

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

В. Г. КУЗНЕЦОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, Ю. О. ЛЕИНОВА

ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

В. Г. КУЗНЕЦОВ, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, Ю. О. ЛЕЙНОВА

ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности
в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений
высшего образования специальностей 1-44 01 03
«Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»
и 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте»*

Гомель 2013

УДК 331.101.1
ББК 30.17
К89

Рецензенты: **П. М. Дулуб** – заместитель начальника службы перевозок – начальник центра управления перевозками Белорусской железной дороги;
М. И. Михайлов – заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» УО «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», кандидат технических наук.

Кузнецов, В. Г.

К89 Основы эргономики : учеб.-метод. пособие / В. Г. Кузнецов, О. А. Терещенко, Ю. О. Леинова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 157 с.
ISBN 978-985-554-226-2

Даны общие понятия эргономики и ее места в системе исследования трудовой деятельности человека. Изложены требования действующих в этой области нормативных документов. Приведены материалы, посвященные комплексной эргономической оценке и проектированию автоматизированных рабочих мест, количественной оценке неравномерности загрузки, напряженности и надежности труда, взаимодействию операторов и техники в транспортных человеко-машинных системах.

Предназначено для студентов вузов специальностей 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» и 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте». Может быть использовано также слушателями центров дополнительного профессионального образования, институтов и курсов повышения квалификации.

УДК 331.101.1
ББК 30.17

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ЭРГОНОМИКА – НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА.....	5
1.1 Объективные причины и истоки возникновения эргономики.....	5
1.2 Объект и предмет изучения эргономики.....	9
1.3 Микро- и макроэргономика.....	15
2 МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭРГОНОМИКИ.....	16
2.1 Общая характеристика эргономических исследований.....	16
2.2 Классификация эргономических методов.....	19
2.3 Моделирование эргономических систем.....	24
3 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».	
ПРИНЦИПЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	28
3.1 Деятельность и ее проявления.....	28
3.2 Математическое моделирование деятельности человека-оператора.....	33
3.3 Функциональная структура перцептивно-моторных действий.....	38
3.4 Модели деятельности оператора в системе «человек – машина».....	41
3.5 Характеристики трудового процесса деятельности оператора.....	50
4 ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».....	52
4.1 Классификация и структура эргономических разработок.....	52
4.2 Этапы проектирования СЧМ и регламентирующие документы.....	56
5 ЭРГАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	60
5.1 Организация пункта управления.....	60
5.2 Факторы рабочей среды на рабочем месте.....	64
5.3 Характеристика эмоциональных состояний оператора.....	67
5.4 Совершенствование транспортных эргатических систем.....	69
5.5 Проектирование рабочей среды.....	72
6 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ СИСТЕМ.....	75
6.1. Эргономические принципы проектирования рабочей системы.....	75
6.2. Проектирование рабочего пространства и рабочего места.....	78
7 ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».....	89
7.1. Требования к информационным моделям.....	89
7.2. Типы информационных моделей.....	91
7.3. Построение информационных моделей в эргономике.....	94
7.4. Средства отображения информации и органы управления.....	96
7.5. Требования к интерфейсу пользователя.....	124
8 ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА».....	128
8.1 Профессиональная подготовка операторов.....	128
8.2 Групповая деятельность операторов в системе «человек – машина».....	132

9 ЭРГОНОМИКА И ОХРАНА ТРУДА	134
9.1 Объект эргономики и охрана труда	134
9.2 Мероприятия по обеспечению охраны труда в эргономике	134
9.3 Научный анализ условий труда в эргономике	138
9.4 Методы анализа травматизма	142
10 ДИЗАЙН-ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА	147
10.1 Оценка потребительских свойств объекта	147
10.2 Основные этапы оценки эстетического уровня объектов транспорта	149
СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ	153
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	156

ВВЕДЕНИЕ

Изучением согласованности возможностей человека и технических средств, в конкретных условиях их взаимодействия, занимается наука «эргономика».

Основы эргономики являются одним из специальных курсов в цикле профессиональной подготовки инженеров. Наука «эргономика» использует методы и элементы из различных областей знаний, которые органично дополняют эргономические подходы при создании целостной среды (вопросы гигиены, психологии, физиологии, колористики, светотехники, методы функционально-пространственного анализа) и тесно связаны с другими учебными дисциплинами.

В настоящее время основные этапы проектирования транспортных объектов связаны с поиском путей и средств оптимального взаимодействия человека и техники. Необходим всесторонний учет возможностей человека (физиологических, эстетических, антропологических факторов) при проектировании трудовой деятельности в целом.

Задачи эргономики на транспорте нацелены на повышение производительности труда за счет оптимизации функционирования человеко-машинных систем, что в конечном итоге дает экономический и социальный эффект.

В данном учебно-методическом пособии поставлена задача оказания помощи студентам и специалистам при решении эргономических задач с учетом специфики транспортной отрасли. Пособие состоит из десяти разделов, последовательно раскрывающих основные моменты освоения курса. Представленные разделы завершаются приложениями, которые имеют учебно-методическое значение и прикладной характер.

1 ЭРГОНОМИКА – НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА

1.1 Объективные причины и истоки возникновения эргономики

С развитием производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают существенные изменения функции, роль и место человека в труде. Соответственно на разных исторических этапах выступают на первый план те или иные аспекты исследо-

вания трудовой деятельности. Преимущественно энергетический подход к ее изучению, обусловленный преобладанием в прошлом ручного труда, являлся типичным для исследований в сфере физиологии труда, возникшей в XIX веке. С физиологией труда тесно связана гигиена труда – профилактическая дисциплина, изучающая воздействие трудового процесса и производственной среды на организм работающих. В начале XX века, когда появились сложные виды трудовой деятельности (управление автомобилем, локомотивом, воздушным судном и др.), предъявившие повышенные требования к скорости реакции, восприятию и другим психическим процессам человека, возникла психология труда.

Первые научные исследования трудовой деятельности человека начались в середине XIX века, когда на смену сложному человеческому труду начал приходить простой машинный труд. Человек стал выполнять вспомогательные операции по обслуживанию машин.

Впервые термин «эргономика» (от греч. *ergon* – работа, *nomos* – закон) предложил польский естествоиспытатель Войтех Ястшембовский в 1857 году, опубликовав работу «Очерки по эргономии, или науке о труде, основанной на закономерностях науки о природе». Он попытался построить модель трудовой деятельности человека, базирующуюся на законах естествознания.

В период образования крупного капиталистического производства (конец XIX века) американский инженер Ф. Тейлор провел экспериментальные исследования простого машинного труда. Применяя принцип технологического детерминизма, в соответствии с которым рабочий рассматривается как элемент технологической системы производства, он обосновал необходимость разделения трудовых функций работников на элементарные операции и стандартизированные движения, которые использовал для проектирования методов работы. Идея проектирования методов работы нашла развитие в трудах американского инженера Ф. Гилбрета.

Развитие отдельных наук, изучающих человека в труде, сыграло и продолжает играть положительную роль в развитии наших знаний о нем. Однако наряду с этим стала проявляться цеховая обособленность научных дисциплин, появились признаки утраты представления о целостности человека в трудовой деятельности. При этом по мере накопления знаний возникали контакты между науками. Гигиена труда вынуждена была обращаться к данным физиологии и психологии труда, психология труда – к данным гигиены и системотехники и т.д. Это естественный процесс, поскольку в действительности человек в трудовой деятельности представляет собой не сумму разрозненных элементов, а органичное целое. В реальной трудовой деятельности психологические компоненты не отделены от физиологических или социальных. Определенное влияние на них оказывают и технические средства, с которыми человек взаимодействует.

Современные производство и транспорт, оснащенные сложными техническими системами, предъявляют к человеку требования, вынуждающие его иногда работать на пределе психофизиологических возможностей и в экстремальных ситуациях. Деятельность летчиков при полетах на некоторых современных самолетах, и прежде всего военных, – это пример использования предельных возможностей человека.

Подобные виды деятельности сопряжены с ответственностью человека за эффективное и надежное функционирование сложных систем. Резко увеличивается цена ошибки человека при проектировании систем, а также в процессе их использования в производстве, на транспорте.

Наряду с деятельностью на пределе человеческих возможностей в современном производстве становится все более распространенным явлением недостаточная двигательная активность человека в процессе труда, снижающая работоспособность и ухудшающая здоровье работающих.

Полуавтоматические и автоматические линии, сборочные конвейеры, компьютеризированное управление станками и машинами, высокая механизация ручного труда, физически облегчив труд человека, потребовали от него большой скорости выполнения однообразных операций. Движения чрезвычайно упростились – до обычного захвата и перемещения, толчка, нажатия, установления предмета труда или обрабатываемого инструмента в строго определенное положение. Многие работающие (по некоторым данным более половины) сейчас попадают в группы повышенного риска возникновения болезней суставов, мышц, позвоночника. Эти болезни развиваются постепенно в течение многих месяцев и даже лет в результате постоянного функционального напряжения определенной части тела и потому называются кумулятивными травмами.

При диагностике заболеваний, возникающих как отдаленные последствия постоянно воздействующих на работающего определенных факторов трудового процесса, порой не так просто выявить роль труда в их возникновении, что в свою очередь затрудняет устранение причин нарушения здоровья и разработку мер профилактики.

Показатели физической среды на производстве, в учреждениях, кабинах самолетов, локомотивов и т.д. (освещенность, состав воздуха, атмосферное давление, шум и т.п.) должны быть согласованы с психофизиологическими возможностями и особенностями человека. Только тогда можно рассчитывать на высокую эффективность и качество труда человека при одновременном сохранении его здоровья.

Возникновению эргономики предшествовало развитие таких наук, как физиология, гигиена, психология труда, антропология, и таких сфер научной и практической деятельности, как безопасность и организация труда. Однако механическое соединение знаний из разных наук о возможностях и особенностях человека с целью использования их при проектировании техники оказывается не только недостаточным, но и недостижимым на практи-

ке. Возникла необходимость в исследованиях, базирующихся на системной трактовке человеческих факторов в технике и открывающих возможность их целостного представления в проектировании и использовании машин, оборудования, технически сложных потребительских изделий. Такой подход позволяет не только приспособить технику и условия ее функционирования к человеку или группе людей, но и формировать их способности в соответствии с требованиями, которые предъявляет к ним современная техника.

С появлением вычислительной техники в производстве и управленческой деятельности связывались большие ожидания относительно повышения производительности труда при одновременном его облегчении и улучшении условий. Однако в 80-е годы XX века росло осознание того, что эти ожидания не оправдались. Становилось очевидным, что новая техника сама по себе не гарантирует эффективности и экономического успеха. Оказывалось, что создание и использование новой техники – не только техническая, но и социальная проблема. Техника должна быть приспособлена к человеческим требованиям и сочетаться с адекватной организацией труда и экстенсивными мерами по формированию достаточной квалификации персонала.

С развитием микроэлектронного производства впервые массовой стала сложная прецизионная работа. Этот вид трудовой деятельности связан с очень высоким зрительным напряжением и статичной, обычно неудобной позой. При этом необычными являются гигиенические условия труда: тщательное обеспыливание и кондиционирование воздуха полностью деионизируют воздушную среду гермозон, чистых комнат и специализированных модулей. Имеется значительный шум вентиляционных установок. В большинстве случаев освещение полностью искусственное, а на участках прецизионной фотолитографии уровень освещения понижен и резко сужен спектральный состав.

Констатируя усложнение человеческой деятельности в современном производстве, А.Н. Леонтьев и Д.Ю. Панов еще в 1962 г. писали, что «умственное и психическое развитие человека становится важнейшим резервом увеличения общественной производительности труда, а «человеческий фактор» – особым измерением всего процесса создания и эксплуатации новой техники». Особое значение это приобретает в связи с возросшим культурным уровнем рабочих, предъявляющих повышенные требования к содержанию труда и его условиям, к качеству жизни на работе.

Для развития эргономики характерны три основных экономических фактора:

- 1) интенсификация труда на основе повышения эффективности трудовой деятельности;
- 2) конкуренция на рынках труда;
- 3) автоматизация процессов и систем управления в экономике.

С позиций социальной защиты человека одной из важнейших целей эргономики является сохранение здоровья человека и развитие его личности.

1.2 Объект и предмет изучения эргономики

Эргономические исследования подчинены задачам проектирования, их результаты отличаются от традиционных научных знаний тем, что ориентированы главным образом не на познание, а на преобразовательное-проектное действие. Основываясь на многообразии практических задач, эргономические исследования имеют собственную логику. Например, результатом относительно простого эргономического исследования скорости считывания зрительной информации является не отвлеченная характеристика восприятия человека – оптимальный режим считывания определяется исходя как из общих закономерностей восприятия информации человеком, так и из конструктивных особенностей технических компонентов системы, в которой он работает.

Изучение моторного поля человека также показывает различие эргономического подхода и подходов наук, методы которых используются в эргономических исследованиях. Определение моторного поля (например, при движении рукой) в прикладной антропологии осуществляется простым измерением дуг, описываемых рукой при стандартных положениях тела испытуемого. Имитация специальной задачи (включение-выключение тумблера, связь движения со зрительной сигнализацией) позволила получить иные характеристики моторного поля. Изменились его структура и размеры, геометрия приняла не метрический, а топологический характер. В моторном поле фиксируется уже не только область пространства, а «пространство – движение – время», включенные в двигательную задачу.

Эргономика не изучает рабочую среду и другие ее виды как таковые, это предметы других наук. Для эргономики важно влияние среды на эффективность и качество деятельности человека, его работоспособность, физическое и психическое благополучие. Эргономика определяет оптимальные величины средовых нагрузок – как по отдельным показателям, так и в их сочетании. Взаимосвязанное эргономическое проектирование систем «человек – машина» и «человек – среда» – важнейшее требование оптимизации деятельности человека и ее условий, характерное для эргономики.

Объектом изучения эргономики является система «человек – машина», а предметом – деятельность человека или группы людей с техническими средствами. Кроме термина «система человек – машина», используются и другие: «эргатическая система», «система человек – автомат», «система человек – техника», что не меняет сути.

Система «человек – машина» относится к числу основных понятий эргономики, в котором фиксируются существенные признаки данного класса объектов. Это абстракция, а не физическая конструкция или тип организации.

В целостном образовании, каковым является система «человек – машина», эргономика вычленяет и решает проблемы распределения функций в системе, соотношения деятельности человека с функционированием технической системы и ее элементов, распределения и согласования функций между людьми при выполнении рабочих задач, а также проектирует или организует деятельность человека или группы людей с техническими системами и ее элементами, обосновывает требования к указанным средствам деятельности и условиям ее осуществления, разрабатывает методы реализации этих требований в процессе проектирования и использования систем. Общая цель эргономики формулируется как единство трех аспектов исследования и проектирования: удобство и комфортные условия эффективной деятельности человека, а соответственно и эффективное функционирование систем «человек – машина»; сохранение здоровья и развитие личности. В конкретном исследовании и проектировании тот или иной аспект может превалировать. Однако общая цель реализуется через совокупность и взаимодополняемость указанных аспектов.

Проблема критериев – одна из главных в эргономике. Она конкретизируется как проблема соотношения критериев и показателей, используемых в экспериментальных исследованиях наук, на стыке которых возникла эргономика, и критериев, в соответствии с которыми проектируются и оцениваются системы в реальном мире. Принято считать, что человек делает свой выбор на основании следующих факторов: внешнего вида, наличия запасных частей и возможности обслуживания, цены, удобства управления, экономичности эксплуатации, емкости для багажа, качества хода, размеров и скорости, приспособлений, обеспечивающих безопасность.

Имея в качестве объекта исследования систему «человек – машина», эргономика изучает определенные ее свойства, которые обусловлены положением и ролью человека в системе. Эти свойства получили название человеческих факторов в технике. Они представляют собой интегральные показатели связи человека, машины, предмета деятельности и среды, проявляющиеся при деятельности человека с системой и ее функционировании, которые связаны с достижением конкретных целей. Человеческие факторы в технике существуют актуально, т.е. «здесь и сейчас», порождаются во время взаимодействия человека и технической системы. В этом смысле они относятся к виртуальной реальности и обладают ее свойствами. Виртуальные механизмы, например образы, актуализируясь, воплощаются в последней. Виртуальная реальность – источник как эффективного управления, так и неэффективного.

Человеческие факторы в технике не могут быть сведены к взятым самим по себе характеристикам человека, машины (технического средства), среды. Характеристики и свойства, фиксируемые в понятии человеческих факторов в технике, представляют собой не отдельные изолированные признаки компонентов системы «человек – машина», а являются ее совокупными системными качествами.

По отношению к качествам компонентов системы «человек – машина» человеческие факторы в технике представляют собой качества второго порядка, возникающие как результат интеграции, воплощения в единое целое природных качеств, свойственных среде, предметных качеств, свойственных машине и предмету деятельности, функциональных, а также социальных качеств, присущих человеку.

