такое «эргономика» – наука или своеобразная технология применения полученных знаний, что такое «человек-оператор» и система «человек–техника». Сейчас разработаны единые нормативные документы, позволяющие упорядочить использование терминов и показателей качества в области эргономической оценки качества СЧТС в государственных и отраслевых стандартах, в межотраслевых методиках, в научной литературе и технической документации.

Основные понятия эргономики сосредоточены в ГОСТе 26387–84 «Система «человек–машина». Термины и определения». Например, система «человек–машина» (СЧМ) по этому стандарту – система, состоящая из человека-оператора (группы операторов) и машины, посредством которой он осуществляет (они осуществляют) трудовую деятельность. Человек-оператор (оператор) – человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой через посредство информационной модели и органов управления. Машиной в СЧМ называют совокупность технических средств, используемых человеком-оператором в процессе деятельности. Деятельность человека-оператора – процесс достижения поставленных СЧМ целей, состоящий из упорядоченной совокупности действий человека, и т. д.

Однако работа по стандартизации основных понятий эргономики, которая должна обеспечить создание требований по эргономическому проектированию деятельности операторов в СЧТС, пока еще далека от завершения.

7. Поиск, обнаружение и описание фактов, демонстрирующих связь качества труда человека с эргономическими параметрами технических систем и внешней среды. В результате исследований эрго-

номистов накоплено большое количество сведений о психологических и психофизиологических характеристиках человека, на которых базируются инженерно-психологические требования к техническим устройствам, окружающей среде. Эти сведения организуются в виде различного рода «банков данных», предназначенных для специалистов, непосредственно занятых созданием СЧТС. В качестве примеров можно назвать справочник под редакцией Б. Ф. Ломова [24] и справочник У. Вудсона и Д. Конновера [6]. Справочники по эргономике и инженерной психологии содержат тщательно проверенные количественные показатели психофизиологических возможностей и особенностей человека и различные зависимости между ними, которые необходимо использовать в проектировании, создании и оценке машин, оборудования, производственной среды, систем управления, промышленных изделий.

Обычно справочники содержат антропометрические данные, данные о функциональных возможностях и характеристиках анализаторных систем, об отдельных действиях человека и о его физиологической и психологической нагрузке.

Антропометрические данные объединяют данные измерений человеческого тела по возрасту, полу, роду занятий, этническому происхождению, а также данные измерений пропорций тела. Для решения отдельных задач предназначены данные о силе, с которой группы мышц воздействуют на физические объекты. Избирательно включаются данные, касающиеся движений частей тела, такие как инерционные свойства и пределы статической нагрузки.

Данные о функциональных возможностях и характеристиках анализаторных систем показывают возможности и особенности аудиовизуальных систем человека в обнаружении, выделении и опознавании сигналов. Данные по другим анализаторным системам – кинестетической, вестибулярной – включаются в тех случаях, когда в них есть необходимость и когда им можно дать точную характеристику.

Данные об отдельных действиях содержат сведения о простых, легко измеряемых и точно охарактеризованных действиях человека с элементами оборудования и системами. Это время простой реакции и реакции выбора; характеристики действий, которые требуются от человека при использовании кнопок, ключей, клавиш и других органов управления; время приема, переработки информации и принятия решений.

Данные о физиологической и психологической нагрузке включают сведения о влиянии таких переменных, как шум, вибрация и температура, на повышение или снижение эффективности деятельности, на развитие или предотвращение утомления, на создание комфортных или дискомфортных условий деятельности.

В связи с развитием эргономических исследований, изменением технологии, появлением принципиально нового оборудования данные пополняются и корректируются, т. е. банки данных постоянно обновляются. Часть сведений становится содержанием нормативно-технической документации – государственных стандартов. Например, особенности восприятия зрительной информации человеком положены в основу стандартов по общим эргономическим требованиям системы «человек–машина» «Кодирование зрительной информации» (ГОСТ 21829–76), «Мнемосхемы» (ГОСТ 21480–76) и др.

При пользовании справочниками следует учитывать, что изменение условий деятельности, индивидуальные особенности оператора, применение для измерений нестандартной аппаратуры могут дать ошибочные данные проектировщику СЧТС. Поэтому участие эргономиста в работе по проектированию и эксплуатации СЧТС с использованием «банков данных» является обязательным.

Теоретические исследования в эргономике сопряжены с решением практических задач, к которым относятся:

8. Эргономическое обеспечение проектирования СЧТС, состоящее из анализа трудовой деятельности оператора, распределения функций между человеком и машиной, прогнозирования численности обслуживающего персонала, учета факторов среды, определения социально-экономической эффективности новой СЧТС.

9. Разработка эргономических основ эксплуатации СЧТС, направленных на достижение социальной однородности труда, создание условий, при которых обеспечиваются развитие личности оператора, сохранение его здоровья и максимальная производительность труда.

10. Эргономическая оценка качества СЧТС, состоящая из установления эргономических требований к объекту, его параметров, эргономических показателей и их оценки и приводящая к установлению эргономического уровня качества объекта с последующим решением в случае необходимости об улучшении качества, выборе другого варианта и т. д. При решении этой задачи можно пользоваться Методическими указаниями по эргономической оценке стационарного производственного оборудования (РД 50-418-83).

**Предмет эргономики.** Предметом эргономики является трудовая деятельность человека в процессе взаимодействия с техническими системами и в условиях существенного влияния на него факторов внешней среды.

Инженерно-психологическое определение деятельности как процесса достижения поставленных перед СЧМ целей, состоящего из упорядоченной совокупности действий, позволяет установить этапы деятельности оператора, их содержание, выполняемые при этом действия и факторы, влияющие на ее успешность.

В инженерной психологии один из научных подходов к пониманию деятельности базируется на том, что деятельность исходит из определенных мотивов и направлена на достижение определенных целей. Отношение «мотив–цель» – это своего рода вектор, задающий ее направленность и интенсивность. В общем смысле мотив – это то, что побуждает человека к деятельности, а цель – то, чего он стремится достигнуть в процессе ее выполнения. Основой мотива является потребность человека, т. е. его объективная необходимость в пище, энергии, информации, движении.

**Методы.** Применяемые в эргономике методы сложились в психологии, физиологии, гигиене и охране труда, функциональной анатомии, социологии. Задачей эргономики является их координация на основе системного подхода. Среди психологических методов различают инженерно-психологические, психофизиологические и персонологические, математические методы и методы моделирования.

Инженерно-психологические методы предназначены для исследования рабочего процесса и работы оператора, функционирования СЧТС, оценки деятельности оператора, анализа его ошибок и факторов внешней среды, для проектирования деятельности.

Психофизиологические и персонологические методы позволяют исследовать организацию психофизиологических функций организма человека-оператора в процессе деятельности, оценивать и контролировать его функциональное состояние, работоспособность, надежность и эффективность деятельности, особенности проявлений его личности и индивидуальности. С помощью этих методов исследователи пытаются понять, каким образом мозгу удается скоординировать все сложнейшие процессы, лежащие в основе управляющих действий оператора и необходимые для поддержания его жизнедеятельности и развития личности.

Математические методы применяются для формализованного описания и построения моделей деятельности оператора. Наиболее

часто для построения моделей применяют следующие теории: информации, массового обслуживания, автоматического управления, автоматов, статистических решений.

Методы моделирования включают предметное, предметно-математическое, знаковое и математическое моделирование. Например, предметное моделирование ведется на модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики «оригинала». Различают статические и функциональные макеты. Первые – это, как правило, трехмерные, выполненные в натуральную величину модели оборудования и его отдельных блоков, которые подвергают испытаниям: а) для решения задач организации рабочего места; б) для проверки размещения органов управления; в) для проверки точности и скорости считывания показаний приборов; г) для определения доступности точек проверки, испытаний, регулировки в процессе технического обслуживания оборудования. Функциональный макет представляет модель оборудования в натуральную величину, которая в отличие от статического макета может воспроизводить реальное функционирование аппаратуры в режимах ручного и автоматического управления. Он может быть использован для изучения трудовой деятельности оператора в имитированных условиях работы с целью сравнения альтернативных вариантов конструкции.

Идеи системного подхода как одной из ведущих современных общенаучных ориентаций определяют многие исходные установки и теоретические положения эргономики. В их числе – стремление к целостному рассмотрению человеко-машинных систем, системно-динамический взгляд на их структуру, включение деятельности человека в предмет научного рассмотрения, тенденция к синтезу различных аспектов исследования, стремление выявить возможные последствия деятельности, человека.

«Система» – слово греческое, буквально означает «целое, составленное из частей». Термин «системный подход» охватывает группу методов, с помощью которых реальный объект описывается как совокупность взаимодействующих компонентов. Под системой понимается такая организация, в которой отдельные элементы целенаправленно работают вместе, чтобы получить выходной эффект, который отдельный элемент сам по себе дать не может. Системная организация должна соответствовать следующим допущениям:

1. Система построена по принципу иерархии, т. е. система более низкого порядка встроена в систему более высокого порядка и т. д.,

и выходной эффект (отдача) системы более низкого порядка воспринимается системой более высокого порядка и преобразуется в процесс.

2. Система целенаправленна. В частности, системы, с которыми взаимодействует человек, целенаправленны, поскольку являются конструкциями, т. е. искусственно созданы человеком. При этом цель служит отправной точкой для разработки СЧТС; цель определяет деятельность создателей и эксплуатационников СЧТС; цель позволяет «судить», правильно ли работает СЧТС.

3. Каждый элемент системы подчинен общей цели.

4. Каждый элемент системы оказывает влияние на все другие элементы.

5. Выходные эффекты отдельных элементов преобразуются в выходной эффект системы.

6. Измерение, оценка, обратная связь являются неотъемлемыми элементами системной организации. Так, если цель СЧТС определена и особенно если она определена количественно, то эта цель устанавливает эталон рабочих характеристик, которого нужно достигнуть.

### **3. СОСТАВ И СТРУКТУРА ЭРГОНОМИКИ**

Признаками эргономического качества СЧТС являются ее высокая эффективность, полная безопасность взаимодействия человека-оператора с техническими устройствами, удовлетворенность человека содержанием, характером, результатами своего труда.

Эргономическую оценку СЧТС можно осуществлять дифференциальным методом, при котором используются отдельные эргономические показатели, или комплексным методом, при котором определяют один обобщенный эргономический показатель. Оценку составляет комплексный эргономический показатель I уровня, характеризующий определенную группу эргономических свойств оборудования, однородных по функциональному назначению:

– обеспеченность эффективности приема и переработки информации;

– обеспеченность эффективности действий при работе на оборудовании;

– уровни факторов, генерируемых оборудованием в рабочую зону.

Его дополняет комплексный эргономический показатель II уровня, характеризующий группу эргономических свойств оборудования, однородных по соответствию тем или иным свойствам человека в процессе трудовой деятельности, и образованный следующими групповы-

ми показателями: антропометрическим, гигиеническим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим.

Перечисленная группа показателей формирует состав эргономики (рис. 1).

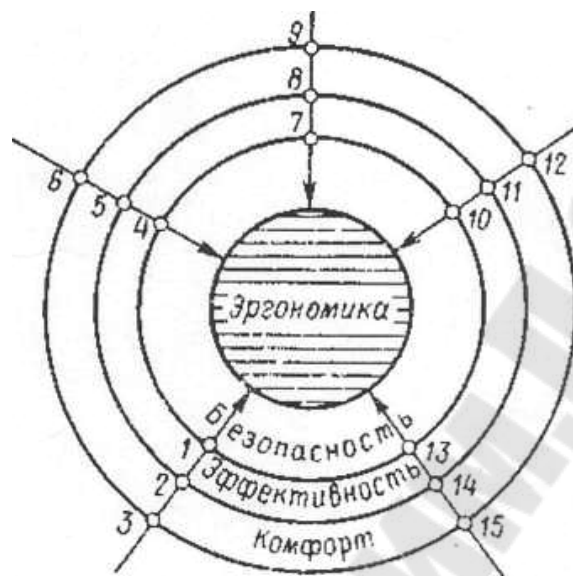


Рис. 1. Состав и структура эргономики

Первый групповой показатель, антропометрический, регламентирует соответствие машины размерам и форме тела работающего человека, подвижности частей тела и другим параметрам. Его единичные показатели обеспечивают рациональную и удобную позу, правильную осанку, оптимальную хватку рукояток, максимальные и оптимальные рабочие зоны рук и ног и т. д. Приводимые в антропометрических справочниках, могут служить лишь для первых, грубых прикидок габаритов проектируемого оборудования. Во всех случаях конструирования СЧТС необходимо прибегать к помощи специалиста, который знаком с измерениями частей тела, соматическими типами тела и художественным проектированием. Для целей проектирования оборудования недопустимо применение антропометрических данных других стран. Например, длина руки, вытянутой вперед, у мужчин в СНГ равна 688–800 мм; для США эти данные иные, 710–840 мм, соответственно. Весьма существенны различия по показателю высоты глаз над полом: 1465–1655 мм, по советским данным, и 1550–1750 мм, по данным США, и т. д. Поэтому применение данных США может привести к размещению средств отображения информации и органов управления за пределами досягаемости для оператора и, следовательно, к провоцированию аварийной ситуации.



Второй эргономический групповой показатель характеризует гигиенические условия жизнедеятельности и работоспособности человека при его взаимодействии с СЧТС. Он предполагает создание на рабочем месте нормальных метеорологических условий микроклимата и ограничение воздействия вредных факторов внешней среды. Групповой показатель составляют единичные показатели освещенности, вентилируемости, температуры, влажности, давления, запыленности, радиации, шума, вибрации, гравитационной перегрузки и ускорений, силы электромагнитных излучений. Превышение допустимых пределов по этим показателям может угрожать жизни и здоровью человека-оператора, вызывать «трудные» психические состояния, снижающие его работоспособность. Известно, например, что оптимальная для работы человека температура окружающей среды равна 18 °С; при повышении температуры до 25 °С начинается физическое утомление и появляются признаки ухудшения психического состояния (раздражительность, напряженность и др.); при 30 °С ухудшается умственная деятельность, замедляются реакции, возникают ошибки; температуру около 50 °С оператор может переносить в течение одного часа.

В эргономике упорядочены основные термины, характеризующие внешнюю среду рабочего места человека-оператора. Под факторами внешней среды на рабочем месте понимаются физические, химические, биологические, информационные, социально-психологические и эстетические свойства СЧТС, воздействующие на человека-оператора. Эргономисты выделяют комфортную, относительно дискомфортную, экстремальную и сверхэкстремальную внешние рабочие среды на рабочем месте оператора.

Комфортная среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья.

Относительно дискомфортная среда, действуя в течение определенного интервала времени, обеспечивает заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека-оператора неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы.

Экстремальная рабочая среда обуславливает снижение работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям.

Сверхэкстремальная среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений и (или) к невозможности выполнения работы.

Третий и четвертый групповые показатели, физиологический и психофизиологический, характеризуют те эргономические требования, которые определяют соответствие СЧТС силовым, скоростным, энергетическим, зрительным, слуховым, осязательным, обонятельным возможностям и особенностям человека. На основании многочисленных экспериментальных данных сформулированы, например, эргономические требования ГОСТа 21829–76 «Кодирование зрительной информации», по которым минимальная допустимая яркость цветных знаков должна быть  $10 \text{ кд/м}^2$ , рекомендуемая –  $170 \text{ кд/м}^2$ , оптимальная угловая величина цветового знака –  $35\text{--}45'$  и т. д. Эргономические требования ГОСТа 21752–76 «Маховики управления и штурвалы» следуют из экспериментально установленных максимальных усилий руки при различных углах сгиба в локте. Например, вытянутой правой рукой оператор может тянуть на себя рукоять с силой до 22 кг, толкать от себя – до 20 кг, выжимать вверх – до 5,5 кг, тянуть вниз – до 7 кг и т. д. В процессе проектирования необходимо отчетливо представлять возрастные, половые, психологические и другие особенности операторов конкретной СЧТС. Так, с возрастом резко падает чувствительность к свету: потребность в освещенности у человека 30-летнего возраста в два раза, у 40-летнего в три, а у 50-летнего в шесть раз больше, чем у 10-летнего. Отсюда следует, что если 30-летнему оператору достаточно освещенности в 1000 лк для максимально точного восприятия деталей, то для создания аналогичных условий 50-летнему необходимо около 2000 лк.

Пятый групповой показатель, психологический, отражает соответствие машины возможностям и особенностям восприятия, памяти, мышления, психомоторики, закрепленным и вновь формируемым навыкам работающего человека, степени и характеру группового взаимодействия, опосредования межличностных отношений содержанием совместной деятельности по управлению СЧТС. Эти особенности выступают в качестве единичных показателей. Психические процессы в зависимости от характера работы в СЧТС могут изменять свои параметры, присущие этим же людям в обычных условиях. Например, восприятие текста бортовой документации на борту пилотируемого космического аппарата, в которое включены процессы восприятия, мышления, представления, зависит не только от светотехнических условий рабочего места космонавта, но и от многих других специфических факторов, воздействующих на организм космонавта в полете.

К таким факторам можно отнести строгий лимит времени, утомление, недостаточность афферентации, гиподинамию.

Существуют эргономические рекомендации по организации поведения персонала СЧТС, «команды». Например, при разработке СЧТС необходимо создавать иерархическую структуру с определенной степенью централизации. Надо развивать параллельные подсистемы, избегая последовательных структур. Насколько позволяет задание, при разработке СЧТС не следует создавать условий, допускающих возможность взаимодействия членов команды, в особенности таких, которые требуют вербальной коммуникации. В целях обеспечения коммуникаций нужно отдавать предпочтение визуальным средствам отображения информации перед вербальными каналами и т. д.

Психологический групповой показатель объединяет данные инженерной психологии, психологии труда, социальной психологии, социологии труда.

Структуру эргономики формируют ее цели: эффективность СЧТС; безопасность работы в ней; создание условий, обеспечивающих развитие личности человека-оператора (комфорт). Очевидно, что значимый результат может быть достигнут при согласованном взаимодействии специалистов из разных областей знания: системотехников, дизайнеров, врачей-гигиенистов, специалистов по физиологии труда, биофизике, психологов. Их усилия должны сочетаться с работой конструкторов СЧТС, заинтересованных в ее максимальной производительности и надежности; специалистов по охране труда, ответственных за безопасные условия труда операторов; организаторов и руководителей производства, обеспечивающих комплектование персонала СЧТС и решение социальных вопросов.

Достижение целей эргономики представляется весьма сложным делом, потому что уже при постановке задач проектирования и эксплуатации СЧТС необходимо контролировать 15 точек (рис. 1), каждая из которых может решающим образом повлиять на успешность технической разработки. Можно оптимально произвести взаимную адаптацию человека и технических устройств по 14 точкам, т. е. антропометрическим (точки 1–3), гигиеническим (4–6), физиологическим (7–9) и другим параметрам, но не придать значения точке 13 (безопасность – психологический групповой показатель)–и вся разработка потеряет смысл. Например, изнуряющая монотонность автострад притупляет бдительность водителей и вызывает у них сонливость, которая способствует авариям. Эргономист для предотвращения этого эффекта

может предусмотреть в конструкции автомашины прибор, который улавливал бы произвольные движения головой или ослабление мышц рук на руле, характерные для засыпающего водителя, и посылал бы пробуждающий звуковой сигнал.