Человеческие факторы в технике, понимаемые как важнейшие интегральные характеристики системы «человек – машина», представляют собой некоторую суперпозицию исходных показателей или соответственно фиксированные (или динамичные) функциональные связи между элементами и компонентами системы. В структурном аспекте человеческие факторы в технике выступают как основные системообразующие элементы, или таксономические единицы анализа функциональной структуры системы. Однако ее функциональная структура обусловлена не только человеческими, но и организационными, информационными, территориальными и другими факторами. Поэтому выделение человеческих факторов в технике в качестве единиц анализа, т.е. элементов функциональной структуры системы, не исключает выделения в ней, в зависимости от целей анализа, таксономических единиц другого рода.

Человеческие факторы в технике не даны изначально. Они представляют собой искомое, которое может быть найдено лишь на основе предварительного анализа задач системы «человек – машина», функций человека в ней, вида и отличительных черт его деятельности. В результате такого анализа определяется номенклатура человеческих факторов в технике, учет которых необходим в целях создания нормальных условий для деятельности человека и эффективного функционирования системы. Человеческие факторы в технике – это структурные образования различной степени сложности. В этом смысле они представляют собой некоторое временное сочетание сил, способное осуществить определенное достижение. Понятие деятельности служит и теоретической основой приведенной выше трактовки человеческих факторов в технике.

Теоретические представления о природе человеческих факторов в технике позволяют развернуть структурную схему формирования целостной эргономической характеристики системы «человек – машина», которая представляет как бы оборотную сторону проблемы соотношения экспериментальных показателей с критериями, используемыми при проектировании и оценке систем «человек – машина». Эта иерархическая динамическая структура включает несколько уровней, каждый из которых обладает определенной качественной спецификой, не сводимой к механическому объединению ее составляющих (таблица 1.1). Высший уровень – эргономичность – всегда остается ведущим, но он может реализовать себя только с помощью нижележащих уровней и в этом от них зависит.

Таблица 1.1 – Структурная схема формирования целостной эргономической характеристики системы «человек – машина»

Целостная эргономическая характеристика	Эргономичность системы «человек – машина»			
Эргономические свойства	Управляемость	Обслуживаемость	Освояемость	Обитаемость
<p>Человеческие факторы в технике</p>	<p>Соответствие распределения функций между человеком (группой людей) и машиной оптимальной структуре их взаимодействия при достижении поставленных целей, при которых обеспечивается ведущая роль человека</p> <p>Соответствие конструкции машины (или отдельных ее элементов) и организации рабочего места оптимальной психофизиологической структуре и процессу деятельности в нормальных и аварийных условиях</p> <p>Соответствие содержания задаваемой машиной деятельности по управлению, оптимальному уровню сложности и разнообразию действий человека</p> <p>Соответствие задаваемой машиной напряженности деятельности минимальной напряженности, при которой достигается наивысшая эффективность управления</p> <p>Соответствие задаваемых машиной требований к качеству деятельности по</p>	<p>Соответствие конструкции машины (отдельных ее элементов) оптимальной психофизиологической структуре и процессу деятельности по ее эксплуатации, обслуживанию и ремонту</p>	<p>Заложенные в машине и эксплуатационной документации возможности быстрого ее освоения (приобретения необходимых знаний, умений и навыков управления и обслуживания)</p> <p>Задаваемые машиной требования к уровню развития профессионально значимых психофизиологических и психологических функций человека для деятельности как в нормальных, так и в аварийных условиях</p> <p>Задаваемые машиной требования к характеру и степени группового взаимодействия при ее</p>	<p>Заложенные в машине и эксплуатационной документации возможности быстрого ее освоения (приобретения необходимых знаний, умений и навыков управления и обслуживания)</p> <p>Уменьшение или ликвидация вредны для природной среды условий функционирования машины</p>

	<p>управлению оптимальным точностным, скоростным и надежностным возможностям человека</p> <p>Соответствие задаваемых машиной темпов и ритмов трудовых процессов оптимальной временной структуре действий работающих людей</p>		<p>управлении</p> <p>Заложенные в машине возможности для развития и совершенствования профессионально важных качеств</p>	
<p>Базовый уровень – возможности и особенности человека (группы людей), факторы среды</p>	<p>Социально-психологические</p>	<p>Психологические</p>	<p>Физиологические и психологические</p>	<p>Антропологические</p>
<p>Исходные характеристики</p>	<p>Соответствие конструкции машины и организации рабочих мест характеру и степени группового взаимодействия</p> <p>Степень опосредования межличностных отношений содержанием совместной деятельности по управлению машиной</p>	<p>Соответствие машины возможностям и особенностям восприятия, памяти, мышления, психомоторики, закреплённым и вновь формируемым навыкам работающего человека</p>	<p>Соответствие машины силовым, скоростным, энергетическим, зрительным, слуховым, осязательным, обонятельным возможностям и особенностям человека</p>	<p>Соответствие машины размерам и форме тела работающего человека, распределению его веса</p>

Эргономичность системы «человек – машина» взаимосвязана с критериями производительности, надежности, экономичности, экологичности и эстетичности. Эргономичность – это целостность эргономических свойств, к которым относятся управляемость, обслуживаемость, осваиваемость и обитаемость. Первые три свойства описывают свойства системы, при которых она органично включается в структуру и процесс деятельности человека или группы людей по управлению, обслуживанию и освоению. Происходит это в тех случаях, когда в проект системы закладываются решения, создающие наилучшие условия для удобного, эффективного и безопасного выполнения указанных видов деятельности. Четвертое свойство – обитаемость – относится к условиям функционирования системы, при которых сохраняется здоровье людей, поддерживаются нормальная динамика их работоспособности и хорошее самочувствие. Одним из эффективных путей создания таких условий является устранение или ослабление неблагоприятных факторов рабочей среды (шум, вибрация, излучения, загазованность и др.) в самом источнике их образования в системах, машинах и оборудовании.

Каждое эргономическое свойство представляет определенную целостность человеческих факторов в технике, которые являют собой разные, но взаимосвязанные существенные признаки указанных свойств. Человеческие факторы в технике формируются на основе базовых характеристик: социально-психологических, психологических, физиологических и психофизиологических, антропологических, гигиенических в их соотношении с техникой. Исследователям и проектировщикам важно не только знать базовые характеристики и их номенклатуру, но и представлять, как на их основе формируются человеческие факторы в технике, эргономические свойства и эргономичность систем «человек – машина».

Участие эргономистов в разработке систем «человек – машина» и их элементов позволило накопить огромный массив проектных и методических знаний. Эти знания фиксируют единичные случаи таких преобразований и закрепляются в виде общего знания у отдельных специалистов и коллективов. Попытки эмпирически систематизировать их, задать в виде перечня правил неизбежно начинают не срабатывать, отставать от обобщаемой практики эргономического исследования и проектирования. Возникает своего рода тупик, возможный выход из которого состоит в установлении и разработке инвариантов сочетания параметров эргономических ситуаций и методов действия, в их уточнении и укрупнении. Однако это предполагает особый тип эргономической деятельности: не практическое преобразование систем «человек – машина», не решение конкретной исследовательско-проектировочной задачи, а поиск фундаментальных принципов, которые можно было бы представить как особые эргономические знания об изучаемом и проектируемом объекте, о средствах и методах работы с ним.

Обобщения, фиксирующие связи между проектными и методическими знаниями и опирающиеся на опыт многих конкретных преобразований систем «человек – машина» и ее элементов, позволяют создавать стандарты в области эргономики. Они воспроизводятся во многих странах по одному образцу. Применение же зафиксированных в них связей проектных и методических знаний к преобразованию новых объектов приводит к результатам, не соответствующим ожиданиям эргономистов, что воспринимается ими как разрыв между их целями и тем, что получается на практике.

Переход от эмпирического изучения и проектирования системы «человек – машина» к ее теоретическому рассмотрению, точно так же, как движение в обратном направлении, представляет достаточно сложную задачу, не имеющую формальных правил и процедур. Необходимым условием ее решения является методологическая культура исследователей и проектировщиков.

1.3 Микро- и макроэргономика

Использование информационных технологий в управлении сопряжено с такими изменениями в организациях, которые выходят за рамки индивидуальных задач сотрудников и отдельных рабочих мест. Появляются непосредственные организационные эффекты, которые могут существенно влиять на структуру и содержание деятельности, схемы коммуникаций и другие аспекты функционирования предприятия или фирмы. Информационные системы нарушают равновесие между рабочими ролями и поднимают вопросы типа «кто что делает?» Проблемы такого рода не могут предвидеть ни разработчик информационных систем, ни заказавшая их организация, что приводит к противоречиям между технической и социальной системами (система рабочих ролей) в организации. Поэтому ставится задача проектировать социотехнические системы, в которых социальные и технологические процессы находятся в неразрывной связи. Сформировалось новое направление исследований и разработок, получившее название «макроэргономика в организациях».

Проектирование функций, рабочих задач, типов работ, видов деятельности и взаимосвязей между человеком и техникой на основе изучения возможностей и особенностей человека, относящиеся фактически к индивидуальному, групповому или подсистемному уровню, представляет то, что называют микроэргономикой. Макроэргономическое же исследование и проектирование систем осуществляются на общеорганизационном уровне. Оптимальность макроэргономического проекта системы приобретает очень важное значение, поскольку после ее достижения можно переходить к микроэргономическому проектированию системы «человек – машина». Нисходящий эргономический подход существенно важен, так как увязывается с проектированием структуры организации с таким расчетом, чтобы обеспечить достижение целей, стоящих перед ней.

Макроэргономика включает в себя:

- 1) определение задач и назначения системы;
- 2) определение мер организационной эффективности и использование их в качестве критериев для оценки возможности альтернативных структур;
- 3) систематическую оптимизацию основных параметров структуры организации – сложности, формализации и централизации;
- 4) систематический учет влияния системных технических, психосоциальных характеристик и показателей окружающей среды на структуру организации;
- 5) принятие решения о типе структуры для данной организации.

При макроэргономическом проектировании организации важно располагать средствами для оценки относительной эффективности различных структурных подразделений. Задача эргономиста – выбрать критерии организационной эффективности и представить их в форме, соответствующей конкретной системе.

Своеобразие принципов и методов эргономики позволяет определять ее как особого рода технику (от греч. *techne* – искусство, мастерство), связанную с изучением и созданием интерфейса «человек – система». На микроуровне она включает технику интерфейса «человек – машина», или эргономику технических устройств; технику интерфейса «человек – среда» или эргономику среды; технику интерфейса «пользователь – система» или эргономику программного обеспечения (определяемую еще как когнитивная эргономика).

2 МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭРГОНОМИКИ

2.1 Общая характеристика эргономических исследований

Методы исследования в эргономике условно разделяются на три группы: аналитические, экспериментальные и расчетные. В большинстве исследований они тесно переплетены между собой и применяются одновременно, дополняя и обогащая друг друга.

Практически каждая эргономическая проблема возникает в результате переформулировки реальных задач, которые анализируются эргономистами с точки зрения выявления специфики деятельности человека или группы людей с техникой в производственной или иной среде. Эргономист должен уметь квалифицированно анализировать производственную сферу деятельности – производительность труда, профессиональный опыт, условия труда, брак, текучесть кадров, ошибочные действия, травматизм и т.п.

Эргономическое исследование начинается с анализа деятельности человека и функционирования системы «человек – машина». Его цель – определение места и роли человека в системе; описание функциональной структуры его деятельности, присущих ей психических и психофизиологических функций; выявление человеческих факторов в технике, влияющих на эффективность и надежность системы в целом и ее частей.

Цели анализа зависят от конкретной задачи. Если предстоит проводить экспериментальные исследования, то анализ нужен главным образом для выбора адекватной модели деятельности или отдельных действий, а также для определения задач эксперимента. Если требуется экспертиза системы «человек – машина», то целью анализа будет выявление тех компонентов системы, по которым должна производиться эргономическая оценка. При разработке критериев и методов профессионального отбора анализ будет направлен на определение свойств личности, существенно влияющих на качество выполнения деятельности.

Совершенствование технических средств или системы с целью наиболее полного учета возможностей и особенностей работающего человека предполагает, во-первых, точное знание причин неудовлетворенности существующими видами техники с точки зрения эргономики; во-вторых, достоверное представление о том, в каком направлении следует их модифицировать. Ответы на эти вопросы можно получить, если в ходе предварительного анализа деятельности вскрыты недостатки в организации взаимодействия человека и техники и определены требования, которые данный вид деятельности предъявляет к реализующим ее психофизиологическим свойствам человека и техническим средствам. В идеальном случае результатом аналитического этапа должно быть решение эргономических проблем усовершенствования существующего или проектирования нового технического средства, системы. На аналитическом этапе эргономического исследования оказываются полезными многие современные методы проектного анализа.

Экспериментальное исследование позволяет выявить такие особенности организации взаимодействия человека с техническими средствами, которые не обнаруживаются непосредственно в процессе анализа. Важным методическим приемом является усложнение деятельности (постановка дополнительных задач, моделирование аварийной ситуации и др.), что позволяет выявить преимущество одного среди нескольких проектных решений в сравнительных исследованиях. Выполнение дополнительной задачи одновременно с основной деятельностью, подлежащей оценке, используется для регистрации резервного времени. Оно представляет собой избыточное время (сверх минимально необходимого), которым может располагать работающий человек для предотвращения отклонения регулируемого параметра за

допустимые пределы. В свою очередь, величина резервного времени, меняющаяся в зависимости от уровня мобилизации возможностей человека, служит одним из показателей, на основании которого предсказывается, при какой степени усложнения деятельности надежность работы человека резко снизится.

При организации эргономических исследований необходимо учитывать, что на результаты испытуемых влияют присутствие экспериментатора, его установки и ожидания. Испытуемый способен дезорганизовать экспериментатора. Проблема «экологической валидности» лабораторных исследований (возможность проецирования лабораторных результатов на ситуации «реальной жизни»), первоначально поставленная в области социально-психологических исследований, продолжает оставаться предметом внимания и в эргономике.

Трудности прямого переноса данных, полученных в лабораторных условиях, на реальные ситуации связаны с тем, что в первом случае испытуемые действуют под влиянием специфических мотивов, которые теряют свою силу, едва испытуемый покидает лабораторию. Также важно, что схожая по своей операционной структуре деятельность в условиях лабораторий и в ситуациях «реальной жизни» может определяться различными мотивами. Поскольку характер мотивации является определяющим в регуляции деятельности, перенос результатов лабораторных исследований без учета специфики мотивации приводит к непредсказуемым результатам.

Ограничения, которые накладывают лабораторные условия, вынуждают к проведению экспериментов в производственных условиях. Однако и эти эксперименты не свободны от недостатков. Часть из них связана с действием социально-психологических факторов. Так как логика исследования требует сравнения выполнения задания в условиях действия независимой переменной (гипотетической причины ожидаемого эффекта) и при ее отсутствии, в исследованиях принимают участие, как правило, экспериментальная и контрольная группы испытуемых. Поскольку в производственных условиях изоляция одной группы людей от другой затруднена, контрольная группа может вступать в соревнование с экспериментальной, что маскирует влияние исследуемого фактора. Деятельность контрольной группы может ухудшиться и в связи с тем, что ее члены будут чувствовать себя ущемленными из-за отсутствия тех нововведений, которые изменяют условия труда экспериментальной группы. Знание о существовании таких факторов помогает избежать неверных результатов в процессе проведения эргономических исследований.

Расчетные методы, применяемые в эргономических исследованиях, как правило, основываются на теориях: информации, массового обслуживания, автоматического управления, автоматов, статистических решений.

2.2 Классификация эргономических методов

Классификация методов эргономики имеет взаимосвязь с классификацией методов человекознания.

Первую группу методов условно называют организационными. К ним относятся методологические средства эргономики, обеспечивающие системный и деятельностный подходы к исследованию и проектированию. Они выступают в качестве инструмента интеграции методов различных наук и сфер практической деятельности, на стыке которых возникают и решаются качественно новые проблемы изучения и проектирования систем «человек – машина». Характерной чертой таких исследований и проектирования является не синтез результатов, полученных на основе независимых исследований, а организация такого исследования и проектирования, в ходе которых используются в определенном сочетании принципы и методы различных дисциплин.

Системный подход сам по себе как таковой не дает решения проблем эргономики непосредственно, он служит средством правильной их постановки, играет конструктивную роль в построении и развитии предмета исследования. Эффективным инструментом осуществления такой функции является системное моделирование, в котором предмет моделирования рассматривается как система, и сам модельный познавательный процесс расчленяется на систему моделей, каждая из которых отображает дисциплинарный срез моделируемой системы, а все вместе дают ее многодисциплинарное представление.