Таблица 1

**Этапы деятельности человека-оператора**

<b>Этап</b>	<b>Содержание этапа</b>	<b>Выполняемые действия</b>	<b>Влияющие факторы</b>
Прием информации	Формирование перцептивного (чувственного) образа	Обнаружение – выделение объекта из фона. Различение – раздельное восприятие двух объектов, расположенных рядом, либо выделение деталей. Опознавание – выделение и классификация существенных признаков объекта	Сложность воспринимаемого сигнала, вид и число индикаторов, организация информационного поля, размеры изображений, их физические и технические характеристики
Оценка и переработка информации	Формирование оперативного образа	Сопоставление с заданных и текущих параметров (режимов) СЧМ	Способы кодирования, степень сложности информационной модели, объем отображения, динамика смены информации
Принятие решения	Формирование последовательности целесообразных действий для достижения цели на основе преобразования исходной информации	Поиск, выделение, классификация и обобщение информации о проблемной ситуации. Построение текущих образов с рядом оперативных концептуальных моделей. Сопоставление текущих образов с рядом эталонов и оценка сходства между ними. Коррекция моделей. Выбор эталонной гипотезы или построение ее. Принятие принципа и программы действий	Тип решаемой задачи, чистота и сложность проверяемых логических условий, сложность алгоритма и число возможных вариантов решения

Этап	Содержание этапа	Выполняемые действия	Влияющие факторы
Реализация принятого решения	Использование выходных «каналов» человека: двигательного (моторного) или речевого	Перекодирование принятого решения в машинный код. Поиск нужного органа управления. Движение к органу управления. Движение руки к органу управления и манипуляции с ним	Число и тип органов управления, их характеристики (размер, форма и т. п.), совместимости двигательных операций, компоновка рабочего места, характеристика окружающей среды и др.

В потребностях заключены «пружины» человеческой деятельности, мотив – это форма субъективного отражения потребностей. Сформированный вектор «мотив–цель» реализуется в деятельности. Цель как бы связывает социально-психологические и процессуальные аспекты деятельности. Цель как регулятор деятельности – это идеальный, или мысленно представляемый, ее результат, т. е. то, чего еще реально нет, но что должно быть получено в итоге деятельности. Инженерной психологией упорядочены и последовательно определены, исходя из категории движения, семантические эквиваленты понятия «деятельность». Они образуют такой ряд:

- активность как самодвижение;
- жизнедеятельность как биологическая, белковая активность;
- деятельность как целесообразная жизнедеятельность;
- человеческая деятельность как сознательная деятельность;
- трудовая деятельность, или труд, как производящая стоимость человеческой деятельности;
- профессиональная деятельность, или профессиональный труд, как трудовая деятельность (труд), производящая стоимость в особой потребительной форме, требующая специальной квалификации;
- операторская деятельность как профессиональная деятельность, технически оснащенная для дистанционного контроля и управления предметом, средствами труда и самим трудом.

Отсюда следует инженерно-психологическая трактовка трудовой деятельности: любой труд в условиях комплексной механизации и автоматизации является либо становится профессиональным трудом операторского типа.

Основным объектом эргономики является система «человек–техника–среда». В инженерной психологии изучают систему «человек–

машина», т. е. систему, состоящую из человека-оператора и машины, посредством которой оператор осуществляет трудовую деятельность; эргономика исследует еще и факторы внешней – физической, химической и социальной – среды, существенно влияющие на эффективность деятельности СЧТС. Под «человеком-оператором» в эргономике понимается человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с предметом труда, машиной и внешней средой посредством информационной модели и органов управления. Информационная модель – это организованное в соответствии с определенной системой правил отображение состояний предмета труда, СЧТС, внешней среды и способов воздействия на них. На основе восприятия информационной модели в сознании оператора формируется образ состояния управляемого объекта. Вся совокупность представлений человека-оператора о целях и задачах трудовой деятельности и состояниях предмета труда СЧМ, внешней среды и способах воздействия на них называется концептуальной моделью.

На прием и переработку информации человеком-оператором могут влиять такие факторы внешней (рабочей) среды, как температурные условия, шум и вибрация, освещенность, изменения внешнего давления, ускорения, изменения газового состава воздуха, электромагнитные излучения. Они могут резко изменять соматическое и психическое состояние работника, а следовательно снижать эффективность его деятельности вплоть до проявлений неадекватного поведения. Не менее важно и влияние социальной среды, в которой работает человек. Социальная среда действует на оператора через характер межличностных отношений в коллективе, группе, сплоченность персонала СЧТС.

Группу операторов СЧТС, т. е. команду, следует отличать от малой группы, представляющей собой объект исследований социальной психологии. Команда обычно хорошо организована и обладает высокой структурированностью поведения. Как правило, команда обладает жесткой структурой и организацией: члены команды имеют строго определенные обязанности, которые лишь в малой степени перекрываются; члены команды снабжены специальной инструкцией и осмысленно взаимодействуют с оборудованием, задачами и друг с другом.

Если же группа имеет свободную структуру и сеть коммуникаций, а обязанности выбираются членами группы, то деятельность группы зависит только от качества работы отдельных индивидов. Такую группу нельзя заранее снабдить специальной инструкцией, по-

сколькo не известны характер труда и степень участия отдельных членoв группы в выполнении общей задачи, и в результате можно ожидать временной дезадаптации операторов или даже полной дезадаптации. Эти процессы сопровождаются нарушениями в психической деятельности, вызванными возникновением и развитием «трудных» психических состояний: утомления, тревожности, психической напряженности, эмоционального стресса. Психические процессы, обеспечивающие прием, преобразование информации, выработку решения и выдачу информации (ощущения, восприятие, внимание, память, мышление, воображение и др.), сформировано и распространяется в виде бегущей волны и может быть оценено по плотности потока излучения ( $\text{Вт/м}^2$ ).

Предельно допустимые величины интенсивности облучения для ВЧ-излучения – 5 А/м и 20 В/м, УВЧ – 0,3 А/м и 5 В/м. Для СВЧ интенсивность облучения в течение всего рабочего дня не должна превышать  $10 \text{ Вт/м}^2$ , разовая же доза облучения в течение 15–20 мин за рабочий день не должна быть выше  $1 \text{ мВт/см}^2$ .

Интенсивное воздействие ВЧ-, УВЧ- и СВЧ-излучений на человека ведет к развитию астенического синдрома с повышением порогов анализаторов и снижением работоспособности. При этом наблюдаются функциональные расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, изменение структурного и биохимического состава крови, гиперфункция щитовидной железы.

Защита от ВЧ-, УВЧ- и СВЧ-излучений предусматривает создание надежной экранизации.

В ряде случаев экстремальные условия связаны с воздействием радиоактивного излучения. В зависимости от дозы облучения в организме человека могут возникать изменения, не только значительно снижающие его работоспособность, но и полностью нарушающие жизненно важные функции. Для оценки облучения используется как величина поглощенной дозы, так и количество энергии излучения, поглощенной единицей массы облучаемого вещества. Поглощенная доза излучения, равная 100 эргам на 1 г облученной массы вещества, составляет единицу поглощенной дозы –  $1 \text{ рад} = 1 \cdot 10^2 \text{ Гр}$  (грей).

При однократном облучении в течение суток работоспособность сохраняется полностью при незначительных изменениях состояния, если доза не превышает 0,5 Гр (при многократном в течение месяца облучении общая доза не должна превышать 1,0 Гр). При больших дозах облучения возникают лучевые поражения разной тяжести.

Защита человека от радиоактивного воздействия предусматривает создание специальной системы, поглощающей радиоактивное излучение, защиту поверхности тела человека и дыхательных путей, защиту воды и пищи от попадания радиоактивных частиц.

#### **4. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

Эргономическое качество оборудования, т. е. технической части системы «человек–техника–среда» (СЧТС), можно определить как совокупность свойств техники, соответствующих свойствам человека, проявляющимся в процессе трудовой деятельности. Уровень эргономического качества указывает на степень этого соответствия, он устанавливается в ходе эргономической оценки оборудования. Под оборудованием понимается техническая часть СЧТС, предназначенная для взаимодействия с человеком-оператором: рабочее место оператора, оснащенное средствами отображения информации (СОИ), органами управления (ОУ), вспомогательным оборудованием и включающее в себя кресло человека-оператора. Согласно ГОСТу 15467–79, оценка уровня качества продукции состоит из совокупности операций, включающей выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми. На основе оценки эргономического качества оборудования всего предприятия можно составить эргономический портрет промышленного предприятия, т. е. описание организации производственных процессов и характеристику той части основных производственных фондов, которая управляется, обслуживается, ремонтируется производственным персоналом.

Показатели эргономического качества оборудования классифицируются по соответствию антропометрическим (высота, ширина, глубина пульта, высота размещения столешницы пульта, размещение СОИ и ОУ; характеристики кресла человек-оператор; досягаемость ОУ; показатели соответствия ОУ форме и размерам частей тела человека и т. д.), биомеханическим (усилие, величина, направление перемещения ОУ, частота использования ОУ), психофизиологическим (характеристики соответствия техники зрительному и слуховому анализаторам человека) и психологическим свойствам человека-оператора (показатели соответ-



ствия техники возможностям человека по приему, обработке информации и по принятию решений).

Базовые значения антропометрических показателей эргономического качества оборудования таковы:

Характеристики пульта: общая высота пульта при рабочем положении «сидя» – 1650 мм, «стоя» – не более 1800 мм; высота столешницы пульта при рабочем положении «сидя» – от 530 до 760 мм, «стоя» – около 1100 мм; ширина пульта (обслуживаемого только в рабочем положении «сидя») – от 380 до 660 мм; расстояние от уровня сиденья кресла оператора до нижнего края столешницы пульта (обслуживаемого только в рабочих положениях «сидя» и «сидя или стоя») – от 150 до 250 мм; высота размещения ОУ для рабочего положения «стоя» – от 1000 до 1600 мм, «сидя» – от 530 до 1040 мм; высота размещения СОИ для рабочего положения «стоя» – от 1100 до 1800 мм, «сидя» – от 850 до 1650 мм.

Характеристики кресла человека-оператора: форма сиденья – квадратная; форма спинки – прямоугольная вогнутая, радиус изгиба спинки – от 300 до 400 мм; размер сиденья – 400 × 400 мм, размер спинки – примерно 300 × 120 мм; угол наклона сиденья назад – 5–6°, угол наклона спинки – от 5 до 10°; высота подлокотника – должен находиться на одном уровне с поверхностью стола.

Размеры свободного места для ног оператора: высота – не менее 600 мм, ширина – не менее 500 мм, глубина – не менее 400 мм. Достижимость ОУ по горизонтали – полукруг радиусом 600 мм.

Расстояния между ОУ (мм): для кнопок – не менее 15; для тумблеров – не менее 19 при размещении во фронтальную линию и не менее 25 при размещении «в глубь» пульта; для поворотных переключателей – не менее 20 при действиях одной рукой и не менее 70 при действиях двумя руками; для рычагов – не менее 50 при действиях одной рукой и не менее 100 при действиях двумя руками; для маховиков и штурвалов – не менее 50 при действиях одной рукой и не менее 100 при действиях двумя руками; для педалей – не менее 200 при действиях одной ногой и не менее 450 при действиях двумя ногами.

Размеры ОУ (мм): диаметр кнопок под указательный палец – 10–15, под большой палец – 30, под ладонь – 50; ширина клавиш – 10–20; для поворотных переключателей типа I (с приводным элементом в виде указателя) длина указателя – от 20 до 90, ширина – от 2 до 15, высота указателя – от 10 до 40; для поворотных переключателей типа II (с приводным элементом в виде круглой ручки для захвата пя-

тью пальцами) диаметр – от 50 до 120, высота – от 38 до 55; для поворотных переключателей типа III (с приводным элементом в виде круглой ручки для захвата двумя-тремя пальцами) диаметр – от 6 до 50, высота – от 12 до 25; для тумблеров широкого применения длина приводного элемента – от 10 до 25, минимальный диаметр – от 3 до 8; для тумблеров специального назначения длина приводного элемента – от 25 до 50, минимальный диаметр – 8–15; для рычагов управления с округлой рукояткой диаметр рукоятки – 30–40, высота – 40–50; для рычагов управления с удлиненной рукояткой диаметр – 20–28, высота рукоятки – 50–100; для маховиков управления и штурвалов при работе двумя руками диаметр обода маховика или расстояние между рукоятками штурвала – 350–400; для маховика при работе одной рукой диаметр обода – 75–80; длина рукоятки на маховике – от 50 до 120, диаметр рукоятки – от 18 до 30; для редко используемых педалей ширина – 90, длина – не менее 75; для часто используемых педалей ширина – 90, длина – 280–300.

Требования по соответствию характеристик машинной части СЧТС биомеханическим свойствам человека предъявляются в основном к органам управления. Базовые значения биомеханических показателей эргономического качества оборудования таковы.

Усилие перемещения (ньютоны): для кнопок под указательный палец – 1–8, под большой палец – от 8 до 25, под ладонь – от 10 до 50; для клавишных переключателей типа 1 – от 2,5 до 4,0, типа 2 – от 4 до 16; для поворотных переключателей типа I – от 2,0 до 20, типа II – от 1,6 до 16, типа III – 1–2; для выключателей и переключателей типа «тумблер» широкого применения – от 2 до 3,5; специального назначения – от 3,3 до 5,0; для рычагов управления при работе пальцами – от 5 до 30, кистью – от 5 до 40, кистью с предплечьем – от 15 до 60, всей рукой – от 20 до 150, двумя руками – от 45 до 200; для маховиков управления и штурвалов при работе кистью – до 10, кистью с предплечьем – от 5 до 60, всей рукой – от 10 до 150, двумя руками – от 60 до 200; для ножных педалей при движении стопы – до 100, всей ноги – до 500.

Величина перемещения ОУ: для кнопок под указательный палец – от 2 до 6 мм, под большой палец – от 3 до 8 мм, под ладонь – от 5 до 10 мм; для клавишных переключателей типа 1 – от 3 до 6 мм, типа 2 – от 4 до 10 мм; для поворотных переключателей типа I оптимальный угол поворота от среднего положения – 45°, допустимый угол – 60°; для поворотных переключателей типов II и III оптимальный угол поворота

при точной регулировке – 60–80° от среднего положения, допустимый угол – 120°; для рычагов управления минимальный допустимый ход – 50 мм, оптимальный ход для коротких рычагов (длиной до 200 мм) – от 150 до 200 мм, длиной свыше 200 мм – от 300 до 350 мм; для штурвалов при работе без перехвата рук – угол поворота не более 60° в обе стороны от среднего положения, при работе с перехватом рук – не более 120°; для ножных педалей оптимальный ход при движении стопой – от 15 до 60 мм, при движении всей ногой – до 180 мм.

Направление перемещения и положение ОУ при реализации человеком-оператором управляющих воздействий типа «пуск», «включено», «увеличение», «плюс», «подъем», «открывание», «вперед», «вправо», «вверх»: для кнопок – нажатое положение; для клавиш – нажатое положение; для тумблеров – перемещение снизу вверх, слева направо, от себя; для рычагов – перемещение снизу вверх, слева направо, от себя; для поворотных переключателей – перемещение по часовой стрелке; для маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами) – перемещение по часовой стрелке; для маховиков и штурвалов, управляющих клапанами, – перемещение против часовой стрелки; для ножных педалей – нажатое состояние.

Направление перемещения и положение ОУ при реализации управляющих воздействий типа «стоп», «отключено», «уменьшено», «минус», «спуск», «закрывание», «назад», «влево», «вниз»: для кнопок – отпущенное положение; для клавиш – отпущенное положение; для тумблеров – перемещение сверху вниз, справа налево, на себя; для рычагов – перемещение сверху вниз, справа налево, на себя; для поворотных переключателей – перемещение против часовой стрелки; для маховиков и штурвалов (кроме управляющих клапанами) – перемещение против часовой стрелки; для маховиков и штурвалов, управляющих клапанами, – перемещение по часовой стрелке; для ножных педалей – отжатое положение.

Частота использования ОУ (раз в минуту): для кнопок под указательный палец – не более 10, под большой палец – не более 5, под ладонь – не более 3; для клавиш типа 1 – не более 10, типа 2 – не более 1; для тумблеров широкого применения – не более 10, специального назначения – не более 1; для поворотных переключателей типа I (с усилием перемещения 13, 18, 22 Н) и типа II (с усилием перемещения 5,3; 10; 16,6 Н) – соответственно, не более 5, не более 2, не более 1; для рычагов управления, маховиков и штурвалов в зависимости от усилия – от 5 до 960 раз за смену (8 ч).

Базовые значения психофизиологических показателей, как отмечалось выше, определяют соответствие техники в основном зрительному и слуховому анализаторам человека-оператора.

Показатели соответствия техники зрительному анализатору: освещенность на рабочем месте оператора – 400 лк; яркость свечения индикатора на черно-белой электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) – не менее  $0,5 \text{ кд/м}^2$ , минимальная яркость свечения индикатора на цветной ЭЛТ–17, оптимальная –  $170 \text{ кд/м}^2$ ; контраст прямой оптимальный – 80–90 %, допустимый 60–90 %, контраст обратный для самосветящихся индикаторов – не менее 20 %; время представления сигнала для опознания – не менее 2 с; движение отметки сигнала на экране при наличии ориентира распознается при скорости 1–2' в секунду, без ориентира – 15–30' в секунду; размеры знаков на экране в зависимости от сложности – от 15 до 40'; частота кадров для интегральных визуальных индикаторов – не менее 50 Гц; ширина линии на экране индикаторной ЭЛТ знакографического дисплея – не менее 1 мм при дистанции наблюдения 0,3–0,7 м.

Показатели соответствия техники слуховому анализатору: частота для аварийных неречевых сообщений – 800–5000 Гц, предупреждающих – 200–800, уведомляющих – 200–400 Гц, соответственно, предельно допустимый уровень звукового давления сигналов – 120, 115 и 110 дБ; длительность отдельных сигналов и интервалов между ними – не менее 2 с, длительность интенсивных сигналов – не более 10 с.