Объяснительная схема, основанная на понятии деятельности, образует как бы содержательное ядро предмета эргономики, позволяет увидеть реалии, которые были известны и раньше, но сегодня выступили как объект специального изучения и проектирования. Понятие деятельности задает такой взгляд на систему «человек – машина», при котором вычленяется то, что объединяется в определенное целое как мир деятельности, ее продуктов, условий и форм организации.

Вторую группу методов составляют эмпирические способы получения научных данных. К этой группе относятся наблюдение и самонаблюдение; экспериментальные процедуры (лабораторный, производственный, «формирующий» эксперименты); диагностические методики (различного рода тесты, анкеты, социометрия, интервью и беседы); анализ процессов и продуктов деятельности; моделирование (предметное, математическое и т.д.).

Третью группу методов составляют различные способы количественной и качественной обработки данных.

В *четвертую группу* методов входят различные способы интерпретации полученных данных в контексте целостного описания функционирования систем «человек – машина».

Наиболее обширна вторая группа методов, внутри которой в зависимости от целей и характера исследований выделяется целый ряд конкретных методических процедур.

Сущность операционно-структурного описания трудовой деятельности, часто называемого алгоритмическим анализом, состоит в разложении трудовой деятельности на качественно различные составляющие (единицы деятельности – действия, операции), в определении их логической связи между собой, порядка следования друг за другом и вычисления ряда показателей, имеющих определенный психофизиологический смысл.

В методический арсенал эргономики входят многие *психофизиологические методики*: измерение времени реакции (простой сенсомоторной реакции, реакции выбора, реакции на движущийся объект и т.д.); *психофизические методики* (определение порогов и динамики чувствительности в различных модальностях); *психометрические методы* исследования перцептивных, мнемических, когнитивных процессов и личностных характеристик.

В эргономике широкое распространение получили *методы электрофизиологии*, изучающие электрические явления в организме человека при различных видах его деятельности. Они позволяют оценивать временные параметры многих процессов, их выраженность, топографию, механизмы их регуляции и т.д. К ним относятся:

электроэнцефалография (ЭЭГ) – запись электрической активности мозга с поверхности головы. ЭЭГ дает возможность качественного и количественного анализа функционального состояния собственной активности мозга и его реакции при действии раздражителей;

электромиография (ЭМГ) – запись электрической активности мышц (чувствительный показатель включения в двигательную активность или статическую работу определенных мышечных групп), которая играет важную роль при оценке состояния мышечного тонуса и незаменима при исследовании позы и рабочих движений;

регистрация кожно-гальванической реакции (КГР) – изменение во времени разности потенциалов кожи (показатель электропроводимости кожи) – весьма чувствительный показатель эмоционального состояния человека;

электрокардиография (ЭКГ) – запись электрической активности сердца – индикатор состояния сердечно-сосудистой системы, позволяющий выявить, например, характер зависимости частоты сердечных сокращений от величины физической нагрузки при работе;

электроокулография (ЭОГ) – запись электрической активности наружных мышц глазного яблока, используемая в эргономике как объективный показатель перемещения взора человека при рассматривании какого-либо объекта.

Регистрация биоэлектрических процессов в организме человека позволяет определять и количественно характеризовать малодоступные для непо-

средственного наблюдения функциональные сдвиги в организме человека, происходящие под воздействием самых разнообразных изменений окружающей среды и взаимодействия с техникой.

Включает эргономика в свой методический арсенал **и биотелеметрию** – дистанционное исследование функций и измерение показателей жизнедеятельности человека, которое осуществляется в реальной обстановке в течение длительного времени.

Функциональное состояние человека оценивается с помощью физиологических и психологических методов. В последнюю группу входят методы оценки эффективности выполнения различных психометрических тестов и анализа субъективных признаков конкретных видов функциональных состояний. Содержательный психофизиологический анализ конкретных видов трудовой деятельности является необходимым условием создания комплексных систем тестов, пригодных для оценки динамики функциональных состояний в процессе реального производства. Для интегральной оценки функционального состояния используется **полиэффекторный метод регистрации психофизиологических параметров**.

Фиксация количественного и качественного снижения работоспособности, а также нарушения координации процессов, связанных с выполнением работ, позволяет наблюдать за развитием утомления без отрыва человека от трудового процесса, причем часто выявляется снижение работоспособности еще до изменения количественных и качественных показателей работы. С одной стороны, наблюдаются нарушения рабочего стереотипа, например изменение длительности рабочих фаз движений и особенно более значительная вариабельность времени их выполнения. С другой стороны, отмечается снижение эффективности физиологических затрат на единицу работы. Оно прослеживается по данным газообмена, температуры тела, частоты пульса и др. В последнем случае эффективно использование непрерывной радиопульсометрии в процессе выполнения работы. Все это многообразие проявления сниженной работоспособности может по-разному комбинироваться между собой, что требует тщательного подбора адекватных тестов.

Некоторые исследователи считают, что субъективные оценки степени утомления дают на практике критерии утомления и утомляемости более точные, чем существующие лабораторные методы. Объясняется это многообразием проявлений симптомов утомления во внутренней жизни индивида, среди которых выделяются две категории: субъективные оценочные реакции, характеризующие отношение индивида к собственному состоянию, и объективно контролируемые признаки утомления (физиологический дискомфорт и нарушения психической деятельности), которые могут осознаваться человеком. Существование качественно различных групп симптомов дает основание для развития различных направлений в методах субъективной диагностики – опросников и субъективного шкалирования.

Опросники позволяют выявить качественно разнообразные симптомы утомления, которые с большей или меньшей легкостью могут быть осознаны человеком. Количественная оценка или определение степени выраженности каждого признака не ставятся главной целью подобных исследований. Состояние человека оценивается общим количеством симптомов и их качественным своеобразием.

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

Методы измерения рабочей нагрузки разнообразны, само же определение рабочей нагрузки продолжает быть предметом научных дискуссий. Измерение рабочей нагрузки на практике необходимо прежде всего для установления того, что действия, которые должен выполнять человек, осуществимы и для выявления тех из них, которые вызывают наибольшую нагрузку.

Один из методов оценки рабочей нагрузки, используемый проектантами, основан на анализе выполнения задач на временной шкале. В наиболее простой форме эта процедура сводится к следующему: на левой стороне страницы располагается перечень задач (в их рабочей последовательности), и по отношению к каждой из них в виде горизонтальных линий фиксируется время их выполнения. Описание задач может различаться по степени детализации. Но деление на фазы, соответствующее отдельным событиям, продолжительность их выполнения и совмещенность по времени должны быть указаны как можно точнее. Это позволяет отразить изменение деятельности при использовании оборудования, создаваемого на основе того или иного решения.

Обработка данных о временных распределениях задач может осуществляться вручную и на компьютере. В том и другом случае, систематически двигаясь слева направо, составляется «профиль рабочей нагрузки». Этот профиль должен быть проанализирован и уточнен опытными операторами. Пики рабочей нагрузки указывают, на какие фрагменты выполнения задачи следует обратить наибольшее внимание. Данный метод не может быть распространен на весь спектр задач, связанных с процессами информационной подготовки и принятия решений.

В эргономических исследованиях находят применение **методы биомеханики**: ускоренная киносъемка, циклография, киноциклография, видеозапись, тензометрия, электрическая регистрация механических величин с помощью датчиков угловых перемещений, опорных динамографов и др. С их

помощью характеризуется двигательная активность человека с точки зрения эффективности трудовых движений, работы различных звеньев опорно-мышечного аппарата.

Широкое применение получила *техника антропометрических исследований* – измерение тела человека и его частей: головы, шеи, груди, живота, конечностей при помощи специальных инструментов. Измеряются длина и ширина, обхват (окружность) и другие параметры частей тела.

В проектировании находит применение *соматография* – технико-антропологический анализ положения тела и изменения рабочей позы человека, соотношения размеров человека и машины. Результаты этого анализа обычно представляются в графической форме. Соматография позволяет рассчитывать зоны легкой и оптимальной досягаемости, находить оптимальные способы организации рабочего места с учетом пропорциональных отношений между элементами оборудования и человеком.

Для изучения условий деятельности и влияния их на здоровье человека используются *физические, химические, физиологические, токсикологические и другие методы гигиены труда*.

Используемые в эргономике *социометрические методы* исследования межличностных отношений позволяют: выявить факт предпочтения или установки, выраженный индивидом в отношении других членов группы в определенных ситуациях управления и технического обслуживания сложных систем; описать положение индивида в группе так, как оно представляется самому субъекту, и сопоставить это с реакциями других членов группы; выразить взаимоотношения внутри сравниваемых групп с помощью формальных методов.

Технические средства, необходимые для эргономических исследований, часто представляют собой стандартные устройства и приборы, специально не ориентированные на применение в данной области. Поэтому необходима адаптация этих технических средств к условиям эргономического эксперимента.

Использование ЭВМ приводит к принципиальной перестройке всей структуры эксперимента. В то же время планирование эксперимента, степень перестройки его процедур и аппаратного обеспечения зависят от способа применения ЭВМ. Для примера можно указать на отдельные проблемы, возникающие при включении машины в эксперимент: отчужденность экспериментатора от непосредственного участия в опыте требует введения сложных и разнообразных процедур регулярной тестовой проверки всех технических устройств; по этой же причине должны быть изменены инструкции испытуемым.

Эргономическое изучение и оптимизация деятельности человека с техникой имеют свою специфику. Во-первых, направленность эргономики на проектирование деятельности и ее средств требует применения не только экспериментальных, но и априорных проектировочных методов, а также приемов, с помощью которых удается формализовать то, что ранее задавалось лишь описательно. Во-вторых, оперирование обобщенными показателями активности, напряженности и комфортности деятельности обуславливают процедуры получения интегральных критериев на основе комплекса частных показателей. В-третьих, эргономическое исследование, проектирование или оценка, как правило, предполагают одновременное применение различных методов, отражающих взаимосвязи между компонентами и основными свойствами системы «человек – машина». Перечисленные особенности определяют стратегию выбора методов для решения конкретных эргономических задач.

2.3 Моделирование эргономических систем

Моделирование в эргономике заключается в изучении реальной деятельности и построении на основе этого изучения имитационной, психологической, математической или статистической модели.

Имитационное моделирование занимает промежуточное положение между экспериментальными и математическими методами исследования в эргономике. По способу получения данных о деятельности операторов в СЧМ имитационные методы являются математическими, а по характеру их получения и использования копирует экспериментальный метод.

Имитационное моделирование заключается в многократной реализации с помощью ЭВМ моделируемого процесса на основе имитации воздействия случайных факторов на деятельность оператора и функционирование СЧМ. Для применения имитационного моделирования в эргономике необходимо соблюдать следующие условия:

- последовательность действий оператора в СЧМ может быть определена или детерминированно, или вероятностно;
- описание действий оператора в СЧМ должно быть выражено упрощенно через вероятность действий и время их выполнения;
- имитационные модели в СЧМ должны учитывать психологические качества операторов (память оператора, его реакцию, способность к взаимодействию с другими операторами, эмоциональную устойчивость), которые могут быть выражены в моделях с помощью законов распределения.

В структуры имитационных моделей входят блоки:

- имитации средств и условий деятельности;
- имитации собственной деятельности и общения;

- генерации (задача);
- определения и задания начальных условий;
- регистрации и обработки результатов моделирования;
- управления моделью.

Их совокупность образует модель макета исследуемой системы «человек – машина» (рисунок 2.1).

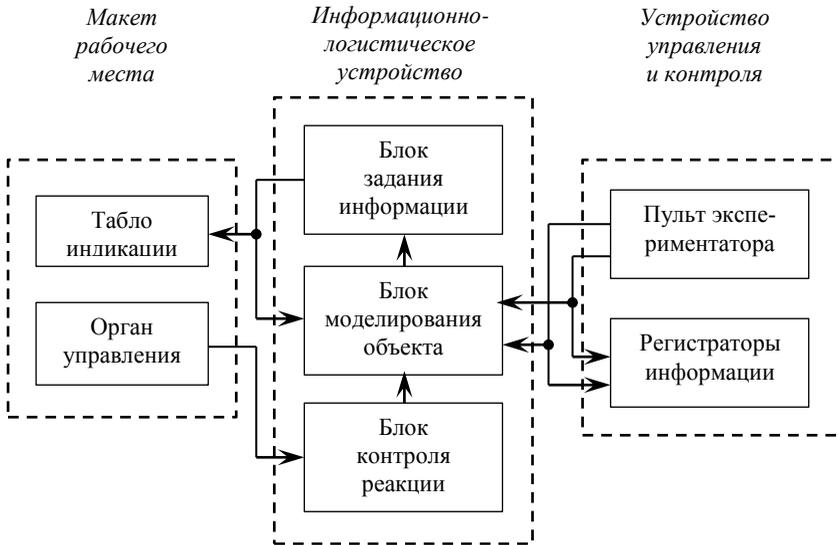


Рисунок 2.1 – Обобщенная структура функционального макета оборудования стационарной системы «человек – машина»

При решении эксплуатационных задач имитационные методы применяются для описания деятельности оператора. В системе «человек – машина» имитационные методы подразделяются на два основных вида:

- решение оператором отдельной задачи;
- функционирование оператора в условиях потока задач.

В моделях первого вида на основе многократного моделирования производится расчет основных характеристик задачи: среднего времени решения (выполнения операции), среднеквадратического отклонения этого времени и вероятности своевременного выполнения задачи (рисунок 2.2).

В моделях второго вида характеристики решения оператором конкретных задач считаются известными, они являются исходными данными. Кроме того, исходными данными являются:

- поток задач, решаемых оператором;
- поток ошибок оператора;

- индивидуальные психофизиологические характеристики оператора, влияющие на его деятельность;
- особенности протекания процесса управления (временные ограничения, ограничения очереди и т.п.).

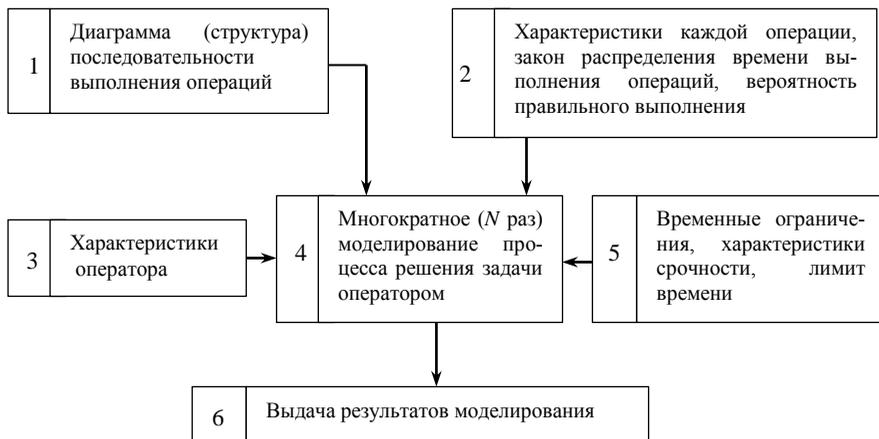


Рисунок 2.2 – Структурная схема моделирования деятельности оператора

В результате моделирования вычисляются характеристики деятельности оператора, степень загрузки, период занятости, своевременность решения задач и др. Эти характеристики позволяют оценить загрузку оператора в системе «человек – машина». Этапность проведения моделирования деятельности показана на рисунке 2.3.

Психологическое моделирование заключается в замещении реальной деятельности некоторой ее модификацией. Это замещение осуществляется с помощью специальных моделирующих устройств, в роли которых могут выступать имитаторы, макеты, испытательные стенды и т.д. Психологическое моделирование может быть двух видов:

1) внешнее воспроизведение, имитация реальной деятельности и рабочего места. Примером такого моделирования является исследование работы на тренажерах, воспроизводящих реальные пульта управления;

2) воспроизведение тех или иных характерных сторон реальной деятельности при отсутствии внешнего сходства между моделирующей и реальной деятельностью. Примером такого моделирования является исследование групповой деятельности по гомеостатической методике.

Основное требование к психологическим моделям деятельности оператора – воспроизведение психологической структуры реальной деятельности, а не только ее внешняя имитация. При невыполнении этого требования результаты инженерно-психологического эксперимента не будут соответствовать реальной деятельности.



Рисунок 2.3 – Общая схема организации работ по подготовке и проведению моделирования

Математическое моделирование заключается в исследовании деятельности оператора с помощью математических моделей, под которыми понимается некоторый математический объект (формула, уравнение, неравенство и т.д.), поставленный в соответствие реальному процессу. Математическая модель есть результат формального описания (формализации) деятельности человека-оператора. Исследование деятельности оператора или каких-либо процессов, сопровождающих эту деятельность, заключается в исследовании тех или иных формул либо решений определенных уравнений или их систем. В необходимых случаях эти исследования или решения проводятся при целом ряде ограничений, налагаемых в виде системы неравенств.