Базовые характеристики психологических показателей эргономического качества оборудования включают в первую очередь показатели соответствия техники возможностям человека по восприятию информации, т. е. информационного соответствия индикатора предъявляемой информации и соответствия формы отсчетного устройства индикатора направлению движения отображаемого параметра (объекта). Это следующие параметры:

– способ кодирования информации: качественных характеристик объектов – буквами, условными знаками; качественных характеристик типа, принадлежности, состояния – абстрактными геометрическими фигурами и цветом; положения объекта в пространстве, направления его движения – ориентировкой линии на индикаторе; количественных характеристик объекта – цифрами; размещения объекта в пространстве – положением указателя на индикаторе; контуров, траекторий движения – типом линии (сплошная, пунктирная, штрихпунктирная); состояния объекта – яркостью и частотой мельканий;

– оформление школьных индикаторов и их элементов: модуль оцифровки оптимальный – 10, допустимые – 1 и 5; число делений шкалы – минимально необходимое для установленной точности считывания; ориентация цифр шкалы – соответственно типу шкалы; представление цифр для считывания – в вертикальном положении; для неполной круговой шкалы между началом и концом шкалы – видимый промежуток размером, большим основного деления; разбивка шкалы – равномерная, число делений шкалы на модуль оцифровки – одинаковое по всей шкале; значения показателей приборов возрастают слева направо или снизу вверх (за исключением глубиномеров, значения на шкалах которых возрастают сверху вниз); указатель не должен перекрывать оцифровку, расстояние между указателем и делением шкалы – не менее 1,5 мм, форма указателя – простая клиновидная; цвет окраски указателя и деления шкалы – одинаковый;

– характеристики элементов шкал приборов: высота цифр и букв на неподвижных шкалах – 10–25', на подвижных – 12–25'; отношение ширины знака к высоте на шкалах с указателями – 3:5 или 2:3, на счетчиках – 2:3 или 1:1; толщина основных линий для цифр и букв при прямом контрасте – 1/6–1/8 высоты знака, при обратном контрасте – 1/10–1/13 высоты знака; интервал между знаками – 0,5–1,0 ширины знака; расстояние между соседними делениями при прямом контрасте – не менее одной ширины отметки шкалы, при обратном контрасте – не менее двойной ширины отметки шкалы.

Показатели соответствия техники мнемическим возможностям человека характеризуют: предъявление информации для оперативного запоминания и последующего использования (оно должно включать не более 5–9 символов, причем возможна их перекодировка с повышением объема информации в 1,5 раза); предъявление информации для долговременного запоминания и последующего использования (оно должно проводиться с достаточными для 100%-ного воспроизведения повторениями).

Показатели соответствия техники возможностям человека по принятию решений определяются, исходя из анализа логической организации деятельности оператора – алгоритмов деятельности. Последние не должны иметь более трех исходов в точках ветвления; рекомендуемый коэффициент стереотипности алгоритма деятельности составляет не менее 25 и не более 0,85, а коэффициент логической сложности – не более 0,2.

Анализ множества ошибок операторов, приводящих к остановкам или авариям СЧТС, показывает, что 50 % из них имеют в своей основе недоучет психологического группового показателя, 22 % – психофизиологического, 6 % – физиологического, 19 % – гигиенического и 3 % – антропометрического. Этим определяется преобладающий объем психологических исследований в процессе эргономической проработки и оценки промышленных изделий и их большое влияние на состав и структуру эргономики.

## **5. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**

Трудовая деятельность человека осуществляется в постоянном взаимодействии с окружающей средой. Совокупностью факторов природной и технической среды, т. е. прежде всего физическими и химическими факторами, определяются конкретные условия деятельности. Само собой разумеется, что человек в трудовой деятельности взаимодействует и с социальной средой. Однако исключительная специфика социальных факторов в порождении экстремальных условий делает нецелесообразным рассмотрение их в ряду химических и физических факторов среды. Некоторые аспекты влияния факторов социальной среды рассматриваются в предыдущих главах.

Конкретные условия деятельности могут существенно влиять на психические и жизненно важные организменные функции человека. Если влияние факторов (с учетом их взаимодействия) в конкретных условиях деятельности таково, что обеспечивается нормальное осуществление психических и жизненно важных функций организма, не возникает высокого напряжения компенсаторных систем организма и успешно выполняется заданная трудовая деятельность, то такие условия могут быть определены как благоприятные, или комфортные, а в наилучших случаях – как оптимальные. Если же в силу действия факторов возникает высокое напряжение компенсаторных систем организма, то такие условия могут быть определены как неблагоприятные, или дискомфортные, а при выраженном неблагоприятном эффекте – как экстремальные, (от лат. *extremus* – крайний). Максимальная экстремальность условий характеризуется предельно переносимыми значениями одного или нескольких факторов среды, при которых ограниченное время психические и жизненно важные функции организма сохраняются на уровне, обеспечивающем минимум деятельности. В этом случае одной из глав-

ных, а иногда и единственной целью деятельности становится поддержание жизни, ее спасение.

При проектировании рабочих мест сложных систем, предназначенных, как правило, для работы в особых условиях, предельно переносимые величины факторов являются основой для расчета средств и методов защиты и спасения в аварийных ситуациях. Планируемое пребывание человека в экстремальных условиях для выполнения необходимой (из-за особенностей технологического процесса, возникновения неисправностей и т. п.) деятельности реализуется в проектировании тоже на основе предельно допустимых величин факторов. При этом продолжительность пребывания определяется особенностями вредного действия факторов на состояние и здоровье человека, возможностями использования защитных средств и их эффективностью, трудностью деятельности и т. д.

Однако человек может быть связан с необходимостью выполнения деятельности в экстремальных условиях не только эпизодически (аварии, неисправности, особенности технологического процесса), но и постоянно, в силу специфики профессии (например, водолазы, космонавты, где эта специфика представлена наиболее ярко). Факторы экстремальных условий, помимо прямого неблагоприятного воздействия на организм человека, могут вызывать повышенное психическое напряжение, связанное с чувством страха, переживанием опасности и т. п.

Практика и результаты научных исследований убедительно показывают, что успешность деятельности человека в экстремальных условиях определяется многими субъективными факторами. Это и чувство долга, и воля, и эмоциональная устойчивость, и состояние здоровья, и т. д. Важнейшим субъективным фактором является уровень профессиональной подготовки. Высокий уровень знаний, умений и навыков – необходимое условие не только качественного выполнения работы, но и сохранения эмоциональной устойчивости, предотвращения паники и развития генерализованных защитных, стрессовых, реакций.

Поскольку экстремальные условия могут сложиться под влиянием факторов разной природы, а неблагоприятное действие факторов может быть не только при увеличении, но и в ряде случаев при определенном уменьшении их значений, то следует всегда иметь в виду разнообразие и сложность механизмов действия экстремальных условий на состояние и работоспособность человека. Изучение этих механизмов является одной из основных задач эргономики.

## **6. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ГАЗОВОГО СОСТАВА И ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА**

Действие температурного фактора окружающей среды на человека обусловлено наличием функциональных систем терморегуляции и производством тепловой энергии в организме, постоянным тепловым обменом организма с окружающей средой, целенаправленным применением человеком в своей повседневной жизни и деятельности средств регуляции теплообмена. Температура внутренней среды человека, как известно, поддерживается на уровне около 37 °С. Суточные колебания температуры обычно не превышают 0,5 °С. Отклонение температуры тела человека за пределы ниже 25 и выше 43 °С несовместимо с жизнью. При температуре выше 43 °С начинается денатурация белка. При температуре ниже 25 °С интенсивность обменных процессов, прежде всего в нервных клетках, снижается до необратимого уровня. Сохранение и последующее восстановление жизненно важных функций при более низких температурах тела возможно лишь с помощью применения специальных мер (гипотермия как метод в хирургической практике).

В функциональную систему терморегуляции организма человека входят терморорецепторы кожи, верхних дыхательных путей, пищеварительного тракта, связанные с нервными центрами промежуточного (серый бугор в области гипоталамуса), заднего мозга (продолговатый мозг) и подкорковых узлов (полосатое тело). Эти нервные центры в свою очередь связаны с центрами регуляции сердечно-сосудистой, дыхательной и выделительных систем организма.

Реакции организма, обеспечивающие регуляцию теплового обмена с внешней средой, состоят в изменении дыхательной функции, частоты сердечных сокращений, тонуса и наполнения кровеносных сосудов, особенно капиллярной системы кожи, интенсивности удаления жидкости из организма (главным образом через кожные покровы) и др.

Взаимодействие организма человека с окружающей средой осуществляется постоянно как процесс теплового обмена. В результате метаболизма в организме производится тепло. Эта тепловая энергия используется для поддержания необходимого уровня интенсивно-



сти процессов метаболизма при всех проявлениях жизненной активности. В зависимости от конкретных условий организм человека может отдавать часть тепловой энергии во внешнюю среду и (или) получать тепловую энергию извне.

Тепловой обмен организма с внешней средой может осуществляться путем излучения, конвекции (потеря или получение тепла телом от воздушного или водного потока, обтекающего тело), кондукции (проведение через соприкосновение поверхностей) и испарения. Интенсивность теплового обмена зависит от ряда объективных и субъективных причин:

- метеоусловий и микроклимата, под которым понимается совокупность таких факторов, как температура излучения и температура воздушной среды, влажность, скорость движения и давление воздуха в рабочем помещении;

- теплопродукции организма, зависящей от тяжести выполняемой работы, а при прочих равных условиях – от функционального состояния;

- особенностей передачи тепла от внутренних органов к поверхности тела, определяемых величиной тела человека, состоянием тканей различных органов;

- теплоизоляции тела.

Функционирование системы терморегуляции организма направлено на достижение в тепловом обмене состояния теплового баланса с внешней средой. При этом обеспечиваются постоянство температурного режима внутренней среды и необходимое для определенного уровня интенсивности обменных процессов количество тепла. В общем виде уравнение теплового баланса может быть представлено следующим образом:

$$M + S = \pm R \pm C \pm P - E,$$

где  $M$  – тепло процессов метаболизма;  $S$  – накопленное организмом тепло;  $R$ ,  $C$ ,  $P$  – тепло, отданное (–) или полученное (+) организмом, соответственно, путем излучения, конвекции, кондукции;  $E$  – тепло, отданное вовне через испарение. Знак «+» или «–» определяется значением температуры соответствующего агента по отношению к температуре человеческого тела.

Тепловая энергия в организме производится в основном (на 95 %) за счет протекания сложных биохимических реакций, в которых исходным сырьем являются вещества, содержащиеся в пище.

В комфортных условиях при отсутствии физической нагрузки для нормального осуществления жизненно важных функций в организме человека должно производиться 1700–1800 ккал тепла в сутки, или примерно 73 ккал/ч. Это так называемые основные энергозатраты организма взрослого человека средних лет. Они не могут быть ниже без нарушения нормальной жизнедеятельности организма. В силу непрерывности метаболических процессов в организме произведенное тепло должно быть выделено вовне. Поэтому для характеристики теплообмена следует соотнести величину основных энергозатрат с поверхностью тела человека. В настоящее время в психофизиологических исследованиях используются как единицы измерений системы СИ, так и не входящие в эту систему единицы: ккал (1 ккал =  $4,1868 \cdot 10^3$  Дж), мм рт. ст. (1 мм рт. ст. = 133,322 Па).

Тогда может быть получена энергетическая характеристика основного обмена веществ, или величина основного обмена. Например, при поверхности тела, равной  $1,8 \text{ м}^2$ , основной обмен мужчины среднего возраста будет составлять  $40,5 \text{ ккал/ч-м}^2$ . Такая величина основного обмена может быть обеспечена пищей с суточной калорийностью 1800 ккал, при этом следует учитывать, что для нормального обмена веществ в организме общая энергетическая характеристика основного обмена веществ должна обеспечиваться примерно на 11 % за счет белков, на 17 % – за счет углеводов и на 72 % – за счет жиров.

При выполнении работы в организме должно продуцироваться большее количество тепла. Работа, при которой энергозатраты организма составляют не более 2500 ккал, оценивается как легкая. Работа с энергозатратами организма около 5000 ккал в сутки является очень тяжелой. Для нормальной теплопродукции организм человека должен быть обеспечен пищей, калорийность которой в суточном рационе примерно на 20 % перекрывает энергозатраты организма. Недостаток пищи как энергоносителя приводит к истощению организма, быстрой утомляемости, снижению работоспособности и качества работы, понижению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных условий среды, в том числе температурных. В процессе выполнения работы нередко имеет место кратковременная потеря сознания («голодный обморок»). Тяжелые случаи дистрофии могут привести к необратимым изменениям в обменных процессах, в состоянии отдельных органов и тканей организма.

При недостаточном энергетическом (пищевом) обеспечении вся регуляторная система организма стремится поддержать температур-

ное постоянство внутренней среды и протекание обменных процессов за счет питательных веществ некоторых тканей организма (прежде всего мышечной). Это может в течение какого-то времени обеспечивать необходимый тепловой баланс. Неблагоприятные температурные воздействия в таком случае создают чрезвычайно тяжелые условия для терморегуляции.

Энергопродукция организма изучается с помощью методов калориметрии. Это прямая калориметрия, когда используются калориметрические камеры, позволяющие учесть выделяемое вовне тепло; алиментарная калориметрия, когда измеряется теплота, выделяющаяся при окислении пищевых продуктов; респираторная калориметрия (в модификациях: камерной, свободной с открытой циркуляцией воздуха, свободной с закрытой циркуляцией воздуха), когда изучается обмен газов в легких, по которому, используя термические коэффициенты  $O_2$  и  $CO$ , можно получить характеристику энергозатрат.

При проектировании рабочих мест (особенно закрытого типа) тепловой режим можно рассчитывать, исходя из эффективной температуры. Понятие эффективной температуры основывается на субъективной оценке конкретных тепловых условий при различных сочетаниях величин температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. При отсутствии движения воздуха и его относительной влажности 100 % эффективная температура соответствует температуре воздуха. Эмпирическая субъективная шкала оценок может иметь ряд градаций в диапазоне «комфорт–трудно переносимо».

Комфорт температурных условий оценивается здоровым человеком в зависимости от условий микроклимата (температура окружающей среды, интенсивность тепловой и холодовой радиации, влажность, скорость движения и давление воздуха) и интенсивности работы. Кроме того, ощущение тепловой комфортности может существенно зависеть от климатических условий, свойств одежды человека и его функционального состояния в данный момент времени. Так, в покое или при легкой работе ощущение тепловой комфортности создается при температуре около 21 °С, относительной влажности около 60 % и скорости движения воздуха не более 0,2 м/с, если отсутствуют достаточно мощные источники теплового и холодового излучения. При тяжелой работе и тех же значениях скорости движения воздуха ощущение тепловой комфортности соответствует температуре около 15 °С. Значения относительной влажности воздуха в пределах 40–60 % наиболее благоприятны в стабильных оптимальных температурных условиях. По-

повышение влажности воздуха усиливает неприятные ощущения при высоких и низких температурах воздуха. Уменьшение относительной влажности до 20 % несколько расширяет зону теплового комфорта как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Это объясняется тем, что при пониженной влажности повышение температуры воздуха приводит к возрастанию теплоотдачи за счет более интенсивного испарения пота с поверхности тела. При пониженных температурах низкая влажность воздуха несколько уменьшает теплоотдачу в силу снижения его теплопроводности.

Скорость движения воздуха играет важную роль в усилении теплоотдачи организма. Особенно возрастает защитное значение этого фактора, когда температура воздуха становится равной температуре тела или превышает ее и когда теплоотдача организма может осуществляться лишь испарением. Движение воздуха в помещении со скоростью 0,1 м/с практически неощутимо для человека, оно замечается, начиная со скорости 0,2 м/с. При повышении температуры воздуха до 25 °С увеличение скорости движения воздуха до 1,0 м/с оценивается как благоприятный фактор. Однако при дальнейшем увеличении скорости движения воздуха (даже при повышении температуры) усиливаются неприятные ощущения, связанные с воздействием воздушного потока на органы зрения, слуха, дыхания; возрастают энергозатраты мышечной системы при выполнении работы. При скорости движения воздуха около 70 м/с его поток, если он направлен на всю переднюю поверхность тела человека, оказывает такое давление, что мышцы дыхательной системы не могут его преодолеть. При понижении температуры увеличение скорости движения воздуха, усиливая теплоотдачу за счет конвекции и в какой-то мере за счет испарения, вызывает неприятные ощущения и способствует переохлаждению организма.

Экстремальные по тепловому режиму условия приводят, если не принимаются защитные меры, к перегреванию или переохлаждению организма. И перегревание, и переохлаждение может быть местным и общим.

При местном тепловом воздействии большой интенсивности возникают болевые ощущения, ухудшается общее самочувствие, снижается работоспособность или происходит срыв деятельности вообще. При тепловом повреждении кожных покровов – ожоге – в зависимости от его тяжести могут проявиться различные расстройства в деятельности жизненно важных функциональных систем организма, вплоть до шока и смерти.

Сильное длительное общее перегревание приводит на фоне возрастающего упадка сил ко все большим затруднениям в выполнении физической и умственной работы. При этом страдают функции внимания, замедляется процесс обдумывания ситуации и принятия решения, удлиняется время сенсомоторных реакций, затрудняется координация точных движений. Возникают болезненные симптомы одышки, перебоев в работе сердца, шума в ушах, головокружения. Без принятия мер защиты происходит не только срыв деятельности, но и серьезные расстройства здоровья с потерей сознания и нарушением функций жизненно важных систем организма (так называемый «тепловой удар»). Общий вид расстройства деятельности и здоровья человека представляет собой и так называемый «солнечный удар», возникающий при действии прямых солнечных лучей на незащищенную голову человека. Он обусловлен тем, что инфракрасное солнечное излучение способно проникать в ткань головного мозга, вызывая эффект перегревания.

Однако практически не менее важно, что значительные сдвиги в деятельности и состоянии организма могут возникать не только в результате собственно перегревания, но и из-за изменения обменных процессов в связи с чрезмерным потоотделением. Усиленное (более 5 л в сутки) потоотделение в течение нескольких дней на основе кумулятивного эффекта вызывает серьезные нарушения водно-солевого обмена. Большая потеря солей при интенсивном потоотделении ведет к обезвоживанию (дегидратации) тканей организма. Это вызывает потребность в увеличении приема воды. Но увеличение приема воды приводит к усилению вымывания солей. Возникает реакция типа «порочного круга». При этом организм начинает терять во все большем количестве не только хлористый натрий, но и соли калия и кальция, что нарушает регуляцию мышц тела (изменение тонуса, возникновение судорог). В итоге в организме создается отрицательный водный баланс, увеличивается вязкость крови, возрастает распад белка тканей, усиливается легочная вентиляция, повышается нагрузка на сердечно-сосудистую систему, сопровождающаяся увеличением частоты сердечных сокращений до 180 в мин, подъемом максимального артериального давления до 200 мм рт. ст. Все это резко снижает мышечную силу и выносливость, возможность выполнять физическую работу. При труде операторного типа затрудняется решение основных задач на всех этапах обработки информации (обнаружение, опознание сигнала, оценка ситуации, принятие решения, исполнительское действие, контроль успешности деятельности), возрастает вероятность появления ошибок.

Защитные мероприятия по профилактике перегрева направлены на создание систем регулирования температуры и влажности воздуха в производственных помещениях (кондиционеры, вентиляторы, охлаждающие защитные экраны); защитной одежды; временных режимов труда и отдыха, предусматривающих ограничение пребывания в условиях высокой температуры; специальных питьевого и пищевого режимов, а также проведение специальной тренировки, обеспечивающей усиление адаптационных механизмов.