Математические модели находят применение не только при проектировании СЧМ, но и при исследовании деятельности оператора, осуществляемом по двум направлениям:

1) математические модели строятся для получения априорных данных об исследуемой деятельности;

2) математические модели получаются как результат экспериментального исследования, и дальнейшее исследование (анализ) проводится над этими моделями без продолжения эксперимента.

Под *статистическим моделированием* понимается имитация деятельности оператора при помощи ЭВМ с учетом воздействия случайных факторов, обусловленных влиянием условий деятельности, процесса управления и самого оператора.

Достоинством метода статистического моделирования по сравнению с психологическим является возможность применения его на любых стадиях проектирования СЧМ, а по сравнению с математическим – возможность учета основных психофизиологических закономерностей деятельности оператора. Наряду с достоинствами метод статистического моделирования обладает и рядом недостатков, ограничивающих область его применения. Этот метод является численным, и поэтому результаты, полученные при моделировании, соответствуют определенным условиям и исходным данным. Для других же условий моделирование необходимо проводить заново.

На самых ранних этапах проектирования используются преимущественно методы математического и статического моделирования, на более поздних, по мере уточнения характеристик и конструкции СЧМ, – метод психологического моделирования. На этапе эксплуатации наиболее ценные результаты дает исследование деятельности оператора в реальных условиях. Наиболее полное исследование деятельности оператора может быть осуществлено разумным сочетанием нескольких методов исследований.

3 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА». ПРИНЦИПЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

3.1 Деятельность и ее проявления

В историческом аспекте выделяют три основные стадии развития труда и его орудий (техники): ручной труд, механизированный труд, автоматизированный труд. Все эти типы труда характерны для современного производства. Эргономика, возникнув на стадии автоматизированного труда, имеет тем не менее отношение ко всем трем его типам.

В сферу эргономических исследований преимущественно включаются виды трудовой деятельности, которые связаны с использованием технических средств. Труд, выполняемый вручную, также включают в сферу изучения эргономики; имеются эргономические издания, посвященные проблемам ручного труда.

Для того чтобы качественно оценивать и проектировать потребительские изделия, самое их потребление также должно быть рассмотрено как специальный вид деятельности, как деятельность потребления. При этом должно правильно оцениваться внешнее сходство оперативно-технических компонентов трудовой деятельности и деятельности потребления. Их цели, мотивы, результаты принципиально различны, как различны требования к условиям их использования и степени комфортности.

Объектом эргономики являются: производственная техника (машины, механизмы, инструменты, аппараты управления машинами и технологическими процессами, средствами транспорта, коммуникации, связи и т.п.); непроизводственная техника (средства коммунальной и бытовой техники, техника передвижения, техника образования и культуры и др.), а также военная техника (танки, ракетные установки, летательные аппараты, надводные и подводные суда и др.).

Эргономический «мир деятельности» возможно представить через обобщенные характеристики трудовой и других видов деятельности с различными средствами, обращая при этом внимание на наиболее существенные психологические особенности этих процессов. В любой трудовой деятельности, как и во всякой другой (учении, игре потребления), можно выделить когнитивные, исполнительные, мотивационные, в том числе и целевые аспекты. Содержание каждого из этих аспектов, как и соотношение между ними, конкретно-исторично. Они определяются развитием целей, усовершенствованием производства, технологических режимов и условий труда, а также предметного мира. Это обнаруживается при сопоставлении психологических особенностей трудовой деятельности с такими средствами производства, как инструмент, механизированные системы (машины) и автоматизированные системы.

Непосредственное взаимодействие субъекта и объекта деятельности происходит при использовании орудий или различного рода инструментов. Многие исторические орудия и инструменты до сих пор удобны и просты в использовании, а главное, существует возможность с их помощью создавать новые формы объектов или преобразовывать один и тот же объект различными способами. Непосредственность взаимодействия с объектом с помощью различных средств деятельности создает условия как для исполнительных, так и для познавательных действий. Их соотношение может быть разным в сходных процессах, что определяется прежде всего не объектом и средством действий, а требованиями к результатам этих действий. Требования

ния к функциональным и другим качествам результата определяют способ действий и эффективность их осуществления. При использовании орудий труда человек применяет свои способности, приобретает опыт и навыки в разных сферах деятельности, а также удовлетворяет свои потребности в познании и творчестве.

Иначе протекает деятельность в случае применения механизированных средств производства в системе «человек – машина». Объект деятельности (или исходный материал, заготовка и т.д.) выступает здесь только ограниченным количеством своих свойств, так как машина неспособна учесть все свойства материала. Обеднению качественного содержания взаимодействия с объектом сопутствует и рост требований к количественным характеристикам взаимодействия, например, к его скорости или величине затраченной энергии. Соответственно и к трудовым действиям человека в данных условиях предъявляются требования с точки зрения определенного количественного эффекта, т.е. получения заданного объема продукции в минимальные сроки и с наименьшими затратами.

При таких условиях трудовой деятельности становится постоянной необходимостью повышения четкости, организованности и стереотипности исполнительных действий. В результате в трудовом акте остается недостаточно места для познавательных действий. Само производство не требует и даже не допускает каких-либо отклонений в качественных характеристиках результата по отношению к заданным. Оно требует от человека приложения только ограниченного круга его способностей – определенных навыков и их эффективной координации с временным режимом работы машины. По существу, объектом трудовых действий для человека становится не только предмет, но и сама машина. Именно к ее пространственным и временным особенностям он должен приспособить свои действия.

Соответственно и инициатива человека в оптимизации трудовой деятельности может проявиться главным образом в сфере организации этой деятельности, выработке профессионального стиля, совершенствовании технологии, т.е. во всем, что касается способа действий, а не средств и свойства объекта. Изучением и анализом эффективности последних занимаются в основном люди других специальностей, которые не участвуют в самом трудовом процессе.

При этом в условиях использования автоматизированных средств производства функциональная направленность действий человека еще более дифференцируется, повышаются требования к срокам или скорости выполнения действий, жестче становится их организация в целом. Рабочие автоматизированных систем управления, или операторы, подразделяются на пять групп, в соответствии с которыми определяют пять классов операторской деятельности.

1 Оператор-технолог. Он непосредственно включен в технологический процесс, работает в основном в режиме немедленного обслуживания, со-

вершает преимущественно исполнительные действия, руководствуясь при этом четко регламентирующими действиями инструкциями, которые содержат, как правило, полный набор ситуаций и решений. Это операторы технологических процессов автоматических линий, операторы, выполняющие функции формального перекодирования и передачи информации.

2 Оператор-манипулятор. В этом случае для оператора основную роль играют механизмы сенсомоторной деятельности, а также, несколько в меньшей степени, образного и понятийного мышления. К числу функций оператора-манипулятора относится управление манипуляторами, роботами, машинами-усилителями мышечной энергии.

3 Оператор-наблюдатель, контролер. Это классический тип оператора (оператор слежения радиолокационной станции, диспетчер транспортной системы и т.п.). Для данного типа деятельности характерно большое количество информационных и концептуальных моделей, у него редуцированы навыки управления (по сравнению с первыми двумя типами деятельности оператора). Он может работать в режиме как немедленного, так и отсроченного обслуживания. Такой тип деятельности является массовым для операторов технических систем, работающих в реальном масштабе времени.

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

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

Рассмотренная классификация операторской деятельности проясняет пути согласования внешних средств и способов деятельности и позволяет лучше ориентировать исследовательскую и практическую работу в области эргономики.

Жесткая, алгоритмизированная организация действий, например оператора-наблюдателя или оператора систем слежения, не всегда позволяет опе-

ратору сформировать наиболее удобный для него способ действия и не создает непосредственно потребность в улучшении качества конечного результата. Фактически изменяется само содержание результата. Под ним понимается уже не результат воздействия человека с помощью автоматизированных средств на какой-либо объект, а результат изменений, которые вызываются действиями человека в самом автоматизированном устройстве. И те меры, которыми определяется эффективность режима работы системы, переносятся на действия человека. К ним относятся меры точности, скорости и надежности.

Таким образом, непосредственным объектом деятельности для человека становится само техническое средство, а требования к результату взаимодействия ограничиваются его рабочим режимом или состоянием. Практически эти требования относятся только к исполнительным действиям человека и лишь в случае, когда само устройство перестает работать в заданном режиме – человеку представляется возможность совершить некоторые познавательные действия по обнаружению причины аварии. Эти действия характеризуются чаще не мерой потребности, а мерой ответственности. В результате возможно заключить, что основными критериями трудовых действий должны быть меры исполнительных действий, которые устанавливаются исходя из эффективного функционирования системы. Однако в условиях автоматизированного производства появляются новые типы профессий: оператора-исследователя и руководителя, которые требуют иного подхода.

В этих видах деятельности все большую роль играют не только совершенное владение техническими средствами, не только исполнительные и когнитивные процессы, но и процессы формирования или полагания целей и выбора способов их достижения. При этом речь идет о полагании конкретных целей, имманентных процессам трудовой деятельности и динамичным условиям, в которых они протекают, а не внешних по отношению к трудовой деятельности. Эргономический анализ многих современных видов трудовой деятельности предполагает обязательный учет человеческой субъективности, анализ мотивационной сферы и процессов целеполагания, характеристику субъективной представленности целей и их смены в самом процессе труда. Эти требования к эргономическому анализу связаны с тем, что цели связываются с трудовым процессом, они не могут быть заменены ни трудовыми установками, ни мотивами.

Эргономика связана с общей теорией деятельности или с общими теоретическими представлениями о деятельности человека. Методологически это выглядит вполне естественно: специально-научное изучение деятельности должно иметь в качестве своих теоретических и методологических предпосылок некоторые общие представления о деятельности в целом, о законах ее организации и строения. Практически же дело обстоит сложнее – современное научное знание, по существу, не располагает теоретически развернутой феноменологией деятельности в целом, поэтому у исследователя деятельности фактически остается

единственная возможность, если он пытается отыскать и явным образом задать теоретическое основание своей работы, обратиться к представлениям о деятельности, которые выработала психология.

3.2 Математическое моделирование деятельности человека-оператора

Существует несколько методов анализа деятельности: обобщенно-структурный, операционно-психологический, метод статистического эталона, логико-информационный и т.д. Используются также три типа моделей поведения человека: когнитивные модели, модели теории управления, сетевые модели задач. В данном разделе рассматривается один из возможных аналитических методов – метод математического моделирования деятельности.

В основу такого моделирования положена идея использования методов Монте-Карло для имитации вероятностно-временных характеристик деятельности операторов. Степень расчленения деятельности оператора на отдельные операции зависит от цели расчета и не имеет для модели существенного значения.

В общем случае время выполнения отдельной операции состоит из двух составляющих:

$$T_i = T_{i,о.д} + T_{i,р}, \quad (3.1)$$

где $T_{i,о.д}$ – время основной деятельности оператора внутри i -й операции; $T_{i,р}$ – время резерва внутри i -й операции.

Время резерва ($T_{i,р}$) не является показателем каких-либо индивидуальных качеств оператора и характеризует конкретную техническую реализацию системы «человек – машина», производственную обстановку в зоне выполнения работы и т.д. Поэтому можно считать, что $T_{i,р} = \text{const}$ для каждой i -й операции.

Время основной деятельности ($T_{i,о.д}$) характеризует индивидуальные качества операторов, степень их обученности и т.д. и распределено по усеченному нормальному закону.

Весь выбор операций ранжируется на операции существенные и несущественные. *Существенная операция* – операция, невыполнение которой приводит к срыву всей задачи. Операция, невыполнение или пропуск которой не приводит к срыву задачи, а лишь ухудшает конечный эффект, например точность, называется *несущественной*.

Разность между временем, отведенным на выполнение задачи, и необходимым – внешний резерв, или дефицит времени. Суммарное время всех

несущественных операций является внутренним резервом. В дефиците времени оператор может жертвовать ближайшими, в порядке следования, несущественными операциями. Если упущенное время наверстывается, оператор приступает к выполнению всех последующих операций без исключения.

В процессе моделирования деятельности для каждой операции определяется *коэффициент временной напряженности*, который количественно выражается как

$$S_{ij} = \frac{\sum_{j=i+1}^n T_{ij} | B_i = 1}{T_{ц} - T_{затр}}, \quad (3.2)$$

где S_{ij} – коэффициент временной напряженности i -й операции в j -й реализации; $\sum_{j=i+1}^n T_{ij} | B_i = 1$ – время, необходимое на выполнение оставшихся (после i -й) существенных операций; B_i – индекс существенности ($B = 1$ – операция существенная; $B = 0$ – несущественная); $T_{ц}$ – время, отведенное на выполнение всей задачи (время цикла); $T_{затр}$ – реально затраченное время на выполнение операций до $(i + 1)$ -й в j -й реализации; n – общее количество операций в данной задаче; i – переменная номера моделируемой операции; j – номер реализации алгоритма.

До определенного порога (для среднестатистического оператора $S_{ij \text{ пред}} = M_0 = 2,3$) время выполнения отдельной операции и его разброс линейно сокращаются – эффект так называемой интенсификации (мобилизации) внутренних резервов оператора.

С ростом коэффициентов временной напряженности вероятность безошибочного выполнения операции уменьшается от значения p_i (задается как входной параметр) до величины

$$P_{ij} = p_i - \frac{p_i(S_{ij} - 1)}{M_0 - 1} \quad \text{при } 1 \leq S_{ij} \leq M_0 \quad (3.3)$$

или

$$P_{ij} = p_i - \frac{p_i(S_{ij} - 1)}{1,3} \quad \text{при } 1 \leq S_{ij} \leq M_0, \quad (3.4)$$

где p_i – вероятность безошибочного выполнения i -й операции в нормальных условиях.

Таким образом, уменьшается вероятность безошибочного выполнения операции с ростом коэффициента временной напряженности от $P_{ij} = p_i$ при $S_{ij} \leq 1$ до $P_{ij} = 0$ при $S_{ij} = M_0 = 2,3$.

Экспериментальные исследования деятельности оператора показали, что если оператор жестко не лимитирован инструкцией, то к выполнению несущественной операции он приступает в зависимости от оставшегося у него времени. В этой связи вероятность того, что оператор приступит к выполнению несущественной операции, в зависимости от израсходованного времени имеет вид

$$P_n = \exp(-\lambda_i t_{n1} | B_i = 0). \quad (3.5)$$

Логически оправдано $P_n = 1$ при $t_{n1} = t_{n0}$, $P_n T_2 \rightarrow 0$ при $t_{n1} \rightarrow T_2$.

Для нахождения λ_2 предположим, что $t_n = T_2$, $P_n T_2 \approx 10^{-3}$. Перейдя к общим обозначениям

$$P_n T_1 | B_i = 0 = \exp(-\lambda_i T_i | B_i = 0) \approx 10^{-3}, \quad (3.6)$$

получим

$$\lambda_i = \frac{6,9}{T_i | B_i = 0}. \quad (3.7)$$

Таким образом, риск оператора приступать или не приступать к выполнению несущественной операции в зависимости от того, сколько времени от ее длительности уже израсходовано, учитывается следующим образом: выбирается случайное число, равномерно распределенное в интервале 0–1. Это число имитирует вероятность приступать к выполнению i -й несущественной операции ($P_n T_1 | B_i = 0$). Полученная вероятность пересчитывается на время, определяющее предельную точку выполнения данной операции:

$$t_{ni \text{ пред}} = \frac{\ln P_{ni} T_i}{6,9}. \quad (3.8)$$

Затем предельное время ($t_{ni \text{ пред}}$) сравнивается с текущим временем, израсходованным оператором ($T_{\text{израсх}}$). Если $T_{\text{израсх}} \leq t_{ni \text{ пред}}$ – операция выполняется, если $T_{\text{израсх}} > t_{ni \text{ пред}}$ – не выполняется.

Если весь алгоритм деятельности оператора разложить на отдельные операции, то с точки зрения возможных состояний (по аналогии с анализом надежности и эффективности технических средств) можно составить матрицу несовместимых событий:

$$\left\| \begin{array}{cccccc} x_{01} & x_{02} & x_{03} & \dots & \dots & x_{0n} & F_0 \\ \bar{x}_{01} & x_{02} & x_{03} & \dots & \dots & x_{0n} & F_1 \\ x_{01} & \bar{x}_{02} & x_{03} & \dots & \dots & x_{0n} & F_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{01} & x_{02} & x_{03} & \dots & \dots & \bar{x}_{0n} & F_n \end{array} \right\|, \quad (3.9)$$

где x_{01} – состояние i -го входного параметра (в нашем случае i -й операции), соответствующее 1 (безошибочное выполнение операции); \bar{x}_{01} – состояние i -го входного параметра, соответствующее 0 (выполнение с ошибкой или пропуск операции); F_i – эффективность, соответствующая данному набору состояний.