Местное воздействие холодом может оказывать различное влияние на организм человека в зависимости от того, насколько велико охлаждение и насколько глубоко оно захватывает ткани той или иной части тела. При положительной, но близкой к 0 °С температуре воздуха и обычно при работе малой интенсивности возникает поверхностное переохлаждение открытых частей тела. Оно характеризуется неприятными ощущениями, снижением тактильной чувствительности, затруднением в выполнении отдельных рабочих операций. Глубокое местное переохлаждение, возникающее при длительном холодовом воздействии на незащищенные или слабо защищенные одеждой части тела человека, сопровождается нарушением кровоснабжения тканей, затруднением движений (например, пальцев рук) и их болезненностью, появлением повышенной болезненной чувствительности на отдельных участках кожи. При этом ухудшаются общее состояние и самочувствие, возникают расстройства здоровья типа миозитов, радикулитов, невралгий, ринитов и т. п.

При местном воздействии минусовых температур поверхностное переохлаждение может привести к обморожению того или иного участка кожи. Глубокое же местное переохлаждение в таких случаях может закончиться обморожением той или иной части тела (чаще всего конечностей) с необратимыми нарушениями во всех тканях, включая костную.

Общее холодовое воздействие в зависимости от его силы и длительности может вызывать переохлаждение организма, которое сначала проявляется в вялости, затем возникают чувство усталости, апатия, начинается озноб, наконец развивается дремотное состояние, иногда с видениями эйфорического характера. Если не принимаются защитные меры, то человек впадает в глубокий, подобный наркотическому, сон с последующим угнетением дыхательной и сердечной деятельности и прогрессирующим снижением внутренней температуры тела. Как показывает медицинская практика, если внутренняя темпе-

ратура тела опустилась ниже 20 °С, то восстановление жизненных функций обычно невозможно.

Процессы общего и местного переохлаждения особенно быстро развиваются в воде, в которой теплоотдача организма происходит на порядок интенсивнее, чем в воздухе. При катастрофах на море переохлаждение становится непосредственной причиной гибели значительной части пострадавших. Время, в течение которого человек сохраняет сознание и возможность двигаться при температуре воды около 5 °С, редко превышает 30 мин. Борьба с переохлаждением – одна из серьезных проблем обеспечения водолазных спусков и работ под водой.

Меры защиты от переохлаждения в производственных условиях предполагают создание защитных сооружений от ветра на открытых площадках, обогрев производственных помещений, конструирование рабочей одежды с достаточным тепловым сопротивлением. Большое значение имеет также адаптация человека к пребыванию в условиях низких температур.

В процессе эволюции у значительной части живых организмов сформировались функциональные системы, достаточно жестко приспособленные к определенному составу газовой смеси – составу, присущему атмосфере вблизи земной поверхности при обычных перепадах давления. При давлении 760 мм рт. ст. (без учета паров воды и возможного загрязнения) в состав атмосферы входят азот, кислород, инертные газы, углекислый газ в следующих соотношениях:  $N_2 = 78,09\text{--}78\%$ ,  $O_2 = 20,95\text{--}21\%$ ,  $Ar = 0,93\text{--}1\%$ ,  $CO = 0,03\%$ . К такому газовому составу приспособлена и жизнедеятельность человеческого организма.

Дыхательная функция организма человека состоит в осуществлении внешнего, легочного, дыхания, или собственно газообмена между организмом и внешней средой; транспорта кислорода кровью к тканям-потребителям и углекислого газа к легким; внутреннего, тканевого, дыхания, или собственно потребления кислорода и выделения углекислоты в окислительных биохимических реакциях.

Внешнее, легочное, дыхание совершается за счет деятельности мышц грудной клетки и диафрагмы (и передней брюшной стенки при усиленном выдохе). Регуляция дыхания осуществляется сложной системой, представленной рецепторами легких и мышц, участвующих в дыхательных движениях, а также хеморецепторами аортально-каротидной зоны, реагирующими на избыток углекислоты и недостаток кислорода в крови; проводящими путями и центральным отделом

(продолговатый мозг, подкорковые образования подбугровой области, кора). Дыхательные движения в покое происходят обычно с частотой 15–18 в минуту при объеме воздуха на каждом вдохе и выдохе около 500 мл.

Транспортировка кислорода от альвеол легких к тканям организма осуществляется движением крови в результате деятельности сердечно-сосудистой системы. В капиллярной системе альвеол легких при вдохе кислород, содержащийся в альвеолярном воздухе, растворяется в плазме крови и соединяется с гемоглобином эритроцитов. В плазме крови в капиллярах альвеол содержатся растворенный углекислый газ, а также жидкая легко диссоциирующая угольная кислота и ее бикарбонатные формы. При выдохе углекислый газ поступает в альвеолярный воздух и выделяется вовне.

В процессе дыхания происходят сложные физико-химические реакции, в которых специфически (из-за наличия буферных систем, проницаемых мембран и др.) проявляются общие законы взаимодействия газов и жидкости. В частности, концентрация газа, растворенного в жидкости, пропорциональна парциальному давлению газа над раствором. Газ, растворенный в жидкости, стремится перейти в газовую фазу. Это характеризует напряжение газа в растворе, измеряемое как парциальное давление. Парциальное давление ( $p$ ) – давление газа в смеси, которое производил бы газ, если бы занимал объем всей смеси, – рассчитывается по формуле

$$p = (P - p_{\text{H}_2\text{O}})(a/100),$$

где  $P$  – давление газовой смеси;  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  – парциальное давление паров воды;  $a$  – объемное содержание газа, %.

Приближенные значения парциального давления газов для газовых смесей и растворов, характеризующих физико-химические процессы дыхания, приведены в табл. 2.

Таблица 2.

**Парциальное давление ( $p$ , мм рт. ст.) кислорода, углекислого газа, азота и инертных газов, паров воды в различных средах при дыхании**

Газ	Вдыхаемый воздух	Альвеолярный воздух	Артериальная кровь	Венозная кровь	Выдыхаемый воздух
O <sub>2</sub> ...	156	90	85	75	110
CO <sub>2</sub> ...	0,2	33	38	48	29
N <sub>2</sub> + Ar	590	590	590	590	590
H <sub>2</sub> O ...	13,8	47	47	47	31



Экстремальные условия могут возникать за счет снижения или значительного увеличения содержания кислорода и (или) повышения содержания углекислого газа во вдыхаемой смеси газов.

Снижение содержания кислорода во вдыхаемой смеси до 19 % при нормальном атмосферном давлении и без увеличения концентрации углекислого газа практически не влияет на дыхательную функцию и работоспособность. Однако уменьшение содержания кислорода (при тех же условиях) до 17 % приводит к усилению дыхания, снижению чувствительности зрения, нарушению координации движений, требующих точности, появлению ошибок в оценке ситуаций, принятии решений. Субъективно эти нарушения могут длительное время не ощущаться человеком как из-за отсутствия выраженного ощущения дискомфорта, так и из-за развивающегося нарушения функции самоконтроля. При нарастающих явлениях гипоксии, т. е. недостатка кислорода в тканях организма, возникают ощущения слабости, головокружения, могут наблюдаться психические нарушения, подобные тем, что имеют место, в частности, при алкогольном опьянении. В условиях нарастающей гипоксии эти явления, как правило, не успевают развиваться в связи с потерей сознания, которая может наступить неожиданно для человека. Содержание кислорода во вдыхаемой смеси ниже 15 % при нормальном атмосферном давлении не может обеспечить жизни даже при максимуме деятельности дыхательной системы. Это объясняется тем, что парциальное давление в альвеолярном воздухе, равное 40 мм рт. ст., является критическим. Для обеспечения такого парциального давления кислорода в альвеолах необходимо, чтобы во вдыхаемом воздухе оно было не менее 114 мм рт. ст.

Однако и 100%-е содержание кислорода при нормальном давлении также выступает как экстремальный фактор. Дыхание чистым кислородом в таких условиях непрерывно в течение 2–3 суток приводит к поражению легочной ткани и возможному развитию гипоксии из-за нарушения функций легочной ткани.

Экстремальные условия, как отмечалось выше, могут возникать и вследствие накопления углекислого газа во вдыхаемой газовой смеси. При нормальном атмосферном давлении увеличение содержания углекислого газа до 1–2 % мало сказывается на общем самочувствии, но ведет к учащению дыхания и снижению работоспособности при повышенных нагрузках. При 5%-м содержании углекислого газа во вдыхаемой смеси самочувствие резко ухудшается, дыхание становится тяжелым и учащенным, резко снижается работоспособность, воз-

можно потеря сознания. Длительное дыхание газовой смесью с такой концентрацией углекислого газа опасно для жизни. При содержании углекислого газа во вдыхаемой смеси до 10 % развивается тяжелое отравление, и даже кратковременное дыхание такой смесью опасно для жизни.

Если газовая смесь характеризуется высокой концентрацией не только углекислого газа, но и кислорода, то ее влияние на организм может быть иным. Так, газовая смесь, содержащая 5 %  $\text{CO}_2$  и 50 %  $\text{O}_2$ , используется как средство для оказания помощи при отравлении угарным газом. При этом повышенное содержание кислорода способствует кислородному насыщению крови, а повышенная концентрация углекислого газа резко увеличивает легочную вентиляцию, способствуя выведению отравляющего вещества из организма.

Процентное содержание газов атмосферы, являющееся оптимальным для человека при нормальном атмосферном давлении, становится при значительном изменении давления не только не оптимальным, но и опасным. Такие условия чаще всего создаются в более или менее герметичных помещениях с недостаточной вентиляцией или при неисправности изолирующих дыхательных аппаратов. Изменение давления действует, во-первых, как механический фактор; во-вторых, как фактор, нарушающий равновесие между газовой и растворенной фазами в тканях организма; в-третьих, как фактор, снижающий качество газообмена между организмом и внешней средой; в-четвертых, как фактор, изменяющий физиологический эффект газа (отравляющее действие кислорода, азота и углекислого газа под давлением).

Экстремальное действие измененного давления проявляется прежде всего в дисбаризме, т. е. в нарушениях выравнивания давления в воздухоносных полостях тела человека с внешним давлением. Эти нарушения могут сопровождаться сильными болевыми ощущениями и привести к серьезным нарушениям здоровья. Выраженность явлений дисбаризма зависит от величины и скорости изменений давления и от проходимости путей, связывающих воздухоносные полости организма с внешней средой. Наиболее уязвимой является полость среднего уха, отделенная барабанной перепонкой и соединяющаяся с внешней средой через так называемую евстахиеву трубу, открывающуюся в полость носоглотки. При нормальной проходимости евстахиевой трубы выравнивание давления в среднем ухе с давлением во внешней среде может осуществляться со скоростью

около 380 мм рт. ст./мин. Глотательные движения могут увеличить скорость этого процесса. Задержка в выравнивании давления приводит к снижению слуха даже при незначительной (около 1,5 мм рт. ст.) разнице давлений в полости среднего уха и внешнего. Если изменение давления происходит быстро (более 2280 мм рт. ст./мин), то разница в величине полостного и внешнего давления увеличивается из-за отставания процесса выравнивания. При разнице около 230 мм рт. ст./мин возникают сильные болевые ощущения, перерастающие в мучительную боль с приближением разницы к 380 мм рт. ст./мин. Деятельность при этом может быть полностью дезорганизована, возможна потеря сознания, а дальнейшее нарастание разницы вызывает перфорацию барабанной перепонки. При малой скорости изменения давления такие же явления имеют место в случае нарушения проводимости евстахиевых труб. Болевой эффект может существенно усилиться за счет недостаточной проводимости путей, соединяющих фронтальные и гайморовы пазухи с внешней средой (через полость носа).

Резкое повышение давления в полости легких по отношению к внешнему давлению может серьезно нарушить дыхательную деятельность, а в тяжелых случаях привести к баротравме, т. е. разрыву ткани легких. Эти явления могут иметь место при так называемой взрывной декомпрессии – разгерметизации кабин, скафандров (если внешняя среда сильно разрежена), быстром всплывании (выбрасывании) водолазов, неисправности изолирующих дыхательных аппаратов и т. п. Увеличение давления газовой смеси, используемой человеком для дыхания (при водолазных спусках, в барокамере и т. п.), в силу ее повышенной плотности сказывается на функционировании голосовых связок и артикуляционных мышц. Так, при давлении, вдвое превышающем атмосферное, меняется тембр голоса (голос становится писклявым), ухудшается разборчивость речи.

Как отмечалось выше, количество газа, растворенного в тканях организма, зависит от внешнего давления. При декомпрессии (переходе от нормального давления к пониженному или от повышенного к нормальному) «излишек» газа должен быть выведен из тканей организма. Если время декомпрессии согласовано со скоростью освобождения тканей от газа так, что он выделяется через легкие, минуя переход в газовую фазу в самих тканях, то процесс декомпрессии осуществится без нарушения функций, без повреждения тканей организма.

Если скорость декомпрессии оказывается более высокой, то в тканях организма и прежде всего в крови образуются пузырьки газа (в ос-

новном азота), которые могут закупорить капилляры различных органов (мозга, сердца и др.). Эти явления газовой эмболии определяют характерные для кессонной, или декомпрессионной, болезни нарушения (боли в суставах, нарушения кожной чувствительности, расстройства движений, параличи).

Защитные меры по предупреждению декомпрессионной болезни предусматривают исследование и разработку режимов декомпрессии; замену азота в газовой смеси газом, быстрее выводящимся из организма; применение скафандров (гермокостюмов), обеспечивающих создание давления на тело при падении внешнего давления. Для предупреждения поздних проявлений декомпрессионной болезни и ее лечения используются барокамеры, где создается необходимое давление, а затем по специальным режимам осуществляется декомпрессия.

Нарушение качества газообмена между организмом и внешней средой может быть связано с пониженным атмосферным давлением. Так, при внешнем давлении 70 мм рт. ст. кислород не поступает в организм даже в том случае, если дыхательная смесь состоит из чистого кислорода. Это объясняется тем, что в альвеолах легких всегда содержатся пары воды (при температуре тела 37 °С их парциальное давление равно 47 мм рт. ст.) и углекислый газ, парциальное давление которого в легких даже при гипервентиляции не может быть ниже 20–25 мм рт. ст. В сумме это составляет приблизительно 70 мм рт. ст. Для обеспечения жизни парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе должно быть не менее 40 мм рт. ст. Это может быть достигнуто в том случае, если парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе будет не ниже 114 мм рт. ст., что соответствует высоте около 14500 м над уровнем моря. Такова предельная высота пребывания человека при дыхании чистым кислородом (без скафандра).

Изменение физиологического эффекта газов атмосферного воздуха наблюдается и при повышенном давлении. Дыхание чистым кислородом при давлении 1140 мм рт. ст. (0,5 ати<sup>2</sup>) в течение рабочего дня может привести к отравлению (ати – атмосфера избыточная, единица измерения давления, равная величине давления сверх нормального в 1 атм. Общая величина давления выражается в атмосферах абсолютных (ата)).

При давлении 2660 мм рт. ст. (2,5 ати) отравление наступает через 20–30 мин. Оно проявляется в нарушениях (потере) кожной чувствительности конечностей, возникновении судорог, а также в повышении уровня тревоги. В тяжелых случаях происходит срыв деятельности

с потерей сознания. Под повышенным давлением начинает проявляться и отравляющее действие углекислого газа, хотя его процентное содержание во вдыхаемой смеси может быть неувеличенным или увеличенным незначительно. Симптомы этого сходны с теми, что имеют место в случае воздействий повышенного содержания углекислого газа при нормальном давлении. Наличие углекислого газа в дыхательной смеси, вдыхаемой под давлением, существенно усиливает наркотическое действие азота, которое начинает проявляться при давлении воздуха около 2660 мм рт. ст. (2,5 ати). Сначала наблюдаются некоторая эйфория (беспричинная веселость), снижение самоконтроля в поведении. Развитие отравляющего действия (при повышении давления примерно до 9000 мм рт. ст., т. е. до 10 ати) сопровождается нарушением оценки ситуации, немотивированными поступками, возникновением галлюцинаций, неспособностью выполнять заданную деятельность. Затем, при длительном пребывании в таких условиях или при дальнейшем увеличении давления, появляются вялость, апатия, спутанность сознания и глубокий наркотический сон, заканчивающийся в тяжелых случаях отравления смертельным исходом.

Меры предупреждения отравляющего действия газовой смеси при дыхании предусматривают замену азота нейтральным газом, например гелием; исключение из смеси углекислого газа; обеднение смеси кислородом с таким расчетом, чтобы его парциальное давление в смеси под давлением было близким к парциальному давлению кислорода в атмосферном воздухе при нормальном давлении.

Особую группу составляют экстремальные условия, образующиеся за счет действия вредных газовых примесей воздуха. Это могут быть загрязнения компонентами тех веществ, которые используются или возникают в технологическом процессе, входят в состав топлив и оборудования. Таковы пары технических жидкостей, горюче-смазочных веществ, топлива, аккумуляторные газы, пары ртути и т. п.; выхлопные газы, пороховые газы, угарный газ, озон и др. (т. е. продукты сгорания и электризации); аммиак, сероводород и др. (продукты, выделяющиеся при биохимических реакциях); вещества, выделяющиеся из некоторых синтетических материалов, используемых в машиностроении, строительстве и т. п.

Действие вредных газовых примесей на организм человека различно. Оно может привести и к тяжелым соматическим повреждениям, и к психическим расстройствам, в которых в зависимости от отравляющего агента могут преобладать и депрессия, и эйфория, и агрес-

сивность, и т. д. Нередко появляются боли в различных органах, сильная головная боль, затруднения в восприятии и мышлении. Механизмы действия примесей разнообразны. Они могут нарушать процессы тканевого метаболизма, блокировать защитные механизмы, приводить к расстройству ферментных и катализаторных систем и т. п.

Выраженное отравляющее действие многих примесей происходит при очень малом содержании их во вдыхаемом воздухе. Так, например, угарный газ при концентрации всего 0,001 % через несколько часов может вызвать отравление. Это значит, что данное вещество может накапливаться в организме (свойство, характерное для многих вредных примесей). Накопление в принципе может основываться на разных физических и биохимических реакциях. Для угарного газа оно обусловлено реакцией с гемоглобином крови. При этом образуется карбоксигемоглобин – соединение, намного более стойкое, чем соединение гемоглобина с кислородом (оксигемоглобин). Кроме того, реакция образования карбоксигемоглобина идет значительно активнее, чем оксигемоглобина. В зависимости от количества карбоксигемоглобина нарушается в той или иной мере транспортная функция дыхания и развиваются явления гипоксии. О том, насколько интенсивно идет блокирование гемоглобина, можно судить хотя бы по тому, что при 1%-й концентрации окиси углерода во вдыхаемом воздухе для тяжелого отравления достаточно сделать несколько вдохов.

Не останавливаясь на механизмах действия других примесей, подчеркнем, что в задачи эргономики должна прежде всего входить разработка эффективных методов контроля газовой среды и необходимых мер защиты с учетом характера выполняемой работы.

## **7. ВЛИЯНИЕ УСКОРЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЙСТВИЕМ ЗВУКА, СВЕТА И ДРУГИХ ФАКТОРОВ**

Современные транспортные средства позволяют достигать чрезвычайно высоких скоростей движения, а это означает, что на человека в течение какого-то времени должно воздействовать ускорение, под которым понимается изменение скорости движения по величине и (или) по направлению. Ускорения могут по-разному влиять на состояние человека. Эффект воздействия будет, естественно, зависеть от величины разницы в скорости; времени, в течение которого эта разница образует-

ся; длительности действия ускорения. Кроме того, из-за особенностей строения человеческого тела существенными оказываются вид ускорения и направление ускорения по отношению к телу.

Величина ускорения характеризуется числом  $K = a/g$ , показывающим, во сколько раз данное ускорение превосходит ускорение, вызываемое силой земного притяжения (как известно, сила земного притяжения при отсутствии сопротивления воздуха приводит к ускорению свободно падающего тела, равному  $9,81 \text{ м/с}^2$ ). Результатом действия ускорения является перегрузка, значение которой (число отвлеченное) показывает, во сколько раз сила, вызывающая ускорение, превосходит силу земного притяжения, т. е. во сколько раз тело в ускоряющемся движении становится «тяжелее» тела в покое. Таким образом, по величине ускорения  $g$  можно оценить возникающую перегрузку.

По виду различают ускорения прямолинейные, радиальные, угловые и кориолисово; по направлению – продольные (от ног к голове – отрицательные, от головы к ногам – положительные) и поперечные (от груди к спине и от спины к груди). Угловое ускорение связано с изменением угловой скорости и появляется одновременно с радиальным. Кориолисово ускорение возникает при одновременном вращении тела в двух плоскостях и при изменении радиуса вращения, т. е. угловой скорости в одной из плоскостей. Появление перегрузок характерно для прямолинейных и радиальных ускорений, где этот эффект выражен настолько, что маскирует таковой при угловом и кориолисовом ускорениях. Однако угловое и кориолисово ускорения также воздействуют на вестибулярный аппарат, вызывая или усугубляя его специфические реакции.

В повседневной жизни человек практически постоянно испытывает воздействие ускорений, которые в нормальных условиях редко превосходят  $0,2g$  (разгон и остановка скоростного лифта, поезда, трамвая и т. п.). При взлете пассажирского самолета или экстренном торможении поезда ускорение обычно не превышает  $0,5g$ . Такие величины ускорения, учитывая относительную кратковременность их воздействия, не вызывают особого изменения состояния и не создают особых неудобств для пассажиров, но для работы пилота и машиниста они не безразличны.

Действие ускорений на работающего человека вызывает ряд изменений в его состоянии. Увеличивающаяся физическая нагрузка из-за необходимости преодолевать действующие силы приводит к тому, что

повышается напряжение мышц, интенсифицируются обменные процессы, усиливается сердечная и дыхательная деятельность. Так, например, при продольном ускорении от ног к голове, равном 3g, требуется затратить значительные усилия, чтобы поднять руку до уровня плеча, переставить ногу в положении сидя. Из-за возрастающей «тяжести» конечностей и всего тела затрудняются рабочие движения, снижается подвижность. Происходит смещение кожных покровов и внутренних органов, нарушается кровообращение. В частности, при выходе самолета из пикирования мышцы век не могут удержать «сползание» век на глаза, а сердце не может в достаточной мере обеспечить кровоснабжение мозга.

Характер нарушений в состоянии человека при действии отрицательного продольного ускорения в течение 10 с выявили исследования, проведенные в авиации (табл. 3). При ускорениях большей длительности указанные явления усиливаются, могут сопровождаться кровоизлияниями во внутренние органы. Ускорения, направленные от головы к ногам, переносятся более тяжело и при 4,5–5,0g могут вызвать нарушение целостности кровеносных сосудов головного мозга. Переносимость при поперечно-боковом направлении ускорений в несколько раз выше.

Предел переносимости при коротких ускорениях, длительностью менее 1 с (ударные ускорения), может сдвинуться до 30–35g, но он зависит от направления ускорения и скорости нарастания ускорения. Например, при продольном ускорении предел переносимости ударных ускорений в 2–3 раза меньше. Ускорения при авариях быстро движущихся предметов могут намного превосходить пределы переносимости (так, при столкновении автомобилей величина ускорения может превышать 100g).

Таблица 3

**Зависимость состояния и работоспособности человека от ускорения (положение сидя, направление ускорений – от ног к голове, время действия не более 10 с)**

<b>Величина g</b>	<b>Характер нарушений</b>
2,0–3,5	Затруднение движений, тянущие ощущения в полости живота и груди, затруднения зрительного восприятия показаний приборов
3,5–5,0	Усиление указанных симптомов, потеря периферического зрения (серая пелена)
5,0–6,0	Еще большее усиление указанных симптомов, потеря зрения (черная пелена), потеря сознания



Защита от вредного воздействия ускорений проводится в следующих направлениях:

- повышение сопротивляемости организма человека к перегрузкам путем физической тренировки, развивающей силу мышц, прочность костно-связочного аппарата;

- предупреждение повреждений от окружающих предметов, элементов оборудования путем конструктивного устранения выступающих, острых граней и углов, а также усиления амортизационных свойств отдельных элементов оборудования за счет их деформации или даже разрушения;

- выбор наиболее выгодной рабочей позы, исходя из необходимости минимизации высоты положения головы по отношению к сердцу и предотвращения, по возможности, смещения внутренних органов, а также наиболее выгодного распределения нагрузки на костно-мышечную систему;

- создание специальных опор, фиксаторов и увеличение площади опорных поверхностей;

- применение защитной одежды (защитные шлемы с мягкими прокладками, противоперегрузочные костюмы).

Выше были рассмотрены ситуации, характеризующиеся воздействием ускорения при наличии постоянно действующей силы земного притяжения. В условиях космического полета отсутствие силы земного притяжения (невесомость) также приводит к изменениям в состоянии организма человека.

Пребывание в условиях невесомости вызывает перестройку практически во всех функциональных системах организма. Наиболее серьезные для выполнения работы проблемы возникают в первые часы и дни пребывания в космосе. Они связаны с нарушениями координации движений в новых условиях, привыканием к необычному способу передвижения, вестибулярными реакциями и иллюзиями пространственного положения, трудностями пространственных оценок и др. Практика длительных космических полетов показала, что под влиянием невесомости изменяются обменные процессы, деятельность систем кровообращения и кроветворения и т. д.

Вместе с тем длительные полеты космонавтов свидетельствуют, что человек может адаптироваться в космосе и успешно работать в течение долгого времени. Однако для этого необходимо проведение в земных условиях профессионального отбора и специальной подготовки, направленной как на овладение деятельностью, так и на разви-

тие требуемого уровня качеств функциональных систем организма, развитие способностей самоконтроля и саморегуляции состояния. В условиях же космического полета оказалось необходимым применение комплекса физических упражнений, обеспечивающих поддержание нужного уровня функционального состояния организма и возможность успешной реадаптации к земным условиям.

Особую группу факторов, неблагоприятно действующих на человека и связанных с ускорением, составляют вибрации, в том числе их разновидности – тряска и качка. Механические колебания любой среды при определенных их характеристиках могут иметь вибрационный эффект воздействия на человека. В производственных условиях вибрационное воздействие человек испытывает при соприкосновении с колеблющимися твердыми поверхностями (пол, ручной инструмент, рабочие поверхности станков). Работа энергетических установок, двигателей, станков, прессов и т. п. также сопровождается возникновением механических колебаний, которые непосредственно, при контакте с такого типа оборудованием, или опосредованно, через другие предметы, могут воздействовать на человека.

Эффект воздействия вибрации на человека зависит от ее характеристик: амплитуды, частоты и периода. Амплитуда вибрации, измеряемая в линейных единицах (миллиметрах), показывает наибольшее отклонение колебания, а квадрату амплитуды пропорциональна энергия колебания. Частота вибрации, измеряемая в герцах, показывает число колебаний в секунду, а величина, обратная частоте и измеряемая в секундах, характеризует период колебания.

В зависимости от площади соприкосновения тела человека с вибрирующей поверхностью и от характеристик вибраций их действие на организм человека может быть местным или общим. Местные воздействия влияют на тонус кровеносных сосудов и кровоснабжение тканей организма, снижают кожную чувствительность, вызывают трофические изменения в костях и мышцах. Общие воздействия связаны с резонансными колебаниями отдельных частей тела и внутренних органов. В среднем для всего тела резонансная частота составляет 5 Гц; для сердца, живота и грудной клетки – тоже 5 Гц, для головы – 20, для глазных яблок – 80, для центральной нервной системы – 250 Гц. Эффект воздействия вибраций на организм человека неоднозначен, и одной из причин этого является то, что при разных частотах меняется относительная значимость характеристик вибраций.

Усредненные значения диапазона вибраций от ощутимых до переносимых с трудом (при изменении максимального ускорения от 0,1 до 10g) характеризуются при разных частотах следующими значениями амплитуды:

Частота (Гц):	Амплитуда (см):
1000	$2,5 \cdot 10^{-6}$ – $2,5 \cdot 10^{-5}$
100	$2,5 \cdot 10^{-4}$ – $2,5 \cdot 10^{-3}$
10	$2,5 \cdot 10^{-2}$ – $2,5 \cdot 10^{-1}$
1	1– $2,5 \cdot 10$

Первое числовое значение амплитуды соответствует оценке «вибрации ощутимы», а последнее – «вибрации с трудом переносимы».

Сильные вибрации вызывают снижение работоспособности, усталость, нарушения зрения, особенно бинокулярного. При вибрации малой частоты и большой амплитуды с переменным периодом (тряска, толчки при движении по неровной дороге) могут возникать перемещения тела, ушибы, а также затруднения в выполнении рабочих движений. При плавных низкочастотных колебаниях, характерных для качки морских судов и самолетов, в нарушениях состояния и работоспособности начинают превалировать симптомы укачивания («морской болезни»). Эти явления возникают в результате перерождения рецепторов вестибулярного аппарата и внутренних органов.

Основные мероприятия по защите человека от вибрационных воздействий сводятся к применению амортизационных материалов и устройств (рукавицы, коврики, мягкие сиденья, рессоры, амортизаторы и т. п.). Большое значение имеет и специальная подготовка, предусматривающая комплексы упражнений, например, для тренировки вестибулярного аппарата.

Акустическая среда является важным компонентом в общей среде обитания: человек живет в мире звуков. Параметры акустической среды могут существенно определять и общее состояние человека, и его работоспособность, и успешность деятельности, особенно тогда, когда приходится работать со звуковыми сигналами, воспроизводить речь другого человека.

Центральный отдел слухового анализатора представлен нейронами коры верхней части височной доли, среднего мозга (в области нижних бугров четверохолмия и в медиальном коленчатом теле таламической области) и продолговатого мозга. Исходным моментом в формировании нормального слухового ощущения являются колебания эндолимфы, передаваемые рецепторным клеткам кортиева органа во

внутреннем ухе. Эндолимфе колебания передаются от барабанной перепонки через систему слуховых косточек, действующих как усилитель.

Таким образом, сила слухового ощущения при прочих равных условиях оказывается связанной с величиной давления. Очевидно, что слуховое ощущение будет определяться величиной давления на барабанную перепонку, которое создается при распространении акустических волн. Для измерения этого давления используется величина действия силы  $1 \cdot 10^{-5}$  Н на квадратный сантиметр, равная 10 Па. На практике для оценки звука наиболее часто применяется логарифмическая уровневая шкала отношений, а в качестве единицы измерения – децибел (дБ).

Экстремальные условия в акустической среде создаются в основном либо при приближении звукового давления к болевому порогу, либо при таких уровнях шума, которые затрудняют прием звуковых сигналов. Болевой порог звукового давления составляет примерно 130 дБ. Однако уже при 100 дБ шум вызывает общее утомление, снижает работоспособность и качество работы, а при 110–120 дБ оказывает угнетающее действие. При уровне шума 130 дБ невозможно непосредственное речевое общение.

В проектировании рабочих мест следует исходить из того, что уровень шума выше 80 дБ недопустим и требует использования средств индивидуальной защиты работников.

Защитные меры предусматривают создание звукоизоляции рабочих помещений, применение звукопоглощающих материалов и индивидуальных средств защиты (ушные заглушки, наушники, шлемы и т. п.).

Экстремальные условия, возникающие за счет факторов освещенности в производственных помещениях, связаны обычно с различной и адаптационной функциями зрения.

Зрительный анализатор человека имеет сложные биологические механизмы регулирования поступления световой энергии к фоторецепторам глаза и уровня чувствительности фоторецепторов. Анализатор включает в себя фоторецепторы сетчатки, проводящие пути, подкорковые нервные центры, зрительную кору (затылочная область головного мозга).

При оценке светового воздействия учитываются прежде всего сила света, измеряемая в канделах (кд); световой поток, измеряемый в люменах (лм); яркость, измеряемая в канделах на квадратный метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ), освещенность, измеряемая в люксах (лк).

Низкая освещенность затрудняет различение деталей, снижает способность цветоразличения. Работа в таких условиях приводит

к развитию утомления, появлению ошибок. В производственных помещениях уровни общей освещенности должны быть в пределах от 100 до 500 лк и выше (в зависимости от характера работы). Если же человек работает со светящимися сигналами малой яркости, то уровни освещенности должны быть снижены в 10–20 раз.

Выраженный неблагоприятный эффект вызывают и перепады яркости в поле зрения, резкие перепады освещенности. Это связано с перегрузкой адаптационного механизма зрения. Так, наличие в поле зрения участков поверхностей с перепадом яркости в 5–7 раз вызывает неприятные ощущения, головную боль, снижает работоспособность и качество работы. Особенно неблагоприятно для зрения воздействие слепящей яркости. Абсолютная слепящая яркость равна примерно  $22,5 \cdot 10^4$  кд/м<sup>2</sup>. Но слепящий эффект может возникать и при меньших значениях в зависимости от исходного уровня адаптирующей яркости. Например, при яркости адаптирующей поверхности в пределах от 32 до 3200 кд/м<sup>2</sup> значения слепящей яркости находятся в диапазоне 11000–46000 кд/м<sup>2</sup>. Источниками слепящей яркости чаще всего оказываются открытые светильники в производственных помещениях, свет фар автомобилей в ночное время, блики на рабочей поверхности.

Затруднения зрения могут возникать также при постоянной перераккомодации глаз из-за необходимости частого перенесения взгляда на разноудаленные объекты. Эти затруднения, связанные с перегрузкой наружных мышц глазного яблока, могут существенно усилить эффект утомления при напряженной зрительной работе, особенно в неблагоприятных условиях освещенности.

Защитные меры от неблагоприятных воздействий факторов световой среды предусматривают создание достаточных уровней освещенности и равномерности освещения рабочей поверхности, исключение источников слепящей яркости, применение защитных экранов и очков.

Экстремальные условия для человека могут быть связаны с излучением, относящимся не только к видимой части солнечного спектра, но и к невидимой, т. е. с инфракрасным и ультрафиолетовым излучением. Действие инфракрасных лучей рассматривалось выше, среди факторов теплового излучения и терморегуляции организма.

Ультрафиолетовое излучение занимает в солнечном спектре участок с длиной волн  $0,4 \div 0,0136$  мкм. Как известно, это излучение биологически активно. Ультрафиолетовые лучи необходимы для син-

теза в организме гистаминаподобных веществ (играющих важную роль в обеспечении нейрорегуляторных процессов) и витамина *D* (обеспечивающего процессы фосфорно-кальциевого обмена).

Недостаток ультрафиолетового излучения вызывает эффект так называемого «светового голодания». Ультрафиолетовая недостаточность у взрослых проявляется в снижении работоспособности и сопротивляемости к заболеваниям, у детей она может быть причиной развития рахита. Меры профилактики ультрафиолетовой недостаточности предусматривают специальные процедуры ультрафиолетового облучения или введения ультрафиолетового компонента в световой поток, формирующийся в помещениях различными источниками освещения.

Избыток ультрафиолетового облучения может также привести к тяжелым расстройствам здоровья и работоспособности. В производственных условиях избыточное ультрафиолетовое излучение возникает при дуговой электросварке, при работе ртутно-кварцевых горелок и электроплавильных печей.

Ультрафиолетовое поражение организма может проявляться как симптомами общей интоксикации, так и симптомами местного повреждения. Симптомы общей интоксикации обусловлены денатурацией белка и липидов тканей, избыточным образованием активных веществ. К числу таких обменных симптомов можно отнести повышенную утомляемость с явлениями возбуждения и раздражительности, головную боль, плохое самочувствие.

Симптомы местного повреждения возникают в кожных покровах и в органе зрения. Чрезмерное ультрафиолетовое облучение кожных покровов вызывает дерматит, сопровождающийся отечностью, болевыми ощущениями, жжением, зудом. Все это может серьезно затруднить выполнение работы или привести к срыву деятельности. Поражение глаз (электроофтальмия) проявляется сильным конъюнктивитом и кератитом. При этом наблюдаются интенсивное слезотечение, режущая боль в глазах, ощущение инородного тела, снижение четкости зрения и светобоязнь. Все эти явления развиваются обычно не позже, чем через 4–5 ч после облучения, и могут привести к полному срыву деятельности.

В естественных условиях поражение кожных покровов ультрафиолетовыми лучами чаще всего наблюдается при нарушении режима облучения солнцем – недостаточной предварительной адаптации к ультрафиолетовому воздействию. В условиях высокогорья, где ульт-

рафиолетовые лучи меньше поглощаются атмосферой и их воздействие усиливается за счет отражения от белой поверхности снега, существует большая вероятность повреждения глаз.

Меры защиты от воздействия ультрафиолетового излучения обычно сводятся к применению очков, защитных масок, козырьков и использованию рабочей одежды, максимально закрывающей кожные покровы.

Развитие радиолокации, радиосвязи, термической обработки металлов и т. п. основано на получении и использовании переменного тока высокой, ультра- и сверхвысокой частоты. Применяемые для этой цели мощные генераторы, трансформаторы, линии передач, антенные устройства создают электромагнитные поля. Высокочастотные колебания (ВЧ) имеют длину волн от 3000 до 10 м, ультравысокочастотные (УВЧ) – от 10 до 1 м, сверхвысокочастотные (СВЧ) – от 1 м до 1 мм. Если рабочие места находятся в зоне индукции, т. е. на расстоянии от источника излучения, меньшем длины волны, что может относиться к ВЧ- и УВЧ-излучению, то характеристика условий дается отдельно по напряженности электрического поля (В/м) и по напряженности магнитного поля (А/м). Это необходимо из-за несоответствия указанных параметров в зоне индукции.

При СВЧ-излучении рабочие места находятся от источника излучения на расстоянии, превышающем длину волны. Номенклатура показателей эргономического качества является открытой, т. е. может быть дополнена по мере создания новых технических средств и изделий, а также накопления экспериментальных данных о них.

## **8. АВАРИЙНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И КОМПЛЕКС МЕР ПО ЕЕ СНИЖЕНИЮ**

Управление любым видом транспорта налагает большую ответственность на человека. Эффективность и безопасность управления зависят от множества объективных и субъективных факторов, различных по своей природе и силе воздействия. Среди них главное место принадлежит факторам, связанным с психофизиологическими характеристиками и личностными особенностями водителя.

Основная масса случаев аварийности падает на автомобильный транспорт. По данным ООН, в мире ежегодно происходит 55 млн автомобильных аварий, в которых гибнет 300 тыс. человек и 8 млн получают травмы. Смертность при автомобильных катастрофах занимает второе место в мире, уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям.