Из матрицы следует, что суммарная эффективность состоит из двух составляющих:

$\prod_{i=1}^n P_i F_0$ – эффективность события, когда все операции выполнены безошибочно;

$\prod_{i=1}^n P_i \sum_{\alpha=1}^n \frac{1-P_\alpha}{P_\alpha} F_\alpha$ – эффективность невыполнения (или выполнения с ошибкой) i -й несущественной операции.

Таким образом, суммарная эффективность деятельности будет иметь вид

$$F = \prod_{i=1}^n P_i F_0 + \prod_{i=1}^n P_i \sum_{\alpha=1}^n \frac{1-P_\alpha}{P_\alpha} F_\alpha \quad (3.10)$$

или

$$F = \prod_{i=1}^n P_i + \prod_{i=1}^n P_i \sum_{\alpha=1}^n \frac{1-P_\alpha}{P_\alpha} K_\alpha, \quad (3.11)$$

где $K_\alpha = \frac{F_\alpha}{F_0}$ – нормированный коэффициент сохранения эффективной деятельности.

Находясь в дефиците времени, оператор может пропустить несущественную операцию или допустить ошибку при ее выполнении. Очевидно, что пропуск или ошибочное выполнение несущественной операции если и не ведет к полному срыву задачи, то ухудшает ее результат. Последнее должно сопровождаться разыгрыванием коэффициента сохранения эффективности деятельности в данной задаче (K_α): равномерно распределенное в интервале 0 – 1 случайное число (φ) сравнивается с K_α (задается как исходный параметр):

если $\varphi \leq K_\alpha$ – задача выполнена;

если $\varphi > K_\alpha$ – не выполнена.

Значения K_α лежат в пределах 0 – 1:

$K_\alpha = 0$ – операция существенная;

$K_\alpha = 1$ – операция, полностью дублирующая другой (эквивалент «горячего» резерва в теории надежности);

$0 < K_\alpha < 1$ – операция несущественная.

С течением времени предельный коэффициент временной напряженности уменьшается за счет утомления оператора. Общепринятое соотношение времени ответной реакции и текущего времени работы приведено ниже.

Как правило, время безотказной работы технических устройств и коэффициент временной напряженности в зоне $T = \text{const}$ (интервал $t_1 - t_2$) имеют одно и то же распределение:

$$M(t) = M_0 I^{-\lambda}, \quad (3.12)$$

где M_0 – предельное значение коэффициента временной напряженности ($M_0 = 2,3$); λ – параметр закона распределения; τ – текущее время работы оператора.

Согласно второму закону совмещенной оценки надежности и долговечности, продолжительность непрерывной работы оператора должна быть в x раз меньше времени форсированного режима (t_i – мажорантный срок).

Опуская все преобразования, получим результирующую формулу

$$t_{\text{опт}} = \frac{t_i}{x} \left(\frac{C_i}{C} \right)^2, \quad (3.13)$$

где $x = \frac{\lg q(\bar{C})}{\lg q(\underline{C})}$; $q(\bar{C})$ – вероятность ошибки оператора при работе в нормальных условиях ($\bar{C}_{ij} \leq 1$); $q(\underline{C})$ – вероятность ошибки оператора при работе в форсированном режиме ($\underline{C}_0 \geq S_{ij} > 1$); C_i, C – соответственно максимальная и средняя скорости переработки поступающей информации ($C_i = 30, C = 10$ бит/с).

Вероятность безошибочной работы оператора:

$$q(t) = 1 - \bar{P}_i, \quad (3.14)$$

$$q(t_1) = 1 - P_{ij}. \quad (3.15)$$

Предельное время форсированной работы оператора определяется многими параметрами: назначением системы, условиями работы и т.д. Предельное время работы можно определить исходя из медико-биологических требований. Пусть оно задано и $t_i = T$. Тогда

$$t_{\text{опт}} = \frac{9T \lg \frac{1,3 - \bar{P}_i (2,3 - s_{ij})}{1,3}}{\lg(1 - \bar{P}_i)}, \quad (3.16)$$

откуда

$$\lambda_{ij} = \frac{0,8 \lg(1 - \bar{p}_i)}{9T \lg \frac{1,3 - \bar{p}_i(2,3 - s_{ij})}{1,3}} \quad (3.17)$$

при $M(t_{\text{онт}}) = M_0 I^{-\lambda t_{\text{онт}}} = 1$.

Таким образом, λ_{ij} учитывает не только текущую напряженность при моделировании i -й операции, но и вероятность безошибочного ее выполнения:

$$M_{ij}(t) = M_0 \exp(-\lambda_{ij} \tau) \quad (3.18)$$

или

$$M_{ij}(t) = M_0 \exp \left[\frac{0,09 \lg(1 - p_i) \tau}{T \lg \frac{1,3 - p_i(2,3 - S_{ij})}{1,3}} \right]. \quad (3.19)$$

При $S_{ij} = 1$, т.е. при отсутствии напряженности,

$$M_{ij}(t) = M_0 \exp \left[-\frac{0,09 \tau}{T} \right]. \quad (3.20)$$

В этом случае предельный коэффициент временной напряженности меняется только в функции времени непрерывной работы оператора (τ). Если необходимо смоделировать «спокойный» режим работы оператора, в модель вводится $M_0 = 1$, т.е.

$$M_{ij}(t) = \exp \left[-\frac{0,09 \lg(1 - p_i) \tau}{T \lg \frac{1,3 - p_i(2,3 - S_{ij})}{1,3}} \right]. \quad (3.21)$$

Предложенный метод предусматривает возможность моделирования совмещенных действий и деятельности группы операторов.

Эргономистами разработаны методики, с помощью которых моделируются такие характеристики, как качество деятельности человека-оператора, квалификация и профессиональная деятельность операторов, их психологическая направленность (личностная, коллективистская, деловая), психическая напряженность (стресс), моральное состояние, спаянность коллектива и др.

3.3 Функциональная структура перцептивно-моторных действий

Для решения задач управления и оптимизации исполнительской деятельности, задач проектирования ее новых видов и форм необходимо провести анализ и выявить общие принципы развития и становления функцио-

нальной структуры перцептивно-моторных действий. Это необходимо для организации рационального обучения и тренировки, формирования совершенных навыков, организации режимов труда и отдыха, препятствующих утомлению.

Исполнительное и управляющее действия в эргономике – это приобретенное в результате обучения и повторения умение (навык) решать трудовую задачу, оперируя орудиями труда (ручной инструмент, органы управления и т.п.) с заданной точностью и скоростью. Обычно исполнительные действия входят в качестве компонента в более широкие структуры трудовой деятельности и обеспечивают ее эффективное выполнение наряду с такими компонентами, как познавательные (когнитивные), включая и принятие решения. В зависимости от вида трудовой деятельности удельный вес исполнительных действий может быть различным. Эти действия могут либо совершаться эпизодически, либо занимать все рабочее время. Таким образом, в структуре деятельности в целом они могут занимать место основной цели или выступать в качестве средства ее достижения, например, передачи команды, реализации принятого решения и др. В последнем случае исполнительные, моторные акты, как правило, просты и не требуют длительного обучения. В тех случаях, когда исполнительные действия составляют основное содержание деятельности (работа с ручным инструментом, работа станочника, работа оператора ЭВМ, работа в режиме слежения), требуется длительное формирование соответствующих умений и навыков, обеспечивающих своевременное и точное выполнение трудовой деятельности.

Для эргономического обеспечения указанных видов исполнительных действий ранее было достаточно традиционных представлений о моторном и сенсомоторном обучении, а также о двигательных навыках как об автоматизированных и в значительной степени стереотипных реакциях, возникающих при многократном повторении сенсомоторных актов. Формирование навыков описывалось в терминах стимулов и реакций, рефлексов, проб и ошибок. При повторении этих элементов, когда это повторение достигает успеха либо подкрепляется, прежде отдельные реакции заменяются комплексами, изолированные движения объединяются в целостные структуры – моторные формы.

На современном этапе подобный инженерный подход к проектированию работы подвергается критике по ряду оснований, т.к. следствиями предельной симплификации труда, сведения его к отдельным элементарным двигательным актам являются монотония и невысокий уровень удовлетворенности работой, что отрицательно сказывается на производительности труда.

Для более сложных видов трудовой деятельности такой подход исчерпал свои оптимизационные возможности. А сложность исполнительных действий настолько возрастает, что стандартные моторные формы не могут обеспечить ее эффективное выполнение.

Высокую психическую нагрузку вызывает необходимость осуществления исполнительных действий в условиях задержанной обратной связи о результативности выполненного действия. Появление целого ряда сравнительно новых видов деятельности, связанных с управлением, привело к тому, что в эргономике в качестве специального объекта исследования выделилась деятельность оператора-манипулятора. В этом виде деятельности главенствующую роль играют перцептивно-моторные координации и взаимодействия, но значительную роль играет также аппарат образного и понятийного мышления. Исполнительные действия оператора-манипулятора реализуются посредством регламентированных движений, требующих высокой не только пространственной, но и временной точности. Это означает, что с точки зрения эффективности их выполнения информативным показателем являются, наряду с конечным результатом действия (как в случае нажатия на кнопку, клавишу, тумблер), также текущие характеристики движений, определяющие динамику объекта управления.

Формирование образа ситуации, создание программы разумных действий, их точная и своевременная реализация, контроль за их эффективностью – это проблемы, которые возникли перед современной эргономикой, как и перед комплексом смежных с ней наук: биомеханикой, физиологией и психологией.

Как практические задачи, возникшие перед этими науками, так и логика их собственного развития обусловили разработку новых подходов к изучению исполнительных действий. В противовес атомарно-рефлекторным подходам, ориентированным на результат, исследователи разрабатывают структурный, целостный, деятельностный подход, ориентированный не только на усвоение, но и на построение движений, действий, моторных программ и схем.

Предложено большое число разнообразных вариантов теорий закрытого контура регулирования, описывающих сложные акты человеческого поведения и деятельности. Эти теории относятся к таким процессам, как дискретные и непрерывные двигательные процессы, перцептивно-моторные навыки, речевое поведение и т.д. Общие черты этих теорий состоят в том, что закрытый контур предполагает знание субъектом хода осуществления движения. Это знание получается посредством обратной связи от движения и направляется на управление движением. Закрытый контур основывается на контроле за информацией от элементов системы, подсчете и учете ошибок, указывающих на направление или степень отклонения выхода системы за пределы заданного, а также исправлении этих ошибок. Основная функция систем закрытого контура состоит в минимизации ошибок.

3.4 Модели деятельности оператора в системе «человек – машина»

При разработке моделей деятельности человека-оператора применяют различные операционно-логические методы, которые позволяют произвести анализ и синтез структур деятельности на основе языковых средств технической кибернетики, вероятностной логики и теорий: алгоритмов, вероятностей, информации, массового обслуживания и исследования операций, графов и матриц.

Теория автоматического управления (ТАУ) обладает большим арсеналом методов, которые позволяют анализировать и конструировать самые разнообразные системы управления. Многие из методов могут найти применение при синтезе и анализе в замкнутых системах управления, где регуляторно-контролирующие функции полностью или частично возложены на человека. Блок-схема такой системы для общего случая представлена на рисунке 3.1. Задача оператора заключается в том, чтобы на основе отображаемой информации оценить отклонение выхода системы $\bar{z}(t)$ от требуемого значения $\bar{y}(t)$ и посредством соответствующих управляющих воздействий $\bar{u}(t)$ уменьшить отклонение требований, определяемых как условием устойчивости, так и динамическими характеристиками внешних по отношению к человеку-оператору элементов эргатической системы $W_0(p)$. Задачи такого рода называются задачами слежения. Если человеку-оператору отображается только рассогласование $\bar{e}(t) = \bar{y}(t) - \bar{z}(t)$ и его функции заключаются в сведении $\bar{e}(t)$ к нулю, то задача определяется как компенсаторное слежение. Если человеку-оператору отображаются $\bar{y}(t)$ и $\bar{z}(t)$, задача определяется как преследующее слежение. Если оператору наряду с $\bar{y}(t)$ и $\bar{z}(t)$ отображается $\bar{y}(t)$, $t < \tau \leq t + T$, то задача определяется как слежение с предвидением.

В процессе обработки системы управления, показанной на рисунке 3.1, необходимо иметь математическое описание характеристик деятельности человека-оператора. То есть необходимо построить математическую модель деятельности оператора, которая совместима с экспериментальными данными, удобна для анализа и синтеза замкнутой системы управления и способствует решению отдельных вопросов проектирования деятельности человека в рассматриваемых системах. Характеристики деятельности существенно зависят от многих факторов, среди которых следует отметить параметры слежения, окружающие условия, уровень тренированности, мотивацию, степень усталости и т.д.

Наиболее часто при разработке моделей деятельности оператора в СЧМ применяются математические методы спектрального анализа и метод настройки параметров.

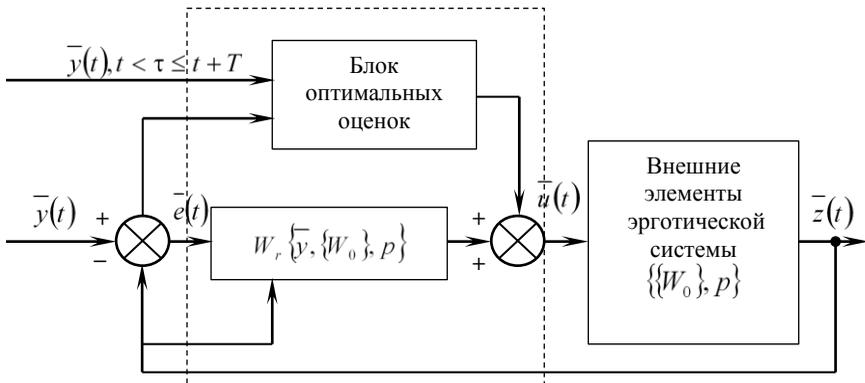


Рисунок 3.1 – Блок-схема контура слежения в общем случае

Метод спектрального анализа. В общем случае человек-оператор представляет нелинейный и нестационарный элемент системы управления. Однако для многих практических случаев его характеристики могут быть представлены квазилинейной моделью. Эта модель наиболее полезна при анализе задачи компенсаторного слежения. В ряде исследований было показано, что для тренированных операторов изменчивость в поведении, которая могла бы влиять на общую характеристику системы, мала. Часть управляющего воздействия может быть линейно соотнесена с отображаемой ошибкой и называется описывающей функцией. Оставшаяся часть линейно не коррелирует со входом и называется остатком (ремнантой).

Блок-схема контура компенсаторного слежения для случая квазилинейной модели показана на рисунке 3.2. С точки зрения ТАУ это система единственной обратной связи. Важными чертами таких систем являются единственный стимул [ошибка $\varepsilon(t)$] и случайный закон приложения воздействующих функций $y(t)$. С учетом этих ограничений схема на рисунке 3.2 представляет наиболее распространенную структуру реальных систем ручного управления. Описывающая функция $W_r(j\omega)$ функционально зависит от спектра входного сигнала S_v , передаточной функции объекта управления $W_0(j\omega)$, частоты ω и времени t . Основными переменными для этой задачи являются первые две из этих величин. Остальные факторы, такие как тренированность, мотивация, условия окружающей среды, относятся к зависимости от времени.

Описывающая функция $W_r(j\omega)$ может быть получена следующим образом. Выходная величина реальной деятельности оператора неизбежно отличается от идеального значения $u^0(t)$ на погрешность

$$\varepsilon(t) = u^0(t) - u(t). \quad (3.21)$$

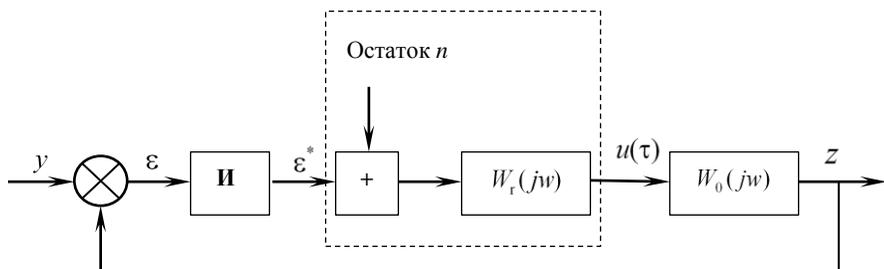


Рисунок 3.2 – Блок-схема контура компенсаторного слежения

Предполагается, что человек стремится минимизировать среднеквадратичное значение погрешности

$$\varepsilon^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T e^2(t) dt . \quad (3.22)$$

Необходимым и достаточным условием для того, чтобы функция минимизировала среднее значение от квадратов погрешностей $M\{\mathcal{E}(t)\}$, является

$$W_r(jw) = \frac{S_{yu}(w)}{S_{y\varepsilon}(w)} , \quad (3.23)$$

где $S_{yu}(w)$, $S_{y\varepsilon}(w)$ – соответственно взаимная спектральная плотность между $y(t)$ и $u(t)$, а также $y(t)$ и $\varepsilon(t)$.