При движении автомобиля создается сложная картина взаимодействия элементов (звеньев) системы «водитель–автомобиль–дорога» (ВАД). Звенья этой системы качественно разнообразны. Автомобиль и дорога характеризуются совокупностью технических данных, выраженных определенными показателями. Характеристику водителя можно составить с помощью психологических и физиологических методов. Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) – это «рассогласование» взаимодействия звеньев системы «водитель–автомобиль–дорога».

К ДТП относятся случаи, повлекшие за собой ранение, гибель людей, повреждение или разрушение транспортных средств. Возникающие в процессе движения машин ДТП, как правило, быстротечны. События в них развиваются за несколько секунд, а иногда и за доли секунды.

Можно выделить следующие виды ДТП:

- наезды на людей и другие подвижные объекты, находящиеся на полосе движения транспортных средств;
- наезды на неподвижные объекты, в том числе на неподвижные транспортные средства;
- столкновения транспортных средств (встречные, боковые, при попутном движении) и опрокидывания, вызванные столкновением;
- опрокидывания транспортных средств, происходящие в результате заноса, потери управления, при неблагоприятном состоянии дороги либо применении водителем резких или неправильных движений.

При расследовании ДТП используются системы понятий, определяющих дорожную обстановку, развитие всего происшествия в целом и отдельных его звеньев. Дорожная обстановка – это складывающееся к определенному времени в каком-то месте сочетание дорожных условий, характеристики транспортных средств, пешеходов и организации движения.

Дорожные условия включают: ширину проезжей части и обочин, размеры кюветов, продольные и поперечные уклоны, повороты и другие конструктивные элементы дороги; тип покрытия проезжей части и обочин и его состояние (отсутствие или наличие механических повреждений, шероховатостей и ровность покрытия проезжей части, степень влажности или скользкости поверхности проезжей части и обочин); обзорность дороги с места водителя; расстояние си-луэтной и конкретной видимости с места водителя в направлении движения; освещенность дороги, яркость покрытия и контрастность на фоне обочин; придорожную обстановку (присутствие и размеще-



ние вблизи дороги различных сооружений и предметов, наличие и характер растительности).

Под организацией движения понимается наличие или отсутствие средств регулирования (дорожные знаки, линии разметки, светофорная сигнализация) на участке, где возникло происшествие.

Характеристика транспортных средств и пешеходов включает в себя состав движения, его плотность и интенсивность на данном участке дороги, а также состав пешеходов по полу и возрасту, интенсивность и темп движения пешеходов.

Большинство происшествий вызывается несколькими причинами, которые могут возникнуть как в одном, так и во всех звеньях системы ВАД.

По звену «водитель» причинами являются: невыполнение водителем и пешеходами установленных для различных ситуаций движения требований к их действиям, нарушение порядка взаимодействия между участниками движения, т. е. несоблюдение «Правил дорожного движения»; понижение работоспособности водителя вследствие переутомления, болезни или под влиянием факторов внешней среды, условий восприятия обстановки движения; применение водителем неправильных приемов управления.

По звену «автомобиль» к причинам относятся: неудовлетворительное техническое состояние отдельных агрегатов, механизмов, деталей; неправильное техническое использование и обслуживание автомобиля или его отдельных агрегатов.

По звену «дорога» – это выполнение отдельных элементов дороги и их сочетаний, а также оборудование придорожного пространства с отступлением от технических условий; неудовлетворительное состояние всей дороги и ее элементов; неправильная организация движения, отсутствие или неверная установка дорожных знаков либо линий разметки, несоответствующий интенсивности движения режим работы светофоров.

Методы расследования дорожного происшествия избираются в зависимости от его причин. В общем, установление факторов, причин их появления, степени воздействия на протекание происшествия проводится с помощью комплекса различных экспертиз: технических, криминалистических, судебно-медицинских, судебно-психологических. К проведению любой экспертизы привлекаются специалисты.

Расследование большинства ДТП начинается с технических экспертиз. В первую очередь проводится автотехническая экспертиза, которая определяет: исправность или неисправность транспортного

средства в момент совершения ДТП, причины и время ее возникновения; возможность обнаружения технической неисправности до момента наступления ДТП и условия, при которых эта неисправность могла быть установлена; технические возможности предотвращения происшествия при том состоянии транспортных средств, которое было определено к моменту происшествия; причинно-следственные связи между обнаруженной технической неисправностью и фактом происшествия; иные обстоятельства, связанные с техническим состоянием транспортных средств, которые могли способствовать или способствовали возникновению ДТП.

В компетенцию автотехнической экспертизы входит также установление отдельных технических параметров дорожной обстановки и ее составляющих, в частности: определение фактических значений расчетных параметров, входящих в зависимость, с помощью которой выполняется инженерный анализ (коэффициента сцепления, сопротивления качению и движению); установление траектории и времени движения транспортных средств в процессе происшествия, если это связано с действием сил, возникших при взаимодействии транспортных средств с дорогой или другими транспортными средствами; выявление с места водителя условий обзорности и дальности видимости к моменту происшествия; определение обстоятельств дорожной обстановки, которые способствовали возникновению ДТП.

Наконец, в круг вопросов, решаемых с помощью автотехнической экспертизы, входит исследование действий водителя по управлению транспортными средствами, т. е. определение правильности и последовательности применения приемов управления машиной и влияния этих приемов на направление, скорость движения и устойчивость транспортных средств.

Нередко возникает потребность и в иных технических экспертизах. Так, перед дорожно-технической экспертизой ставятся вопросы о соответствии определенных участков дороги техническим требованиям по их устройству и содержанию. При светотехнической экспертизе устанавливается соответствие искусственного освещения существующим нормам.

Помимо технических экспертиз, как правило, проводят судебно-медицинскую экспертизу для установления причин телесных повреждений либо смерти и выяснения, какими именно частями транспортного средства было нанесено повреждение. К трассологической экспертизе прибегают для определения механизма столкновения, а также

при необходимости идентификации следов транспортного средства. При расследовании происшествий часто используются также специальные виды экспертиз: судебно-биологическая, криминалистическая и иные, с помощью которых устанавливается, например, группа крови, принадлежность волос и т. п.

Психологическую экспертизу рекомендуется назначать для исследования времени реакции поведения водителя и очевидцев в аварийной ситуации, для выявления влияния обстановки на правильность восприятия.

Ошибочные действия водителей транспорта являются основной причиной ДТП. По вине водителей происходит 70–80 % всех происшествий и лишь 20–30 % совершается по другим причинам (отказ техники, недостатки в организации дорожного движения, плохое состояние дороги и т. п.). Водитель автомобиля – это оператор и главное звено системы ВАД. Необходимыми качествами его являются надежность, хорошая подготовленность, высокая работоспособность.

Психофизиологические и психологические причины ДТП, установленные исследователями, – это неправильное восприятие водителем расстояния, скорости сближения, цвета, недостаточная дальность видения ночью и днем, эмоциональная неуравновешенность, психические заболевания, низкая степень выработки навыков по управлению транспортом.

Эмоциональная неустойчивость водителя (возбудимость, раздражительность, невыдержанность) служит основной причиной происшествий на дорогах. Так, из-за неудачного размещения и оформления дорожных знаков (без учета эргономических требований) происходит 16 % ДТП, 14 % – вследствие утомления водителя, 25–30 % – от задержки и неточности двигательной реакции водителя, 28 % – в результате употребления алкоголя.

Для определения профессионального мастерства водителя в реальных условиях его работы используются специальные приборы, в том числе:

1. Прибор «Готовность оператора», с помощью которого устанавливаются скорость и точность сложных сенсомоторных реакций, скорость формирования двигательных навыков при различном темпе подачи сигналов, а также объем, точность и помехоустойчивость оперативной памяти.

2. Комплексный прибор «Тремет», который позволяет проанализировать способность водителя дифференцировать в условиях жестко

ограниченного времени близкие по форме, но различные по сигнальному значению раздражители.

3. Прибор для исследования внимания водителя.

4. Прибор для установления психофизиологических резервов водителя «ПФР-В».

5. Реакциометр МАДИ для изучения некоторых реакций водителя, особенно на больших скоростях.

6. Прибор для оценки готовности водителя к экстренной реакции в условиях монотонной деятельности.

7. Прибор для исследования ночного зрения.

Для оценки функционального состояния работоспособности водителя применяются:

1. Комплексный прибор «ПИФФ-М», с помощью которого исследуется физическое состояние.

2. Метод альтернативной оценки хронометрических показателей простой двигательной реакции.

3. Прибор с автоматической подачей сигналов для определения времени реакции.

Для изучения психофизиологических особенностей водителя применяются следующие бланковые методики:

1. Методика «Квадраты», с помощью которой определяются концентрация и устойчивость внимания.

2. Методика масштабная, используемая для исследования глазомера.

3. Методика «Число–буквенное сочетание», дающая возможность изучить особенности внимания, способность работать в вынужденном темпе или при дефиците времени, а также проверить эмоциональную устойчивость.

4. «Корректирующая проба», позволяющая определить устойчивость внимания.

5. Методика «Сложение чисел с переключением», применяемая для изучения особенностей мышления и внимания.

Кроме специальных приборов и методик, надежная и безаварийная работа водителя и всей системы ВАД обеспечивается стандартами по предупреждению ДТП, разработанными Управлением Министерства автотрасс.

В эргономических исследованиях большое место отводится изучению особенностей метеорологической видимости, режима труда и отдыха, обстоятельств дороги. Для установления оптимальных ус-

ловий работы водителя психологами предложен расчет специального коэффициента безопасности дорожного движения по особенностям видимости и скоростного режима при ограниченной метеовидимости. С помощью психофизиологических показателей определяются участки дороги и средства управления движением.

Кроме исследований по предупреждению аварий на автомобильном транспорте, психологи разрабатывают и предлагают методы, способы и средства предупреждения аварий на воздушном, железнодорожном, водном, а также на городском транспорте.

Так, повышению качества и безопасности труда авиационных специалистов способствуют: эргономическое проектирование авиационной техники, при котором учитываются принципы создания средств отображения информации, такие как оптимальные условия работы активного оператора; эргономические отбор и подготовка авиаоператоров. В авиационной эргономике применяются статистический, информационный и энергетический методы оценки эргатических систем. Для прогнозирования успешности действий экипажа в реальных полетах используется вероятностный метод.

На железнодорожном транспорте широко исследуются условия труда работников с использованием качественного и количественного анализа. При этом применяются статистический, групповой, монографический, критериальный и экономический методы.

Статистический метод представляет собой совокупность приемов, позволяющих собрать и упорядочить информацию о случаях травматизма на транспорте и профессиональных заболеваний.

Групповой метод применяют для исследования влияния на условия труда групп факторов, объединяющих частные случаи и ситуации с повышенной вредностью.

Топографическим методом изучаются особенности расположения оборудования и рабочих мест, позволяющие установить опасность и вредность производственной среды на транспорте.

Монографический метод основан на детальном изучении условий возникновения ситуаций, в которых могли или могут действовать производственные опасности и вредности.

Критериальный метод заключается в установлении критериев безопасности труда железнодорожников и определении степени соответствия фактических уровней опасности и вредных производственных факторов действующим нормам.

Экономический метод представляет собой анализ экономических потерь, связанных с производственным травматизмом и неблагоприятными условиями работы.

Для обеспечения безопасности движения поездов на железной дороге применяются технические и организационные меры. Технические меры направлены на улучшение состояния железнодорожных ресурсов, некоторых конструкций подвижного состава, закрепление оборудования, устройство железнодорожной автоматики и телемеханики. Организационные меры предусматривают систему персональной ответственности за организацию перевозок и безопасность движения, регламентированную соответствующими правилами, инструкциями и приказами.

Необходимый уровень безопасного мореплавания также обеспечивается комплексом мер организационного и технического характера. Для предотвращения столкновения судов внедряется схема их раздельного движения, совершенствуются технические средства и правила, используемые для согласования борта расхождения. В исследованиях большое внимание уделяется совершенствованию и развитию портовых акваторий, маневровым качествам судов, практической подготовке судоводителей и их психофизиологическим характеристикам.

## **9. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Требования, предъявляемые к конструкции автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин могут быть разделены на группы, указанные в табл. 4.

*Таблица 4*

**Требования к конструкции автомобилей, тракторов  
и сельскохозяйственных машин**

<b>Эксплуатационные</b>	<b>Производственные</b>	<b>Социальные и законодательные</b>	<b>Конкурентоспособности</b>
1. Высокая средняя скорость движения	1. Малые материалоёмкость, трудоёмкость и себестоимость изготовления	1. По безопасности конструкции	1. Обеспечение технологического уровня, соответствующего современным международным требованиям

Эксплуатационные	Производственные	Социальные и законодательные	Конкурентоспособности
2. Обеспечение топливной экономичности	2. Конструкторская и технологическая преемственность	2. По эргономическим показателям	2. Патентная чистота
3. Обеспечение полного использования грузоподъемности	3. Высокая степень унификации агрегатов, узлов и деталей	3. По экологическим показателям	3. Обеспечение международного признания (омологация)
4. Надежность	4. Технологичность конструкции	4. Соответствие ГОСТам, ОСТам и стандартам СЭВ	4. Соответствие международным соглашениям
5. Приспособленность к климатическим условиям			5. Соответствие специфическим требованиям стран-импортеров
6. Сохранность груза при транспортировке			

Необходимо подчеркнуть, что компромиссное решение, принятое в процессе конструирования, является оптимальным только для конкретной обстановки на данном отрезке времени и зависит от многих факторов, в том числе от уровня технического и социального прогресса. Конструктивные решения должны приниматься с учетом того, что расходы на эксплуатацию автомобиля, трактора, сельскохозяйственной машины значительно выше производственных. Поэтому некоторое повышение себестоимости может быть оправдано, если при этом уменьшаются эксплуатационные расходы.

Таким образом, только путем комплексного технико-экономического анализа, при котором совместно рассматриваются конструктивные и эксплуатационные параметры, можно установить наиболее рациональные значения параметров, определить экономически целесообразные границы их изменения в целях получения наивысшего экономического эффекта.

## 10. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

### 10.1. Показатели материалоемкости

Материалоемкость характеризует совершенство конструкции и является важнейшим показателем технического уровня.

В настоящее время основным показателем материалоемкости автомобиля является удельная материалоемкость:

$$m_y = m_c / (m_T T),$$

где  $m_c$  – «сухая» масса автомобиля, кг;  $m_T$  – его грузоподъемность, т;  $T$  – срок службы до капитального ремонта (ресурс), тыс. км.

Данный показатель более объективно оценивает материалоемкость конструкции, чем ранее широко применявшийся коэффициент снаряженной массы (так называемый коэффициент тары – отношение снаряженной массы автомобиля, трактора к массе перевозимого груза), так как учитывает ресурс автомобиля, трактора.

Сравнение материалоемкости исследуемого автомобиля, трактора с аналогами, когда неизвестен их ресурс, производится по удельной грузоподъемности (отношению грузоподъемности к снаряженной массе автомобиля, трактора).

Материалоемкость автомобилей, тракторов одинаковой грузоподъемности и с одинаковым кузовом может быть различной в зависимости от дорожных условий, для работы в которых они предназначены. Автомобили, эксплуатирующиеся на дорогах с усовершенствованным покрытием (например, для перевозок только в городах или только на магистралях), могут иметь минимальную материалоемкость, поскольку их детали, узлы, агрегаты подвергаются наименьшим динамическим нагрузкам. Следовательно, они могут иметь наименьшие запасы прочности и, соответственно, наименьшие размеры и массу.

Таким образом, показатели материалоемкости могут сопоставляться только для однотипных автомобилей, тракторов, используемых в одинаковых дорожных условиях и с кузовами одинакового назначения.



## 10.2. Показатели, нормативы и методы оценки тягово-скоростных свойств

Скорость движения является одной из важнейших эксплуатационных характеристик автомобиля. Производительность автомобиля прямо пропорциональна скорости движения.

Скоростные свойства автомобиля, трактора, согласно ГОСТ 22576–77, оцениваются следующими показателями:

- 1) скоростной характеристикой разгон–выбег;
- 2) разгоном на высшей и предшествующей передачах;
- 3) на дороге с переменным продольным профилем;
- 4) максимальной скоростью;
- 5) условной максимальной скоростью;
- 6) временем разгона на пути 400 и 1000 м;
- 7) временем разгона до заданной скорости.

Кроме того, используется еще один показатель – установившаяся скорость на затяжных подъемах (ГОСТ 21398–75).

Методику определения указанных показателей скоростных свойств устанавливает ГОСТ 22576–77. Два из перечисленных показателей нормированы.

Согласно ГОСТ 21398–75, максимальная скорость на горизонтальном участке с сухим ровным покрытием должна быть не менее: для одиночных грузовых автомобилей полной массой не более 3,5 т – 100 км/ч; для одиночных автомобилей полной массой более 3,5 т и автопоездов – 80 км/ч.

Автопоезда полной массой при движении по сухому твердому ровному покрытию должны преодолевать подъем 3 % протяженностью не менее 3 км при установившейся скорости их движения не менее 30 км/ч (по проекту ТЭТ – «Технико-эксплуатационных требований к грузовым автомобилям и автопоездам в странах-членах СЭВ на перспективу до 1990 г.» – 34 км/ч).

Любой из показателей скоростных свойств характеризует поведение автомобиля (автопоезда) в одном из режимов движения, а в совокупности они определяют среднюю скорость движения, которая является обобщающим показателем скоростных свойств. Однако фактическая средняя скорость движения автомобиля зависит не только от его скоростных свойств, но и от степени использования этих свойств в реальных условиях эксплуатации, определяемых внешними факторами, не связанными с конструкцией автомобиля.

Внешними факторами, характеризующими условия движения, являются: элементы дороги, ее состояние, интенсивность движения, организация движения, регламентированные ограничения скоростей, метеорологические условия и др.

Возможно большое число сочетаний названных факторов, но для каждого типа и разновидности автомобиля, трактора есть наиболее типичные условия движения, характеризующиеся определенными значениями влияющих факторов.

Для установления средней скорости, движения автомобиля, трактора во время испытаний наиболее важным является выбор маршрутов с дорожными условиями, характерными для эксплуатации автомобилей данного типа. Выбор маршрутов испытаний прост для автобусов городского и пригородного типов, автомобилей-самосвалов карьерного типа, лесовозов и др. Для других типов используются две или три разновидности условий движения.

В условиях повышения интенсивности движения большое значение приобретает обеспечение высоких-средних скоростей всего транспортного потока. С увеличением интенсивности движения транспортный поток переходит от свободного состояния в частично связанное, при котором водитель, поддерживая избранную скорость движения, вынужден осуществлять обгон автомобилей, движущихся с меньшей скоростью в силу более низких скоростных свойств. В таком случае автомобиль испытывает помехи со стороны обгоняемых автомобилей или становится помехой для обгоняющих. При этом с увеличением интенсивности движения число интервалов, безопасных для выполнения обгона, уменьшается, а суммарная продолжительность задержки участников транспортного потока увеличивается. Таким образом, чем больше габариты и грузоподъемность автомобиля, тем больше помехи испытывает он со стороны медленно движущихся автомобилей, создавая одновременно и наибольшие помехи для более быстроходных. При дальнейшем увеличении интенсивности движения транспортный поток в итоге превращается в связанный, когда обгоны практически отсутствуют, и движение приобретает колонный характер, при котором автомобили движутся практически с одинаковой скоростью, причем скорость колонны определяется автомобилем с наиболее низкими скоростными свойствами.