Взаимная спектральная плотность между ошибкой и выходом

$$S_{\varepsilon u}(w) = W_r(jw) S_{\varepsilon}(w) , \quad (3.24)$$

где $S_{\varepsilon}(w)$ – спектральная плотность $\varepsilon(t)$.

Функция спектральной плотности характеризуется кривой, изображающей плотность распределения дисперсии по частотам непрерывного спектра. Спектральная плотность выражается через корреляционную функцию $k_x(t)$ с помощью преобразований Фурье

$$S_x(w) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} k_x(t) \cos t dt . \quad (3.25)$$

Если изобразить зависимость (3.23) графически, то аппроксимация полученной кривой будет являться математической моделью деятельности человека. Сложность модели зависит от той точности, с которой воспроизводятся характеристики человека-оператора.

Для многих практически важных случаев можно при аппроксимации ограничиться соотношением

$$W_r(j\omega) = \frac{K(T_L j\omega + 1)}{T_L j\omega + 1} \left\{ \frac{\varepsilon^{-j\omega t}}{T_N j\omega + 1} \right\}, \quad (3.26)$$

где K – коэффициент усиления человека; T_L , T_N – соответственно постоянные времени предупреждения и запаздывания, вводимые человеком.

Выражение, заключенное в фигурную скобку $\{*\}$, в формуле (3.26) аппроксимирует задержку во времени и транспортное запаздывание в нервно-мышечной системе. Оставшаяся часть зависимости (3.26) аппроксимирует способность человека приспосабливать свои характеристики в соответствии с требованиями решаемой задачи.

Передаточная функция объекта управления является важной переменной, так как она фактически определяет, какой должна быть передаточная функция оператора по крайней мере в области рабочих частот.

Метод настройки параметров. Созданный в теории адаптивных систем управления метод настройки параметров применяется при разработке математических моделей деятельности. В общей форме метод настройки параметров возможно сформулировать следующим образом: задана некоторая физическая система P и множество M потенциальных моделей. Путем выбора параметров требуется найти такую модель $m \in M$, выходная величина которой наиболее соответствует выходной величине P при одинаковой входной величине.

Физическую систему может представлять объект, управляемый человеком. Общая блок-схема метода настройки параметров для разработки математической модели деятельности показана на рисунке 3.3.

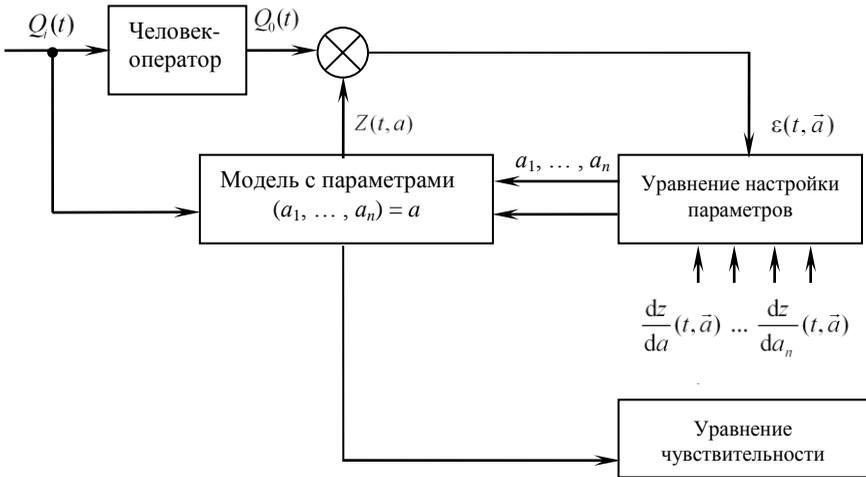


Рисунок 3.3 – Общая схема получения математической модели деятельности методом настройки параметров

На выход модели и человека-оператора поступает один и тот же сигнал. Выходные величины модели и системы управления сравниваются, образуя сигнал ошибки. Последний подается на вход механизма настройки параметров. Механизм настройки изменяет параметры модели так, чтобы свести к минимуму некоторый критерий, характеризующий качество модели. Таким образом, при использовании метода настройки параметров необходимо рассмотреть вопросы выбора: математической модели, функции критерия качества и методики для настройки параметров.

Вид математической модели должен выбираться в зависимости от задачи слежения. В частном случае однокоординатного компенсаторного слежения вполне достаточным оказывается представление математической модели уравнением 2-го порядка.

Функцию критерия качества обычно выбирают в виде среднеквадратичного рассогласования

$$I = \int_{t_0}^{t_0 T} \varepsilon^2 dt = \int_{t_0}^{t_0 T} [u(t) - u_m(t)]^2 dt . \quad (3.27)$$

Способ настройки параметров устанавливается на базе алгоритмов оптимизации и может быть осуществлен посредством таких процедур, как Гаусса-Зейделя, градиента, наискорейшего спуска. В ряде случаев настройка параметров в приемлемые сроки может быть выполнена вручную. Достоинство метода настройки параметров заключается в том, что при его использовании представляется возможным учесть в математическом описании нелинейность и изменение характеристик поведения человека во времени.

Структурно-алгоритмические модели деятельности. Использование структурно-алгоритмических моделей основывается на следующих положениях:

- моделируется деятельность операторов в эргатических системах, причем оператор интерпретируется как управляющая подсистема в системе управления;

- специфика деятельности определяется ее объектами управления, целями и условиями;

- допускается принципиальная алгоритмируемость деятельности и применяется ее алгоритмизация средствами алгоритмического языка;

- в динамике деятельность рассматривается как случайный процесс с конечным числом состояний, а в статике – как система элементов (состояний, операций), взаимосвязанных с определенными вероятностями, которая описывается специальными стохастическими матрицами и графами.

Пусть в терминах, используемых при алгоритмическом описании объекта управления, определены l задач и m режимов работы оператора, причем в силу некоторой энтропии ситуации решение i -й задачи в r -м режиме возможно n способами, так что j -й способ выбирается оператором, в зависимости от обстоятельств – либо из числа заученных в прошлом, либо бла-

годаря эвристической деятельности. То есть i -я задача в r -м режиме решается оператором по вероятностному алгоритму, каждая i -я реализация которого осуществляется с некоторой частотой f_{rij} , определенной на полной группе n несовместных реализаций, и представляет собой детерминированную последовательность конечного числа некоторых элементарных операций. Тогда, кодируя операции j -й реализации i -го алгоритма в некотором алфавите символов, можно построить ориентированный граф (орграф), вершины которого – символы операций, а дуги (стрелки) между вершинами обозначают «переходы» между операциями. Такому орграфу изоморфна матрица смежности; это квадратная матрица A_{rij} , число строк и столбцов которой на единицу больше количества различных операций j -й реализации, а элементы которой a_{pq} характеризуют частоту следования операции q непосредственно за операцией p . Например, последовательность X, Z, Y, Z, Y изображается орграфом и матрицей смежности, как показано на рисунке 3.4.

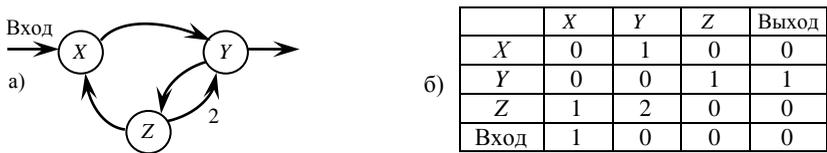


Рисунок 3.4 – Изображение реализации вероятностного алгоритма в виде орграфа (а) и матрицы смежности (б)

Пусть для i -й задачи в r -м режиме определены все n реализаций, т.е. заданы матрицы A_{rij} и частоты f_{rij} . Тогда они обобщаются в матрицу B_{rj} , описывающую вероятностный алгоритм решения j -й задачи в r -м режиме:

$$B_{rj} = \overset{n}{O} A_{rij} f_{rij} \cdot \quad (3.28)$$

Операция обобщения (знак $\overset{n}{O}$) осуществляется следующим образом:

- из строк матрицы A_{rij} выбираются все различные символы операций, которые образуют упорядоченные строки и столбцы основы матрицы B_{rj} ;
- в каждую a_{rij} добавляют строки и столбцы (с нулевыми элементами), символы которых входят в $B_{rj}^{(0)}$, но отсутствовали в A_{rij} ;
- дополненную таким образом A_{rij} перестановкой рядов приводят к одной и той же упорядоченной $B_{rj}^{(0)}$;
- поэлементно суммируются все A_{rij} в матрицу B_{rj} , предварительно

взвешивая их частотами f_{rij} . Например, пусть $i = 1, 2$; $f_{r11} = 1$; $f_{r12} = 2$ и матрицы A_{rij} есть

$$A_{r11} = \begin{matrix} X & Z \\ 0 & 1 \\ Z & 0 \end{matrix} \quad \text{и} \quad A_{r12} = \begin{matrix} Z & Y \\ 0 & 2 \\ Y & 0 \end{matrix}.$$

Тогда формируется $B_{rj}^{(0)}$ – основа матрицы B_{rj} – и дополняется до $B_{rj}^{(0)}$; в A_{r11} тогда, вписывая X и Z строку и столбец Y из A_{r12} , переставляя ряды Z и Y и приписывая в качестве первых строку и столбец X :

$$B_{rj} = \begin{matrix} X & Y & Z \\ X & 0 & 0 \\ Y & 0 & 0 \\ Z & 0 & 0 \end{matrix}, \quad A_{r11} = \begin{matrix} X & Y & Z \\ X & 0 & 0 \\ Y & 0 & 0 \\ Z & 0 & 0 \end{matrix}, \quad A_{r12} = \begin{matrix} X & Y & Z \\ X & 0 & 0 \\ Y & 0 & 0 \\ Z & 0 & 2 \end{matrix}.$$

Следовательно,

$$B_{rj} = A_{r11}f_{r11} + A_{r12}f_{r12} = A_{r11} + A_{r12} = \begin{matrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix} + \begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \end{matrix} = \begin{matrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \end{matrix}.$$

Обобщение можно выполнить и на графах, как показано на рисунке 3.5.

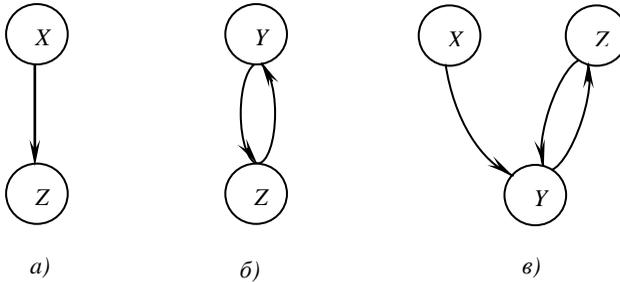


Рисунок 3.5 – Пример обобщения графов:

a – граф для матриц A_{r11} ; $б$ – граф для матриц A_{r12} ; $в$ – граф для матриц B_{rj} , обобщенной из a и $б$

Аналогично (3.28) получаются матрицы C_r для r -го режима работы

$$C_r = \bigoplus_{j=1}^l B_{rj} f_{rij}, \quad (3.29)$$

и матрица D для работы оператора при всех m режимах

$$D = \bigoplus_{\tau=1}^m C_r f_r = \bigoplus_{\tau=1}^m \left[\bigoplus_{i=1}^l \left(\bigoplus_{j=1}^n A_{rij} f_{rij} \right) f_{ri} \right] f_r, \quad (3.30)$$

где f_{ri} – частота появления i -й задачи в r -м режиме; f_r – частота r -го режима в деятельности оператора.

Таким образом, структурно-алгоритмическая модель деятельности оператора представляет собой совокупность матриц A_{rij} , B_{ri} и C_r или изоморфных им графов, которые могут быть обобщены в матрицу D либо в граф, описывающий деятельность в целом.

Операционно-логические модели. Метод алгоритмического описания опирается на положение, что всякое управление производится при помощи переработки информации, которая осуществляется по специальным правилам – алгоритмам. Понятие «алгоритм» определяется как совокупность элементарных актов переработки информации. В качестве элементарных составляющих алгоритма берутся оперативные единицы (элементарные действия). Они характеризуются законченностью в деятельности оператора. К числу их относятся: считывание показаний с табло, нажатие кнопок, осуществление вычислительных операций и др. По каждому виду деятельности операторов в СЧМ устанавливается состав и объем оперативных элементарных единиц (ОЭЕ).

Оперативные единицы могут быть двух видов:

1) логистические условия (образ, понятие, суждение) – являются информационными в процессе формирования или выбора условия;

2) «операторы» – операции человека, которые подразделяются на множество сенсорных (афферентных) и моторных (эфферентных) ОЭЕ.

Рабочий процесс деятельности рассматривается как совокупность элементарных оперативных единиц переработки управляющей информации. Для записи алгоритма применяется логическая схема алгоритма (ЛСА). Обозначения в ЛСА следующие: прописные латинские буквы обозначают «операторы»; строчные – логические условия, определяющие выбор того или иного «оператора»: от символа к символу указывается стрелка, показывающая направление работы алгоритма. Логическое условие имеет два исхода.

Пусть, например, имеется система управления, в которой оператор решает задачу, модель которой в ЛСА имеет вид

$$\overset{3}{\downarrow} K_1 K_2 q_1 \overset{1}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} S N q_2 \overset{2}{\uparrow} \overset{1}{\downarrow} L w \overset{3}{\uparrow},$$

где K_1, K_2, S, N, L – «операторы» деятельности; q_1, q_2 – логические условия деятельности, q_1, q_2 – равны либо 1, либо 0; w – логические условия, организующие управление, всегда $w = 0$.

На рисунок 3.6 изображены графы реализации алгоритма.

В зависимости от уровня анализа деятельности оператора применяются различные способы алгоритмического описания и его программная интерпретация (таблица 3.1).

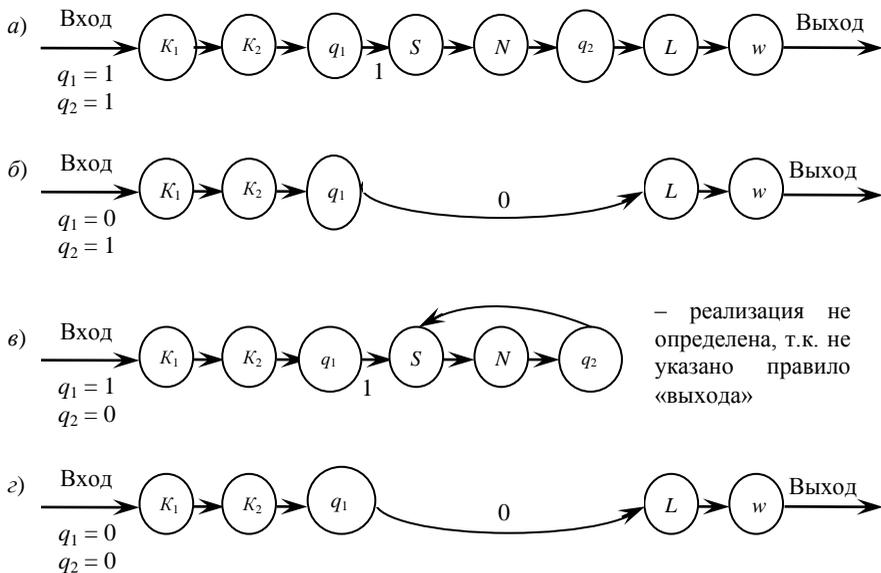


Рисунок 3.6 – Графы реализации алгоритма

Таблица 3.1 – Многоуровневое описание операторской деятельности

Вид деятельности	Алгоритмическое описание	Программная интерпретация
Элементарное действие	«Оператор» алгоритма	Микропрограмма
Деятельность по выполнению частной задачи	Последовательный алгоритм	Микропрограмма
Деятельность в частном режиме	Объединенный последовательный алгоритм	Подпрограмма
Индивидуальная деятельность	Объединенный последовательный алгоритм высшего уровня	Программа
Групповая деятельность	Переменно-последовательный алгоритм	Сетевая программа

Алгоритмическое описание деятельности человека-оператора предполагает ряд допущений, упрощающих реальную действительность: последовательный характер описания алгоритмов; детерминированность функций переходов; бинарность логических условий.

При модификации способов алгоритмического описания деятельности операторов осуществляются: учет вероятностного характера алгоритмической модели; отражение многозначности логических условий; разработка сетевых графиков, биологических графов – для описания параллельного выполнения отдельных действий оператора.

Операционно-логические модели различных уровней могут использоваться для психофизиологического анализа деятельности, составления должностных инструкций, разработки обучающих заданий и тренажеров при подготовке операторов. Кроме того, операционно-логические модели служат основой для разработки информационных моделей. С этой целью они преобразуются в предметно-функциональную форму.

Рассмотрим построение предметно-функциональной модели из операционно-логической на уровне алгоритма рассмотренной выше задачи (см. рисунок 3.6). Для операций K_1 и L средства получения команд и докладов можно объединить в селекторе (C). Пусть состояние исправности объекта сигнализируется индикатором I_1 , операция N – индикатором I_2 , а операция S изменяется органом управления ОУ. Тогда логическое условие q_1 определяется индикатором I_1 , а логическое условие q_2 – в виде мнемоники (M) – списка значений операций S (или показаний индикатора I_2), соответствующих требуемым уровням операции N (или положениям ОУ). Графы предметно-функциональной модели показаны на рисунке 3.7.

Для предметно-функциональной модели возможны различные реализации, структуры которых зависят от многих обстоятельств. В частности, существенными являются психофизиологические свойства и состояния оператора. Множества таких состояний счетны, но перечислять соответствующие им реализации затруднительно, так как образуется большое количество исходов с различными графами. Поэтому теоретически и практически важной задачей является установление меры детализировки реализаций в зависимости от числа психофизиологических переменных, которые необходимо учитывать на этапе проектирования информационной модели.

3.5 Характеристики трудового процесса деятельности оператора

Анализ схем алгоритмов позволяет получить некоторые количественные характеристики трудового процесса: показатель стереотипности; показатель логической сложности; скорость переработки информации; динамическую интенсивность.

Показатель стереотипности оценивается по наличию в алгоритме непрерывных последовательностей без логических условий:

$$Z = \sum_{n=1}^k P_n X_n, \quad (3.31)$$

где X_n – число последовательных элементов в группе без логических условий по 1, 2, ..., k членов; P_n – вероятность появления таких групп.

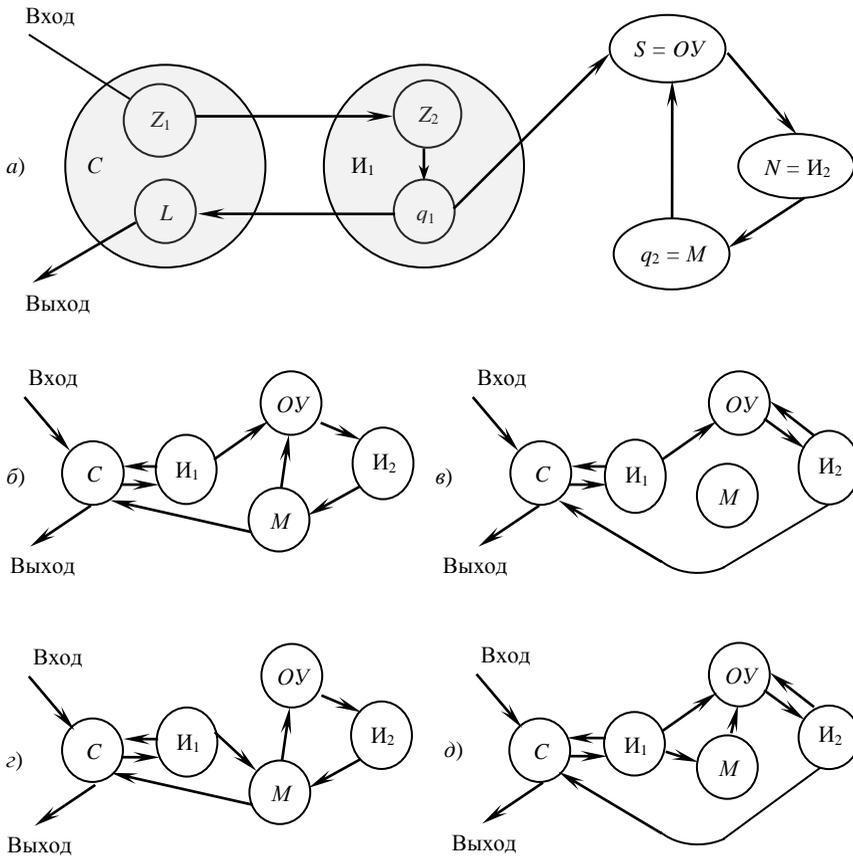


Рисунок 3.7 – Построение предметно-функциональной модели:
 а – преобразование оперативно-логической модели;
 б, в, з, д – реализации модели

Показатель стереотипности достигает максимального значения, равного k , когда в алгоритме нет логических условий, т.е. последовательность действий оператора детерминирована. Минимальное значение $Z = 1$, если после каждого оператора следует логическое условие.

Показатель логической сложности

$$L = \sum_{n=1}^m P_n X_n, \tag{3.32}$$

где X_n – число проверяемых логических условий в группе из 1, 2, ..., m таких условий; P_n – вероятность появления таких групп в алгоритме.

Возможные пределы изменения $0 < L < m$.

Средняя скорость переработки информации

$$S = \frac{\sum_{i=1}^x H_{io} + \sum_{i=1}^r H_{il}}{T_a}, \quad (3.33)$$

где H_{io} – энтропия i -го «оператора»; H_{il} – энтропия логического условия; x, r – число «операторов» и логических условий в алгоритме; T_a – время выполнения алгоритма.

Напряженность (динамическая интенсивность) выполнения алгоритма определяется числом элементарных единиц, выполняемых в единицу времени

$$V_a = \frac{x+r}{T_a}. \quad (3.34)$$

Общая сложность выполнения алгоритма человеком-оператором, учитывающая все стороны выполнения алгоритма,

$$S_a = \frac{V_a SZ}{L}. \quad (3.35)$$

Показатели используются для сравнительной оценки однотипных видов деятельности и оценки СЧМ.

4 ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

4.1 Классификация и структура эргономических разработок

Для оценки частного экономического эффекта, получаемого при внедрении системы эргономического обеспечения разработки и эксплуатации (СОЭРЭ) СЧМ (подсистемы СОЭРЭ, группы эргономических разработок, отдельной эргономической разработки), могут быть использованы различные частные показатели. Их перечень зависит от характера внедряемой эргономической разработки (ЭР), типа создаваемых ими источников экономии, сложности и назначения рассматриваемой СЧМ, конкретных целей и задач проводимой оценки технико-экономической эффективности эргономического обеспечения СЧМ.

Перечень возможных эргономических разработок, составляющих СОЭРЭ, может включать десятки и даже сотни наименований, что требует их группировки по определенным признакам, иначе структура системы частных показателей получится громоздкой и непригодной для практического использования.

Классификационная структура эргономических разработок зависит от того, какой их классификационный признак принят за основу. Каждый признак определяется содержанием, назначением или другой особенностью. Так как эргономические разработки являются реализацией соответствующих эргономических требований (ЭТ), то и классификационную структуру ЭР целесообразно соотнести с классификационной структурой ЭТ.

Среди известных классификационных признаков ЭТ главным является предметно-функциональный. Это признак, классифицирующий эргономические требования по объектам их предъявления с учетом функционального назначения и взаимодействия объектов. Градация ЭТ в соответствии с этим признаком осуществляется исходя из того, что наибольшее влияние на качество деятельности человека-оператора СЧМ оказывают: организация СЧМ в целом, организация процесса деятельности, технические средства деятельности, условия деятельности (обитаемость), эргономические свойства человека-оператора. Используются и другие, дополнительные классификационные признаки эргономических требований.

1 Классификация ЭР по определяющим их свойствам человека-оператора:

– антропометрические – задаются главным образом к техническим средствам деятельности человека-оператора для обеспечения его физиологически рациональной позы в процессе выполнения своих функций;

– физиологические – для обеспечения соответствия характеристики технических средств СЧМ физиологическим свойствам человека;

– психофизиологические – для обеспечения условий нормально-го функционирования органов чувств оператора;

– психологические – для обеспечения соответствия технических средств СЧМ психологическим особенностям оператора, т.е. особенности навыков и другие;

– гигиенические – для обеспечения гигиенических условий деятельности оператора (требования к микроклимату, уровням освещенности, вибрации, акустических шумов и т.д.).

Градация ЭР по определяющим их свойствам человека-оператора не имеет жестких границ. Это объясняется наличием существенных взаимодействий между эргономическими свойствами человека. Поэтому некоторые ЭР могут быть отнесены к нескольким группам требований.

2 Классификация ЭР по последовательности их обоснования и реализации, т.е. учитывающая сроки и очередность обоснования реализации

различных эргономических требований, с привязкой к этапам разработки и эксплуатации СЧМ. По этому признаку выделяются ЭР четырех уровней (групп):

I – разрабатываются и задаются, как правило, на начальных стадиях проектирования СЧМ определенного класса. Эти ЭР относятся к разряду общих эргономических требований (ОЭТ), так как направлены на решение наиболее общих вопросов эргономического обеспечения создания и эксплуатации СЧМ, таких, как обоснование численности операторов и их квалификации. Общие эргономические требования рассматриваются на уровне исходных данных для разработки и обоснования ЭР более низких уровней, поэтому не могут рассматриваться в СОЭРЭ конкретной СЧМ;

II – задаются на этапах разработки технического предложения и формирования ТЗ на проектирование конкретной СЧМ в целом. Обычно они включают требования к численности и квалификации операторов, распределению функций между ними и техникой, производственным помещениям и условиям внешней среды в них, уровням эргономических свойств СЧМ (эргономичности, управляемости, обслуживаемости, осваиваемости и используемости), уровню стандартизации и унификации средств деятельности;

III – разрабатываются и задаются к самостоятельно эксплуатируемым (используемым) частям (подсистемам) СЧМ. Формирование этих ЭР производится на основании ЭР второго уровня, разработанных применительно к системе в целом. Сюда включаются требования к алгоритмам деятельности операторов, информационным моделям, рабочим местам, эксплуатационной документации, режимам труда и отдыха операторов;

IV – разрабатываются и задаются к отдельным конструктивно-функциональным узлам взаимодействия оператора с машиной, самостоятельно используемой части (подсистемы) СЧМ. Эти ЭР разрабатываются в ходе эскизного (технического) проектирования СЧМ и включают требования к элементам рабочего места, документации на рабочем месте, инструменту, снаряжению и др.

3 Классификация ЭР по форме их задания, предусматривающая деление всех ЭТ на общие и частные. Общие ЭТ, оформляемые, как правило, в виде ГОСТов, ОСТов и других нормативных документов, разрабатываются для группы СЧМ (или ее элементов), а также для нескольких видов деятельности. При этом принимаются за основу возможности человека в выполнении типовых операций с учетом допустимых уровней физических и химических факторов внешней среды, напряженности деятельности и т.п.

Частные ЭТ, включаемые в состав ТЗ к СЧМ, разрабатываются к конкретному виду деятельности или к конкретной СЧМ, исходя из назначения системы, условий ее использования и установленных ограничений по стоимости, эффективности, срокам ввода, требуемого качества деятельности.

Все эргономические разработки, составляющие СЭОРЭ СЧМ, делятся на шесть групп, каждая из которых включает несколько подгрупп (табли-

ца 4.1). На базе классификационной структуры можно построить граф процесса разработки и реализации эргономических требований к конкретной СЧМ.

Таблица 4.1 – Классификация СЭОРЭ СЧМ

Группа	Подгруппа
1 Организация СЧМ	1.1 Распределение функций между операторами и машиной, а также между операторами 1.2 Определение требуемой численности и квалификации управленческого и обслуживающего персонала СЧМ
2 Организация трудовой деятельности оператора СЧМ	2.1 Алгоритм деятельности операторов СЧМ 2.2 Структура деятельности операторов СЧМ 2.3 Информационные модели 2.4 Методы и организация обучения и тренировки управленческого и обслуживающего персонала СЧМ 2.5 Организация психофизиологического отбора операторов СЧМ 2.6 Специальная и эксплуатационная документация
3 Технические средства деятельности операторов СЧМ	3.1 Элементы рабочего места оператора 3.2 Конструкция рабочего места 3.3 Взаимное расположение рабочего места и органов управления, средств отображения информации 3.4 Инструменты на рабочем месте 3.5 Документация на рабочем месте 3.6 Средства связи и другое оборудование на рабочем месте 3.7 Аппаратура обучения и тренировки
4 Условия деятельности (обитаемость)	4.1 Функциональные помещения 4.2 Физические, химические и биологические факторы внешней среды 4.3 Безопасные условия труда операторов СЧМ
5 Эргономические свойства операторов	5.1 Контроль за состоянием операторов СЧМ 5.2 Совершенствование психофизиологических характеристик операторов СЧМ
6 Повышение эффективности трудовой деятельности работников, занятых производством технических средств СЧМ	6.1 Повышение эргономичности предметов труда 6.2 Совершенствование организации труда работников сферы производства 6.3 Совершенствование условия труда работников (санитарно-гигиенические, психофизиологические, эстетические, социально-психологические)

4.2 Этапы проектирования СЧМ и регламентирующие документы

Система «человек – машина» проходит три этапа: проектирование; производство; эксплуатацию. Стандартными являются следующие **стадии проектирования СЧМ**: техническое задание; технический проект; рабочий проект; внедрение.

Стадия «Техническое задание» включает в себя:

- изучение и анализ объекта автоматизации с целью выявления основных направлений совершенствования методов управления и их автоматизации;
- разработку технических предложений, определяющих целесообразность и порядок проведения дальнейших работ;
- разработку, согласование и утверждение технического задания, являющегося основным документом и устанавливающим требования к проектируемой системе, порядок ее разработки и внедрения;
- разработку эскизного проекта, содержащего принципиальные конструктивно-технические решения и дающего конкретное представление о системе, принципах ее работы и будущих характеристиках.

Техническое проектирование осуществляется на основании утвержденного технического задания на разработку системы. Цель технического проектирования – определение основных технических решений, дающих полное представление о создаваемой системе и позволяющих оценить ее соответствие требованиям технического задания. В отличие от эскизного проектирования, где рассматриваются несколько вариантов, в техническом проекте определяются единственные решения основных вопросов. Стадия заканчивается выпуском, рассмотрением и утверждением технического проекта заказчиком.

Цель рабочего проектирования – уточнение, детализация и частичная практическая реализация основных решений по созданию системы, принятой на стадии технического проектирования. На этой стадии выпускается вся рабочая документация, по которой реализуется система, проводятся ее отладка, испытания и передача в эксплуатацию. Разрабатываются рабочие программы и инструкции по их использованию, инструкции по эксплуатации технических средств, должностные инструкции персоналу.

Заключительная стадия – внедрение. Основные цели работ, выполняемых на этой стадии: экспериментальная проверка решений в условиях опытной эксплуатации; оценка наиболее важных характеристик системы; получение персоналом системы практических навыков ее использования; передача системы заказчику в опытную эксплуатацию. Стадия внедрения включает в себя следующие этапы: ввод системы в опытную эксплуатацию; опытная эксплуатация системы заказчиком; ввод системы в промышленную эксплуатацию.

Рассматривая процедуру проектирования с точки зрения внутреннего содержания выполняемых работ, выделяются следующие этапы:

- общесистемного или системного проектирования (макропроектирование);
- технического проектирования (микропроектирование).

Этап *макропроектирования* (внешнего проектирования) СЧМ начинается с оценки и прогноза состояния внешней среды. Под внешней средой понимается совокупность управляемых объектов и объектов обслуживания, под состоянием этой среды – динамические характеристики совокупности управляемых объектов и объектов обслуживания или управляемого процесса. Производится прогнозирование изменений внешней среды на период развития и жизненного цикла. Далее переходят к формулированию целей создания системы и одновременно с этим выбирают и обосновывают критерии эффективности и ограничения.

На основе полученной информации разрабатывается общая математическая модель управления и частные математические модели управления конкретными объектами. Частные математические модели являются основой для построения концептуальной модели, содержанием которой является перечень функций, выполняемых системой, и ее структура. Таким образом, на этой концептуальной части этапа определяются функции, выполняемые системой, и разрабатывается ее общая структурная схема.

Концептуальное проектирование является основой логического проектирования, которое устанавливает: перечень задач, реализующих функции управления; граф информационно-логической взаимосвязи между задачами; совокупность алгоритмов, реализующих данные задачи; временные оценки реализации алгоритмов.

Далее следует физическое проектирование, которое, исходя из результатов логического проектирования, позволяет получить: логическую структуру и физическую организацию информационной базы; логические схемы алгоритмов и физическую организацию программной системы, расписание движения информации во внешнем и внутреннем частях системы.