Параметром автомобиля, определяющим в значительной степени уровень его тягово-скоростных свойств, является удельная мощность. Она характеризует энерговооруженность автомобиля (автопо-

езда) и является основным резервом повышения средней скорости движения. Этот показатель особенно важен при сравнении разных автомобилей одного транспортного потока.

В последние годы во многих странах для увеличения средней скорости движения транспортного потока определены требования к минимальной удельной мощности автомобиля.

Однако удельная мощность является в определенной мере условным показателем скоростных свойств автомобиля. Возможность увеличения средних скоростей движения в типичных условиях эксплуатации зависит от того, насколько реализуется мощность двигателя, т. е. от выбора передаточных чисел трансмиссии, числа ступеней коробки передач, характера протекания кривых внешней и частичных характеристик двигателя и др. Зависимости скоростных свойств автомобиля от параметров трансмиссии изучаются в курсе «Теория автомобиля».

Ниже рассматривается влияние показателей скоростных свойств на среднюю скорость магистральных автопоездов.

Для оценки уровня скоростных свойств автомобилей (автопоездов) применяют контрольный, аналоговый и статистический методы.

Контрольный метод – это проверка соответствия полученных результатов испытаний требованиям нормативной документации (ГОСТов, ОСТов, ТУ и др.).

Аналоговый метод предполагает сопоставление показателей и характеристик оцениваемого автомобиля и автомобиля-аналога, полученных в типичных условиях эксплуатации. В качестве аналога выбирается один или несколько лучших современных автомобилей отечественного или зарубежного производства, которые по конструкции, весовым и габаритным параметрам, а также по выходным характеристикам аналогичны испытываемому автомобилю. Для повышения степени достоверности результатов используемые показатели и характеристики образцов и их аналогов должны быть получены одновременно, в одних и тех же условиях. Статистический метод базируется на сопоставлении полученных результатов испытаний автомобиля со среднестатистическими данными, накопленными за определенный период времени по аналогичным автомобилям. Важно при этом, чтобы данные были получены теми же методами, что и для оцениваемого автомобиля. Это требование выполняется при использовании стандартных или типовых методов испытаний, получивших широкое распространение.

### 10.3. Показатели, нормативы и методы оценки топливной экономичности

Обеспечение топливной экономичности автомобилей, тракторов рассматривается в настоящее время как важная народнохозяйственная задача. Ее решение имеет первостепенное значение для снижения себестоимости перевозок и экономии топливно-энергетических ресурсов страны. Таким образом, топливная экономичность стала одним из важнейших эксплуатационных качеств, в значительной степени определяющим его технический уровень.

Топливная экономичность, согласно ГОСТ 20306–85, оценивается следующими показателями:

- 1) контрольным расходом топлива;
- 2) расходом топлива в магистральном цикле на дороге;
- 3) то же в городском цикле на дороге;
- 4) то же на стенде;
- 5) топливной характеристикой установившегося движения;
- 6) то же на магистральной холмистой дороге.

Основным измерителем топливной экономичности является расход топлива (в литрах) на 100 км пути или на 100 т-км транспортной работы. Методику определения ее показателей устанавливает ГОСТ 20306–85, а характеристики показателей рассматриваются в курсе «Теория автомобиля».

Единой системы нормирования показателей топливной экономичности автомобилей в СНГ пока нет. Однако есть эксплуатационные нормы расхода топлива для всех видов транспортных средств, утвержденные соответствующими ведомствами и составленные на основе среднего расхода топлива на различных маршрутах. Контрольный расход топлива нормируется заводом-изготовителем транспортного средства и служит для установления соответствия выпускаемых автомобилей требованиям технических условий, а также может быть использован для определения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. Данный показатель в определенной степени отражает достигнутый уровень топливной экономичности автотранспортных средств.

Рассмотренные выше показатели характеризуют топливную экономичность в отдельных частных случаях движения. Поэтому возникла необходимость в дополнение к указанным ввести такой оценочный показатель, который позволил бы всесторонне характеризовать топливную экономичность автомобиля (автопоезда) в различных, характерных для него условиях работы.

Для всесторонней характеристики топливной экономичности автомобиля наиболее показательны средние расходы топлива при нормальном эксплуатационном режиме движения в разных, наиболее типичных для данного автомобиля дорожных условиях. Они устанавливаются при дорожных испытаниях.

Для возможности сравнения топливной экономичности разных автомобилей пользуются удельным показателем: отношением среднего расхода топлива к выполненной полезной работе по перевозке грузов или пассажиров.

## 11. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

**Общие сведения.** Конструктивные особенности автомобиля, трактора, обеспечивающие легкость управления им, характеризуются эргономическими показателями, которые подразделяются на четыре группы. Гигиеническими показателями учитывается степень соответствия рабочего места водителя санитарным нормам. Антропометрические показатели характеризуют степень удобства рабочего места водителя и его элементов для работы, физиологические и психологические – соответствие необходимых усилий на органах управления и других воздействий водителя психофизиологическим возможностям его организма. Группа психологических показателей определяет возможность формирования навыков водителя по восприятию и переработке информации.

Улучшению эргономических свойств уделяется в настоящее время большое внимание, так как это связано прежде всего с сохранением здоровья водителей, повышением производительности их труда, топливной экономичности и других свойств автомобиля. Ниже рассматриваются показатели эргономических свойств.

*Гигиенические показатели.* Одним из таких показателей является уровень внутреннего шума. Шум неблагоприятно влияет на организм и работоспособность человека. Под его действием увеличивается скрытый период двигательной реакции, снижается зрительное восприятие, нарушаются координация движений и функции вестибулярного аппарата, наступает преждевременное утомление. Все это отражается на безопасности движения, производительности труда. Уровни внутреннего шума автотранспортных средств регламентируются ГОСТ 19358–74.

Уменьшение неблагоприятного влияния шума достигается ослаблением его источников, применением шумопоглощающих материалов и устройств, а также шумоизоляция.

Интенсивность шума на рабочем месте водителя можно уменьшить за счет: герметизации кабины; устройства шумопоглощающей обивки под капотом двигателя; внутренней обивки кабины; звукопоглощающего покрытия металлических поверхностей; плотных прокладок на внутренней поверхности крыльев (для глушения дорожного шума); устранения вибрации панелей и деталей кабины и др.

Основными источниками шума в передней кабине грузовых автомобилей являются система впуска двигателя (воздухоочиститель расположен под полом кабины) и вентилятор системы охлаждения. Установлено, что шум в кабине зависит от компоновки системы впуска: вынос воздухоочистителя из-под кабины и установка специального ресивера для глушения шума впуска способствуют значительному снижению его.

В перспективе для снижения шума предусматривается: капсулирование двигателей формованными звукоизолирующими материалами; применение комбинированных формованных звукоизолирующих и звукопоглощающих панелей с декоративной отделкой интерьера кабин и кузова; использование мал шумных двигателей, повышение жесткости нижней части картера, применение конструкционных материалов с высоким демпфированием.

Уровень вибронегруженности рабочего места водителя также относится к гигиеническим показателям. Вибрации возбуждают нервную систему водителя, вызывают головную боль, снижают остроту зрения, повышают утомляемость, ухудшают психофизиологическую и рефлекторную деятельность.

Таблица 5

**Допустимый уровень внутреннего шума в автомобилях**

Тип автомобиля	Уровень шума, ДБ (А)
Грузовые автомобили, автомобили-тягачи и автопоезда, тракторы и сельскохозяйственные машины	85

Пути снижения вибронегруженности и нормативные документы, устанавливающие предельно допустимые вибрации, рассмотрены выше.

Микроклимат на рабочем месте водителя имеет большое значение и определяется совокупностью температуры, влажности, скорости обдува воздухом и химического состава последнего.

Температура воздуха в кабине находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха, температуры двигателя, теплоизоляции кабины, систем отопления и вентиляции. Наиболее благоприятная температура – 18...24 °С. При повышении этой температуры снижается внимание водителя, им плохо улавливаются изменения обстановки, возрастают время реакции и усталость. При температуре 17 °С и ниже начинается охлаждение тела водителя; 10 °С – минимально допустимый уровень температуры. В условиях низких температур снижается работоспособность мышц, наблюдается скованность и неточность движений человека. Чрезмерно теплая одежда стесняет движения водителя, а обувь – управление педалями.

В летнее время года температура воздуха в кабине превышает температуру наружного воздуха на 4...12 °С.

Кабины и кузова работающих в условиях жаркого климата следует окрашивать светлой краской, оборудовать кондиционерами, для остекления кабины использовать теплопоглощающие стекла.

Кабины автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, предназначенных для работы в условиях низких температур, должны иметь термоизоляционные стенки, двойное остекление с электрообогревом, уплотнения трубок, рычагов, педалей и дверок из морозостойких материалов. Отопление кабин осуществляется автономным отопителем повышенной мощности.

Терморегуляция организма человека в значительной степени зависит от влажности и подвижности воздуха. Для большинства людей нормальной считается влажность 30...70 %. Человек ощущает воздушные потоки при скорости их движения свыше 0,25 м/с. Скорость движения воздуха в кабине и салоне автомобиля не должна превышать 1 м/с.

Температурные условия в кабинах обеспечиваются системами отопления, вентиляции и кондиционирования, требования к которым устанавливает ГОСТ 12.2.023–76.

Комиссией по транспорту СЭВ установлена следующая предельно допустимая концентрация вредных примесей в кабине, мг/л: окись углерода – 0,02; двуокись углерода 0,4; акролеин – 0,007; пары бензина; окислы серной кислоты – 0,001; минеральная пыль – 0,0005.

*Антропометрические показатели.* Один из них – характеристика рабочей позы водителя. Физиологически рациональная рабочая поза обеспечивает удобство управления, повышение точности и скорости моторных действий водителя (например, позволяет увеличить

угол поворота рулевого колеса, не меняя положения тела), возможность длительной непрерывной его работы без значительного утомления. Это достигается, когда части тела водителя находятся в положении, близком к состоянию функционального покоя, а его вес равномерно распределяется по площади опорных поверхностей.

Обивка сиденья водителя должна быть плотной и шероховатой. Материалами для обивки служат плотные шерстяные и полушерстяные ткани, кожа, кожзаменители и пластические материалы. Воздухопроницаемость материала должна быть не менее 0,35 см.

*Физиологические показатели.* Усилия на органах управления, необходимые для приведения их в действие, регламентированы.

Усилие, прикладываемое к педали сцепления для его выключения, на легковых и грузовых автомобилях при наличии усилителя, на грузовых автомобилях и автобусах без усилителя не должно превышать, соответственно, 145 и 245 Н. Усилие на тормозную педаль – 200...300 Н, однако при экстренных торможениях легковых автомобилей допускается до 490 Н и всех остальных – 685 Н. Усилие на рычаге стояночной тормозной системы не должно превышать 390 Н.

Необходимое усилие на педали подачи топлива или рабочей смеси обычно невелико; на рычаге коробки передач грузовых автомобилей оно не должно превышать 145 Н, автобусов – 90 Н.

Управление облегчается в случае применения полуавтоматических или автоматических коробок передач с электронным управлением, автоматического регулирования микроклимата в кабине и др.

*Психологические показатели.* К устройствам внутренней визуальной информативности автомобиля, трактора, сельскохозяйственной машины относятся средства отображения информации и устройства, улучшающие обзорность.

В процессе управления водителю необходима информация о состоянии его систем и агрегатов, которая должна поступать в кодированной форме от приборов и индикаторов, находящихся на специальной панели.

Панель приборов должна включать различные индикаторы, показывающие состояние систем и агрегатов автомобиля, течение процессов в них, скорость движения и др. Данные устройства необходимо конструировать с учетом законов восприятия информации человеком: должно обеспечиваться быстрое прочтение и безошибочное (однозначное) понимание водителем визуальной информации, которая выносится на панель приборов.



ОСТ 37.001.202–77 регламентирует размещение панели приборов в кабине, номенклатуру контрольно-измерительных приборов и сигнализаторов, а также принципы их размещения на панели.

Основное требование к компоновке панели приборов – сокращение времени восприятия водителем их показаний при условии получения информации в достаточном объеме.

Обзорность с места водителя определяет возможность наиболее полного восприятия и правильной оценки им дорожных условий. Параметры обзорности для грузовых автомобилей и автобусов регламентированы ГОСТами.

Улучшение обзорности достигается приближением места водителя к передней части автомобиля, увеличением площади ветрового стекла и применением ветрового стекла панорамного типа.

Большое значение для обеспечения хорошей обзорности независимо от метеорологических условий имеют стеклоочистители, а также система обмыва и обогрева стекол. Основное требование, предъявляемое к стеклоочистителям – очистка как можно большей части площади ветрового стекла и хорошее качество очистки на каждый ход щеток. Система обдува и обогрева стекол должна предотвращать запотевание и обмерзание лобового стекла при наружной температуре до  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  на всей очищаемой площади.

Водителю часто приходится оценивать дорожную обстановку позади автомобиля, особенно при смене полос движения и обгонах. Для этой цели служат зеркала заднего обзора, при которых обзорность зависит от формы отражающей поверхности (выпуклая или плоская), размеров зеркала и места его размещения относительно глаз водителя. Обзорность через зеркала заднего обзора должна соответствовать требованиям ГОСТ 13887–75 и Правилу № 46 ЕЭК ООН.

В число психологических показателей входит и звуковая информативность автомобиля. В настоящее время нет международных документов, унифицирующих звуковые сигнализаторы и их характеристики (силу звука, прерывность, тембр). Звуковые сигнализаторы используются для передачи водителю простейшей информации и в качестве предупредительных сигналов. В особо опасных случаях должно быть предусмотрено дублирование аварийного светового сигнала прерывистым звуковым (о недостаточном уровне жидкости в тормозной системе и давлении воздуха в шинах, давлении в пневмоприводе тормозной системы, превышении скорости движения и т. п.).

При использовании звуковой информации снижается уровень визуальной нагрузки водителя, улучшаются условия его работы и в ко-

нечном итоге повышается безопасность движения. Это приобретает особое значение по мере увеличения числа приборов внутренней визуальной информативности автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин.

Требования к экологической безопасности. Одной из острейших проблем является уменьшение загрязнения атмосферы токсичными веществами, выделяемыми АТС.

Основным источником загрязнения воздуха являются карбюраторные двигатели. Однако уменьшение токсичности газов, выделяемых дизелями, также заслуживает внимания в связи с широким применением последних. В настоящее время нормируется выброс двигателем окиси углерода  $\text{CO}$ , несгоревших углеводородов  $\text{CH}$ , окислов азота  $\text{NO}_x$  и дымность.

Дизель по сравнению с карбюраторным двигателем выделяет значительно меньше окиси углерода, это объясняется тем, что в нем используются топливные смеси с большими коэффициентами избытка воздуха. Дизель менее токсичен и по выделению окиси азота и углеводородов. Наименее токсичны, особенно по выделению окиси углерода и углеводородов, предкамерные дизели. В то же время недостатком дизелей является значительное содержание сажи в отработавших газах.

Таким образом, для карбюраторных двигателей основными токсичными компонентами отработавших газов являются окись углерода, несгоревшие углеводороды, окислы азота, свинец, а для дизелей – окислы азота, сажа.

Наиболее токсичны окислы азота. Если вредность окиси углерода принять за единицу, вредность окислов азота равна 10, а углеводородов – 0,65.

В настоящее время в нашей стране действует ГОСТ 17.2.2.03–77 на выбросы токсичных веществ карбюраторными двигателями. В ряде стран (ГДР, Англия, США и др.) введено законодательство по ограничению дымности отработавших газов дизелей. ГОСТ 21393–75 устанавливает предельно допустимую дымность отработавших газов при работе двигателя на стандартных топливах и маслах. Кроме того, учитываются требования Правил № 15, 24 и 49 ЕЭК ООН.

Снижению дымности отработавших газов дизелей в условиях постоянного увеличения их производства уделяется все большее внимание. За рубежом эта задача решается с помощью различных антидымных присадок (бариевых, марганцевых и др.), вводимых в топливо.

Исследования позволили наметить пути снижения загрязнения атмосферы окислами азота путем усовершенствования рабочего процесса и конструкции дизельного двигателя. Установлено, что уменьшение угла опережения впрыска топлива, рециркуляция части отработавших газов во впускной трубопровод, а также совершенствование процесса смесеобразования и сгорания за счет внедрения двухкамерных (вихрекамерных и предкамерных) дизелей являются практически возможными способами ограничения выброса с отработавшими газами окислов азота в атмосферу.

Важным критерием конструктивного совершенства автомобиля, трактора, сельскохозяйственной машины является их шумовая характеристика.

Уровень шума измеряется в децибелах (дБ) по шкале А (ГОСТ 17187–81), которая наиболее близко соответствует восприимчивости человеческого слуха.

Доля основных агрегатов и систем в общем уровне шума при работе современного дизельного грузового автомобиля (92 дБ), трактора составляет: дизеля – 85 дБ, системы впуска – 84, системы выпуска отработавших газов – 82, вентилятора системы охлаждения – 82, агрегатов трансмиссии и шин – 81 дБ.

## **12. ОСНОВЫ ОБЩЕЙ КОМПОНОВКИ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Основными задачами общей компоновки являются:

- выбор схемы;
- выполнение требований технического задания с соблюдением законодательных ограничений и предписаний (габаритные размеры, осевые нагрузки, полные массы);
- рациональное относительное размещение основных агрегатов и оборудования с целью обеспечения выполнения функционального назначения с наибольшей эффективностью, обеспечение необходимых эксплуатационных качеств (проходимость, устойчивость, маневренность) и удобства при выполнении технического обслуживания и ремонта.

### **12.1. Анализ компоновочных схем**

Эксплуатационные свойства автомобиля, трактора в значительной мере зависят от основных параметров компоновки: базы, осевых

нагрузок, переднего и заднего свеса и др., которые зависят от схемы компоновки. К преимуществам компоновки «кабина над двигателем» относятся: более рациональное использование колесной базы и габаритной длины, а следовательно, увеличение грузоподъемности при одновременном исключении трудоемких в изготовлении деталей облицовки; улучшение доступа к двигателю и связанным с ним узлам и механизмам.

Компоновка автомобиля по схеме «кабина над двигателем» для седельных тягачей также позволяет максимально использовать потенциальную их грузоподъемность при прочих равных показателях по сравнению с другими схемами. К недостаткам компоновки «кабина над двигателем» относятся: усложнение конструкции кабины из-за устройства механизма опрокидывания и запираания кабины; менее удобный вход и выход из кабины; усложнение привода управления коробкой передач, сцеплением с тормозами. При удачной конструкции кабины и компоновке автомобиля в целом указанные недостатки сводятся до минимума. При компоновке автомобиля по схеме «кабина за двигателем» увеличивается передняя осевая нагрузка и, следовательно, ухудшается проходимость автомобиля вследствие снижения коэффициента сцепного веса. Это особенно проявляется на не груженом автомобиле при движении по скользким дорогам не груженого автомобиля на грунтовых дорогах.

Поэтому при создании двухосных автомобилей, предназначенных для эксплуатации в различных дорожных условиях, включая грунтовые дороги и сезонное бездорожье, предпочтение было отдано компоновке «кабина за двигателем». Вместе с тем чтобы данная компоновка была более рациональной, кабина была продвинута как можно дальше вперед для обеспечения удовлетворительной проходимости и сокращению расстояния от передней оси до задней стенки кабины.

## **12.2. Организация рабочего места водителя**

**Общие сведения.** Рациональная организация рабочего места водителя имеет большое значение для безопасности движения, повышения производительности труда и сохранения здоровья водителя. Основным нормативным документом при проектировании рабочего места водителя является ГОСТ 12.2.023–76, устанавливающий эргономические требования к относительному расположению основных элементов рабочего места водителя (руль, сиденье, педали управле-

ния), номенклатуру показателей, характеризующих степень соответствия рабочего места эргономическим требованиям к рабочей позе и пространству для размещения водителя.

Рабочее место водителя проектируется с использованием двухмерных плоских манекенов, согласованных с трехмерным посадочным (ГОСТ 20304–74). Трехмерный манекен воспроизводит форму и массу человека, двухмерный – положение основных частей тела водителей различного уровня репрезентативности. Он используется на всех уровнях разработки автомобиля – от первого проекта до окончательного варианта опытного образца. Манекен состоит из элементов: торса, бедра, голени и стопы, соединенных шарнирно. Используют три манекена для 10-, 50-, и 90%-го уровня репрезентативности, различающихся длиной бедра и голени, но не торса, длина которого не существенна. Уровень репрезентативности соответствует категории взрослых мужчин, у которых длина голени (бедра) меньше или равна заданному значению.

**Размещение водителя.** Чтобы определить положение водителя, вначале строят линии внутренних границ пола кабины, его наклонной части и перегородки моторного отсека, которые используют в качестве базы для координирования размеров, определяющих посадку. При этом длина части пола не должна быть меньше 306 мм. Сиденье водителя должно иметь устройство для регулирования его положения относительно органов управления и ветрового окна в продольном и вертикальном направлениях, чтобы приспособить сиденье к индивидуальным особенностям телосложения каждого водителя. Перемещение сиденья в продольном направлении должно быть не менее 100 мм, а в вертикальном – не менее 80 мм.

Сначала сиденье принимают установленным в крайнее заднее нижнее положение и используют 90%-й манекен. Номинальный угол наклона  $\alpha$  оси торса к вертикали равен  $12^\circ$ . Под этим углом устанавливают и фиксируют линейку, укрепленную к торсу. Когда стопа находится на линии наклонной части пола, нижняя точка бедра лежит на уровне сжатой подушки сиденья, а линейка располагается вертикально, шаблон занимает свое положение. Посадка признается удовлетворительной, если углы между осями отдельных элементов не выходят из пределов: торса и бедра –  $95\text{--}120^\circ$ , бедра и голени –  $95\text{--}135^\circ$ , голени и стопы –  $90\text{--}110^\circ$ .

Найденное положение манекена фиксируют на чертеже, а затем наносят траекторию перемещения сиденья и проводят проверку для среднего и крайнего переднего верхнего положения сиденья, исполь-

зую, соответственно, 50- и 10%-й манекены. Для найденного крайнего заднего нижнего положения сиденья строят контурную линию его задней стороны (предполагается, что его конструкция уже разработана или заимствована). Эта линия определяет положение задней стенки кабины автомобиля. Расстояние от точки  $H$  сиденья, установленного в крайнее заднее нижнее положение, до обивки крыши должно составлять не менее 1000 мм вдоль прямой, наклоненной под углом  $8^\circ$  к вертикали.

**Рулевое колесо, педали, панель приборов.** Перед выбором положения рулевого колеса рассчитывают его диаметр, исходя из допустимого усилия на ободу. Положение рулевого колеса на виде сбоку задают углом наклона рулевой колонки к горизонтали и расстояниями  $s$  и  $d$  нижней кромки его обода, соответственно, от точки  $H$  и оси элемента бедра 90%-го манекена. При этом сиденье должно быть установлено в крайнее заднее нижнее положение. Угол наклона  $a$  оси рулевой колонки и положение нижней точки обода колеса выбирают, исходя из соображений удобства управления на основе опыта и изучения автомобилей-аналогов, а также учитывая рекомендации и нормативные документы. Рекомендуется, чтобы прямая линия, касательная к линиям капота и верхней части обода рулевого колеса, проходила ниже уровня глаз водителя, чтобы рулевое колесо не ограничивало зону обзора снизу.

В связи с тем что положение рулевой колонки является вынужденным, а в верхней части определяется необходимостью обеспечения необходимого зазора между рулевым колесом и ближайшими частями кабины (не менее 80 мм), центр рулевого колеса может быть расположен не в средней продольной плоскости

После выбора положения рулевого колеса могут быть установлены положения площадок педалей и осей их вращения на виде сбоку на основе имеющегося опыта и результатов изучения аналогов-автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин.

Положение педалей сцепления и тормозной в отпущенном состоянии должно обеспечивать достаточное для размещения ног водителя расстояние до рулевого колеса.

Управление педалью подачи топлива требует непрерывного нажатия, поэтому нога должна постоянно пяткой опираться на пол, а управление педалью должно осуществляться только путем изменения угла в голеностопном суставе. В положении педали, соответствующем холостому ходу двигателя, стопа манекена должна быть перпендикулярна к оси голени.

Выбранные положения педалей в свободном и нажатом до упора состояниях должны быть проверены с помощью 10, 50 и 90%-х манекенов при соответствующем изменении положении сиденья.

Во всех случаях нога не должна полностью выпрямляться в коленном суставе, чтобы сохранить запас для хода и усилия.

Панель приборов должна быть расположена так, чтобы она не мешала водителю управлять педалями и не требовалось изменять положение головы при наблюдении за показателями приборов. При небольшом угле наклона оси рулевой колонки к горизонтали прямая, соединяющая высшие точки щитка приборов и внутренней кромки обода рулевого колеса, должна проходить выше уровня глаза водителя, а прямая, соединяющая низшую точку щитка приборов и точку верхней кромки ступицы рулевого колеса – ниже.

### **13. ДИЗАЙН. ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА**

Эстетическим называют качество изделия, которое эмоционально воспринимается человеком – вызывает симпатию, антипатию или равнодушие, удовольствие или отвращение. На эстетическую оценку качества влияют изящество и привлекательность, современность, наглядность, соответствие назначению и, что самое главное, совершенство конструкции. Не только технические параметры, но и эстетическое впечатление от изделия определяет уровень его спроса на рынке. Для конструирования промышленных изделий, обладающих эстетической привлекательностью, используют опыт, накопленный дизайнерами.

Дизайн – это художественно-конструкторская деятельность в промышленности.

Красота. Вкусы у людей неодинаковы: одни находят красоту в природе, другие – в строгих геометрических формах, третьи – в выпуклых кривых линиях и ярких красках. Разница во вкусах может быть причиной того, что некоторые вещи у одних вызывают чувство прекрасного, а у других нет. Но можно найти характеристики, которые являются общими для эстетических ощущений.

Красота – это прежде всего переживание, эмоция, причем эмоция положительная – своеобразное чувство удовольствия, отличное от удовольствий, доставляемых нам полезными, жизненно необходимыми объектами.

Наиболее важные из примет красоты – единство и порядок. Аристотель подчеркивал образно-целостную природу прекрасного. Лейбниц считал красоту чем-то отчетливо целостным, составные части которого не поддаются ясному разграничению. Ницше, обсуждая творчество Вагнера, отождествлял красоту с некой органической целостностью.

Другой приметой красоты объектов является содержательная простота формы. Чаще всего лаконичные решения наиболее элегантны.

### **Единство, пропорциональность, форма**

Готовое изделие должно выглядеть как полностью законченное целое. В таком изделии не должно быть элементов, которые можно принять за не принадлежащие к единому целому. Неприятное впечатление оставляет изделие, если оно выглядит так, будто у него недостает какой-либо части. Например, гармоничное целое получается, если составляющие элементы связаны между собой общей пропорциональностью, сходством структуры поверхности, выбором цвета.

Требование единства удовлетворяется визуальным равновесием нескольких элементов формы и пропорциями. Наш глаз отрицательно воспринимает диспропорцию, а слух – диссонанс.

Одним из средств пропорциональной гармонизации является гармоническое деление, называемое золотым сечением. Золотое сечение – это такое деление отрезка на две части, в котором меньшая часть так относится к большей, как большая ко всему отрезку, т. е. к сумме двух частей:  $a/b = b/(a + b)$ .

Термин «золотое сечение» ввел в обиход Леонардо да Винчи. Золотое сечение было известно художникам и зодчим античности. Это подтверждает хранящийся в Неаполитанском национальном музее циркуль, который был найден при раскопках в Помпеях. Циркуль наглухо закреплен в соответствии с золотым сечением, его длина 146 мм (половина римского фута), большие отрезки – 90 мм, а малые – 56 мм. Символом знаменитой пифагоровой школы стал звездчатый десятиугольник, вписанный в круг по «правилу золотого сечения». Древние египетские храмы и пирамиды, Парфенон и статуи Фидия, скрипки Страдивари подчиняются указанной пропорции. В эпоху Возрождения эту пропорцию называли «божественной», по-видимому, потому, что она обладает замечательным свойством так называемых аддитивных рядов, т. е. рядов сложения. Каждый последующий член такого ряда есть сумма двух предшествующих членов. Простейшим рядом сложения является целочисленный ряд приближенного золотого сечения:



1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 и т. д., называемый по имени открывшего его в 1202 г. итальянского математика Леонардо Пизанского, более известного под именем Фибоначчи, «рядом Фибоначчи».

Ряд золотого сечения выражается следующими числами: 0,146; 0,236; 0,382; 0,618; 1,00; 1,618, 2,618 и т. д. Построить отрезки золотого сечения можно с помощью диагонали прямоугольника с отношением сторон 1 : 2. В случае, если длинная сторона равна 1, а короткая 0,5 (диагональ длиной  $\sqrt{1,25}$ ), то, разбив длинную сторону на две части  $a$  и  $b$ , как показано на рисунке, будем иметь  $b = \sqrt{1,25} - 0,5 = 0,618$ ;  $a = 1 - (\sqrt{1,25} - 0,5) = 0,382$ , и тогда  $a/b = 382/0,618 = 0,618$ ;  $b/(a + b) = 0,618/1 = 0,618$ . Желательно, чтобы соотношение сторон проектируемых конструкций удовлетворяло требованиям золотого сечения.

Форма может подчеркнуть как легкость, так и массивность предмета. Для подчеркивания массивности и устойчивости посредством формы полезно использовать наклонные линии «тяжелых» кривых.

При конструировании выбор формы изделия начинают на стадии согласования технического задания. Проверка правильности выбора формы является одним из основных вопросов при испытаниях изделия и исследовании потребности в нем. Форма изделия определяется его компоновкой – оптимальным размещением составных частей с точек зрения технической, эргономической (определяющей удобство пользования изделием) и эстетической. Эстетическое восприятие формы можно усиливать использованием биоформ – форм живой и неживой природы, а также путем контраста. Контрастное сопоставление способствует обострению восприятия целого. Роль учета формы (роста) человека видна из следующего примера. Когда японские фирмы стали продавать свои автомобили на европейском рынке и в США, то были вынуждены изменять размеры машин, так как средний рост японца 174,4 см, а итальянца 180,9 см, русского 181,9 см, канадца 182,7 см, француза 184 см, немца 184,1 см, американца 185,9 см, норвежца 188,9 см.

Тела, ограниченные плоскостями (многогранники), лучше других выявляют форму и создают ощущение упорядоченности. Чем меньше число поверхностей, тем сильнее визуальное впечатление, которое может быть усилено закономерным расположением этих поверхностей. Кубические тела с острыми ребрами воспринимаются отрицательно (от острых ребер без фасок человек может получить травму).

Форму изделия следует упорядочивать, чтобы сделать ее наглядной, целесообразной и понятной. Основными средствами упорядочения

формы являются: членение, унификация, упрощение и уравнивание ее частей. Удачно выбранная форма облагораживает изделие и отражает высокую степень его технического и «интеллектуального» совершенства.

### **Гармония красок**

Под гармонией красок понимают сочетание цветных поверхностей, производящее приятное впечатление. Различают три системы составления красочной комбинации: 1) взаимно дополнительных цветов, 2) цветов, близких к дополнительным, 3) подобная музыкальной. Две касающиеся поверхности, окрашенные в разные цвета, производят иное ощущение, чем каждая в отдельности, в связи со взаимным влиянием на производимое ими впечатление, называемым цветовым контрастом.

В природе существует семь цветов, которые имеются в спектре солнечного луча: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Восьмой (внеспектральный) цвет – пурпурный получается при соединении крайних цветов спектра – красного с фиолетовым. Все цвета спектра называют хроматическими в отличие от ахроматических, отсутствующих в спектре: черного, белого, серого. Первичными являются красный, желтый и синий цвета. Другие цвета могут быть получены смешением первичных. Оранжевый цвет возникает при смешивании красного с желтым, зеленый – желтого с синим, голубой – синего с белым, фиолетовый – красного с синим.

Глаз человека способен различать до 300 оттенков цвета. Цвета левой части спектра – синий, фиолетовый называют холодными, так как они ассоциируются с цветом льда. Глазу человека более приятны цвета средней части спектра, преобладающие в природе: желто-зеленый, зеленый, голубой. Цвета правой части спектра – красный, оранжевый называют теплыми, так как они напоминают цвет солнца, огня, расплавленного металла. Фиолетовый, красный и пурпурный цвета действуют возбуждающе. Нейтральные цвета – коричневый, серый, белый и черный.

Окраской предмета в светлый холодный цвет (бледно-голубой, голубовато-зеленый, голубовато-фиолетовый, бледно-желтый) можно добиться впечатления легкости. Темные и теплые цвета усиливают впечатление массивности и прочности предмета. Контраст нескольких светлых и темных предметов создает ощущение интенсивного освещения.

Если спектр цветов представить секторами на диске, то, комбинируя противоположно расположенные секторы цветового диска,

можно получить различные комбинации по два взаимно дополнительных контрастных цвета. Взаимно дополнительные сочетания цветов считают гармоничными. Наиболее гармоничны из них оранжевый с голубым и зелено-желтый с фиолетовым.

Комбинации трех цветов, расположенных по углам равнобедренного треугольника цветового диска: красное, желтое, синее и оранжевое, зеленое, фиолетовое – также считают гармоничными.

Система цветов, подобная музыкальной, основывается на том, что как свет, так и звук имеют волновую природу. Чем выше музыкальный тон, тем короче соответствующая ему звуковая волна. Тон октавой выше основного происходит от волны, которая вдвое короче основной. Самая длинная музыкальная волна в 150 раз длиннее самой короткой. В оптике же самая длинная волна, соответствующая крайнему в спектре красному цвету, не достигает двойной длины, соответствующей фиолетовому краю спектра. Поэтому сравнивают музыкальные аккорды, не выходящие за пределы одной октавы.

Постепенное видоизменение одного и того же цвета (растяжка цвета) приятно для глаза, так как не утрачивается впечатление целого. Большие интервалы между цветами по диску спектра, как сказано выше, также часто выглядят гармонично. Средние интервалы между цветами по диску спектра образуют неприятную комбинацию для глаза, так как при этом нет восприятия ни целостности предмета, ни равновесия цветов.

При выборе окраски изделия необходимо учитывать окружающую среду, в которой предполагается эксплуатировать изделие, и освещение. Меняя степень окрашенности различных элементов предмета, можно изменить его восприятие человеком.

### **Порядок**

Самая высокая степень порядка при изготовлении изделий – строгое повторение, однако часто это приводит к их безликости, выполненное же при несоблюдении порядка изделие может вызвать интерес. Необходимая степень порядка зависит от сложности изделия, т. е. чем оно сложнее, тем выше требуемая степень порядка.

Иногда фирма сознательно стремится выдержать определенную типизацию своей продукции. Одна цель такой типизации – создать доверие к фирме, другая цель – создать отличительную черту своей продукции от сравнимой с ней. Потребитель во многих случаях пользуется несколькими связанными между собой изделиями одной и той же фирмы, поэтому целесообразно создание общих черт во внешнем виде изделий.

## Литература

1. Автомобили и тракторы: Основы эргономики и дизайна / под общ. ред. В. М. Шарипова. – М. : МГТУ «МАМИ», 2002. – 230 с.
2. Эргономика : учебник / под ред. А. А. Крылова, Г. В. Суходольского. – Л. : Изд-во Ленинград. ун-та. 1988. – 184 с.
3. Барташевич, А. А. Основы художественного конструирования / А. А. Барташевич. – Минск, 1984. – 224 с.
4. Высоцкий, М. В. Автомобили. Основы проектирования / М. В. Высоцкий, Минск, 1987. – 152 с.
5. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет : учеб. для студентов машиностр. вузов / под общ. ред. И. П. Ксеновича. – М. : Машиностроение, 1991. – 544 с.
6. Эргономика: принципы и рекомендации : метод. рук. / ГКНТ. – М., 1983. – 182 с.
7. Справочник по прикладной эргономике / под ред. Н. В. Мунилова. – М., 1980.
8. Иванов, А. С. Конструируем машины шаг за шагом. В 2 ч. / А. С. Иванов. – М. : МГТУ им. Баумана, 2000. – 328 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение и научно-технические предпосылки возникновения эргономики .....	3
2. Основные цели и задачи, предмет и методы эргономики.....	7
3. Состав и структура эргономики.....	23
4. Эргономические показатели и эргономическая оценка качества оборудования. Классификация и номенклатура показателей .....	32
5. Экстремальные условия деятельности. Современные представления ....	38
6. Механизм действия температурного фактора окружающей среды и его эргономическая характеристика. Особенности экстремальных условий в связи с изменениями газового состава и давления воздуха.....	40
7. Влияние ускорения на состояние и деятельность человека. Экстремальные условия, связанные с действием звука, света и других факторов .....	54
8. Аварийность на транспорте и комплекс мер по ее снижению .....	63
9. Основные требования к конструкции автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин .....	70
10. Основные показатели эксплуатационных свойств автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин .....	72
10.1. Показатели материалоемкости.....	72
10.2. Показатели, нормативы и методы оценки тягово-скоростных свойств .....	73
10.3. Показатели, нормативы и методы оценки топливной экономичности .....	76
11. Эргономические показатели .....	77
12. Основы общей компоновки автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин .....	83
12.1. Анализ компоновочных схем.....	83
12.2. Организация рабочего места водителя .....	84
13. Дизайн. Эстетическая оценка качества.....	87
Литература .....	92

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Голопятин Александр Владимирович**

# **ЭРГОНОМИКА И ОСНОВЫ ДИЗАЙНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

**Курс лекций  
по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 12 01 «Проектирование  
и производство сельскохозяйственной техники»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор  
Компьютерная верстка

*А. В. Власов*  
*Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 15.02.13.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Ризография. Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 5,8.  
Изд. № 90.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр Учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».  
ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48