Человек должен рассматриваться как одно из звеньев СЧМ, и при создании СЧМ необходимо учитывать не только работу технических устройств, но и особенности деятельности оператора. Исходя из этого проектирование при комплексном подходе включает, кроме технического, такие составные части: художественное (дизайн), инженерно-психологическое, эргономическое проектирование.

Художественное проектирование – обеспечение потребительских свойств (красота, привлекательность) с целью обеспечения эмоционально-мотивационной сферы. Проектирование собственно системы взаимодействия человека с техническими средствами включают в себя все описанные выше традиционные этапы, но имеют некоторые отличия. Оно начинается сразу после определения функций автоматизированной систе-

мы. Все это множество функций необходимо распределить между человеком и техническими средствами.

Далее переходят к этапу инженерно-психологического проектирования (ИПП), на котором вырабатываются требования, предъявляемые к техническим устройствам интерфейса взаимодействия с учетом психологических свойств человека. В ИПП входит решение следующих задач:

– *анализ характеристик управления* – анализ статических и динамических характеристик, расчет информационных потоков, описание функций системы;

– *распределение функций между оператором и машиной* – анализ возможности оператора и техники, определение критерия эффективности системы и определение ограничивающих условий, оптимизация критериев эффективности.

– *распределение функций между операторами* – выбор структуры группы, определение числа рабочих мест и задач на рабочем месте, организация связи между операторами;

– *проектирование деятельности оператора* – определение структуры и алгоритма деятельности, а также требований к характеристикам оператора и к их обученности, определение допустимых норм деятельности;

– *проектирование технических средств деятельности оператора* – синтез информационных моделей, конструкция ОУ, общая компоновка рабочих мест;

– *оценка СЧМ* – оценка РМ и условий деятельности, а также характеристик деятельности оператора и эффективности системы.

На этапе эргономического проектирования выполняются разработки, классификация которых приведена в таблице 4.1. В результате вырабатывается структурная схема интерфейса взаимодействия.

После этого разрабатывается техническое задание на все обеспечивающие подсистемы как всей системы, так и системы взаимодействия. Техническое задание может быть и общим. По утвержденному техническому заданию с привлечением соответствующих специалистов осуществляется проектирование. На рисунке 4.1 показаны основные этапы проектирования и взаимодействия специалистов различных профилей.

Процесс проектирования носит циклический характер, т.к. задания решаются на различных стадиях проектирования. В математической постановке основная задача эргономического проектирования связана с оптимизацией целевого функционала

$$E = f(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_n; z_1, z_2, \dots, z_n)$$

при $x_i < x_{i\text{доп}}$; $y_i < y_{i\text{доп}}$; $z_i < z_{i\text{доп}}$,

где E – показатель эффективности СЧМ; x_i, y_i, z_i – частные показатели СЧМ, машины и оператора.

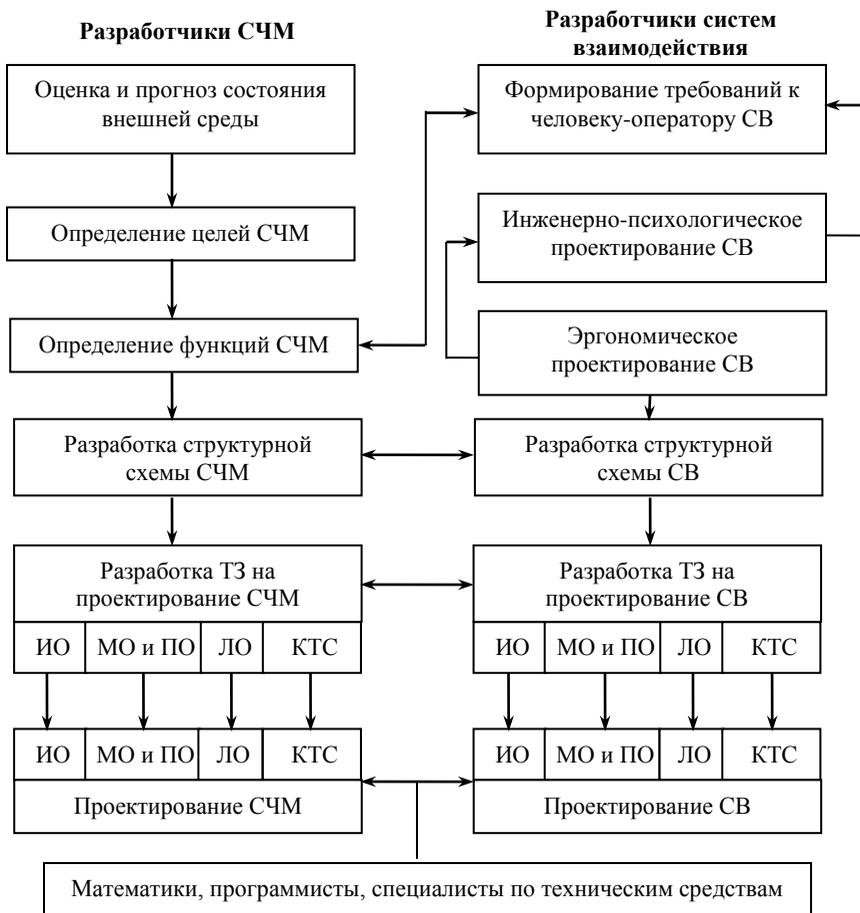


Рисунок 4.1 – Основные этапы проектирования и взаимодействия специалистов:
 КТС – комплекс технических средств, ИО, МО, ПО, ЛО – информационное, математическое, программное и лингвистическое обеспечение соответственно

5 ЭРГАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Организация пункта управления

Пункт управления – комплекс помещений для работы оператора (группы операторов) и размещения оборудования, с помощью которого он (они) выполняет свои функции.

Пункт управления состоит из нескольких зон (или залов):

- непосредственной работы оператора по управлению технологическим процессом (*операторский зал – ОЗ*);
- размещения оборудования (*аппаратурный зал – АЗ*).

Вспомогательные помещения ОЗ и АЗ могут иметь различное взаимное расположение, в том числе объединяться. В системах оперативного управления объединение ОЗ и АЗ недопустимо, т.к. характер работы является психофизиологически напряженным. Для оптимизации такой напряженной деятельности создаются в ОЗ рабочие зоны и зоны отдыха.

Наиболее важным вопросом в организации пункта управления является оптимизация взаимного расположения рабочих мест (РМ) и коллективных СОИ. Оно регламентируется стандартом и должно обеспечивать:

- функциональные связи между операторами;
- максимальный обзор информационного поля табло коллективного пользования;
- свободное пространство для перемещения операторов и эксплуатации оборудования.

Рабочие места в ОЗ необходимо располагать в зоне наилучшего видения информационного поля. Граница видения одного знака в информационном поле

$$S = L \cos \alpha, \quad (5.1)$$

где L – наибольшее расстояние различимости знака с погрешностью не более 1 %; α – угол наблюдения (рисунок 5.1).

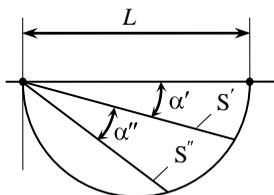


Рисунок 5.1 – Построение зоны наилучшего видения одного знака

Величина L зависит от разрешающей способности СОИ, сложности конфигурации знака, условий восприятия (освещенности, яркости, контраста). Граница зоны наилучшего видения для информационного поля в целом

находится на пересечении зон наилучшего видения отдельных знаков, расположенных на границах информационного поля коллективного СОИ (рисунок 5.2).

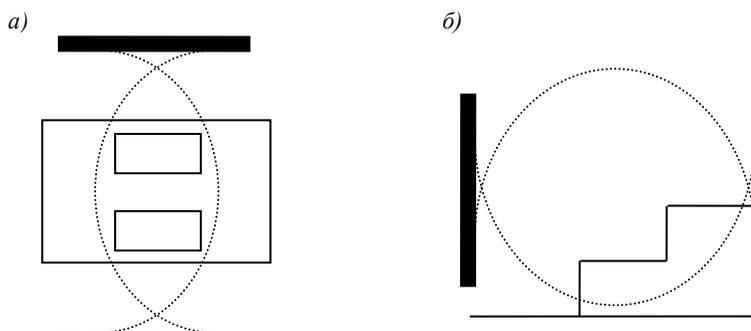


Рисунок 5.2 – Построение зоны наилучшего видения для залов и кабин коллективными СОИ:

а – вид в плане; *б* – вид в вертикальной, боковой плоскости

При проектировании информационного поля табло коллективного пользования допускается повороты головы в горизонтальной плоскости до 45° и в вертикальной – до 30° .

Необходимо учитывать влияние цвета, освещенности, шума на психофизиологическое состояние операторов. Для этого должны выполняться определенные эргономические требования. Например, окраска дальней стены в зеленый, синий и голубой цвета создает иллюзию отдаления стены, а окраска в красный, оранжевый, желтый – приближения. Теплые цвета надо использовать в зоне холодного климата и наоборот.

Рабочая среда оказывает существенное влияние на функциональное состояние и работоспособность оператора (в первую очередь на показатели надежности, быстродействия и точности его работы).

Основными факторами рабочей среды являются:

- *физические* – температура поверхности оборудования; температура, влажность и подвижность воздуха; уровень шума, вибрации; освещенность (естественная и искусственная пульсация светового потока); уровень радиации (ультрафиолетовой и инфракрасной);

- *химические* – по способу воздействия – общетоксичные, раздражающие, аллергенные; по способу проникновения – через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожный покров;

- *биологические* – биологические объекты, воздействия которых на работающих вызывает травмы или заболевания – микроорганизмы (бактерии, вирусы и т.п.); макроорганизмы (растения и животные);

– *психофизиологические* – физические перегрузки (статические, динамические); гиподинамия; нервно-психологические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

При проектировании рабочего места факторы рабочей среды нормируются. В информационной СЧМ предусматриваются четыре уровня:

– *комфортная среда* – оптимальная динамика работоспособности человека, хорошее здоровье, самочувствие;

– *относительно дискомфортная среда* – в определенный период поддерживается заданная работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;

– *экстремальная рабочая среда* – приводит к снижению работоспособности человека-оператора и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но ведущие к патологическим последствиям;

– *сверхэкстремальная рабочая среда* – под ее влиянием в организме происходят патологические изменения или создается невозможность выполнения работы.

Для определения уровня рабочей среды в операторских залах наиболее часто используются физические факторы окружающей среды: параметры воздуха рабочей среды, освещенность, шум, вибрация.

Воздух рабочей среды определяется микроклиматом и содержанием вредных веществ, микроклимат – температурой воздуха, влажностью и подвижностью воздуха (таблица 5.1). Оптимальная зона изменения температуры составляет 17,2 ... 21,7 °С. Установлено, что отклонение температуры на один градус от оптимального уровня снижает работоспособность оператора на 1 %. Поддержание необходимой температуры может обеспечиваться с помощью кондиционера или динамического климата (за счет перепада температур на разных уровнях рабочей среды, но не более 5 °С). При этом длительное использование кондиционера приводит к уменьшению отрицательно заряженных ионов. Для устранения этого недостатка может применяться ионизатор воздуха. Характеристики микроклимата рабочей среды определяются стандартами.

Освещенность на рабочем месте должна обеспечивать:

– оптимальные функциональные характеристики зрения;

– оптимальное физиологическое воздействие света на организм человека;

– комфортность и эстетичность рабочей среды.

На рабочем месте рассматривают три вида освещения: естественное, искусственное и смешанное. Уровень естественного освещения через боковые проемы (окна), фонари (верхнее освещение) определяется коэффициентом естественной освещенности

$$e = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (5.2)$$

где $E_{\text{в}}$, $E_{\text{н}}$ – интенсивность освещения соответственно внутри помещения и наружного.

Таблица 5.1 – Характеристика микроклимата рабочей среды

Сезон года		Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/с
Холодный	Осень, зима, весна, ниже +10 °С	I	20–23	40–60	0,2
		II	18–20	40–60	0,2
		III	17–19	40–60	0,3
		IV	16–18	40–60	0,3
Теплый	Лето, более +10 °С	I	22–25	40–60	0,2
		II	21–23	40–60	0,3
		III	20–22	40–60	0,4
		IV	18–21	40–60	0,5

Искусственное освещение подразделяется на три вида:

- общее, которое может быть равномерным при работе большого числа операторов в одном зале и локализованным при наличии затемняющего оборудования;

- местное – для освещения индивидуальных рабочих мест;

- комбинированное – при выполнении операторами в зале различных работ.

Освещенность рабочего места зависит от высоты источников света. Оптимальным считается угол более 30°, образуемый линией горизонтальной оси зрения на СОИ и линией, соединяющей зрительный анализатор и источник света. Если этот угол составляет 25–35°, то эффективность зрения снижается на 50–70 %, а при угле в 10° – на 80 % и возникают болевые ощущения.

Важным фактором обеспечения комфортности рабочего места является оптимизация его цветового решения. С эргономической точки зрения цветовое решение прежде всего должно обеспечивать ориентацию в производственной обстановке – психофизиологический комфорт работы оператора. Эти требования обеспечиваются *применением следующих решений*:

- в поле зрения оператора на пульте управления используются цвета средней частоты спектра (по длине волны), средней насыщенности и с коэффициентом отражения 30–60 %;

- различимость объектов обеспечивается за счет контрастных фонов;

- травмоопасные элементы выделяют сигнальными цветами;

- оборудование вне рабочего стола должно быть мало населено цветами;

- цвета помещения операторского зала должны оказывать тонизирующее и регулирующее воздействие;

- для поверхностей интерьера помещения устанавливаются значения коэффициента отражения: для потолка – 60–90, стен – 40–90, пола – 20–40 % отражения падающего света.

5.2 Факторы рабочей среды на рабочем месте

Основным фактором, вызывающим утомление, является **интегральная экстенсивностная напряженность деятельности (нагрузка)**. Помимо абсолютной величины нагрузки на степени развития утомления сказывается еще ряд факторов, среди которых необходимо выделить:

- статический или динамический характер нагрузки;
- интенсивность нагрузки, т.е. ее распределение во времени;
- постоянный или ритмический характер нагрузки.

Статическая физическая нагрузка при прочих равных условиях ведет к большему развитию утомления, чем динамическая, причем субъективное ощущение усталости в этом случае выражено особенно отчетливо.

Время наступления утомления и его выраженность зависят от степени интенсивности нагрузки следующим образом: при увеличении интенсивности нагрузки утомление наступает раньше, при уменьшении интенсивности нагрузки время наступления утомления не изменяется (в последнем случае производительность труда значительно снижается, что невыгодно). Существует определенная оптимальная интенсивность нагрузки, при которой утомление развивается медленнее всего.

Помимо величины нагрузки существует ряд *дополнительных или способствующих развитию утомления факторов*. Сами по себе они не ведут к развитию утомления, однако, сочетаясь с действием основного фактора, способствуют более раннему и выраженному наступлению утомления. Эти факторы можно разбить на три больших группы: микроклимат; использование техники; нарушение режима труда и отдыха.

К первой группе относятся: пониженное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе, повышенное содержание углекислого газа, высокая температура среды, повышенная влажность, изменение барометрического давления и т.п.

Наибольшим разнообразием характеризуется вторая группа. Среди причин, входящих в эту группу, следует назвать изменение состава воздуха – загрязненность его различными газами (например, продуктами неполного сгорания топлива и др.); действие механических сил, ведущих к вибрации, тряске, ускорениям; воздействие электромагнитных колебаний, шумов и ультразвука; изменение освещенности; неудобство рабочей позы и многое другое.

К третьей группе относятся факторы, связанные в основном с нарушением режима труда и отдыха: недостаточность времени для восстановления сил после утомления, неправильное использование перерывов между работой, некачественное планирование работы и отдыха.

На развитие утомления сильно влияют эмоциональные факторы, выраженность и время наступления утомления человека, его общее и специальное физическое развитие и т.п.

Среди видов утомления следует специально указать на один специфический вид, возникающий при отсутствии деятельности. Оно довольно часто встречается в современном производстве у специалистов, деятельность которых связана с приемом нерегулярно и неожиданно поступающей информации, т.е. работающих в режиме ожидания. Этот вид утомления занимает промежуточное место между общим и умственным утомлением. Чувство усталости у этих специалистов частично обусловлено статической рабочей позой, хотя в основном определяется развитием сенсорной напряженности.

Изложенное выше позволяет считать, что описанные фазы определяются сочетанием физических и информационных характеристик работы. Но существует еще одна специфическая форма изменения функционального состояния оператора, в меньшей степени связанная с физическими характеристиками. Это в основном реакция организма оператора на информационную структуру системы. Такая форма измененного функционального состояния называется **специфической напряженностью**.

Динамика работоспособности, динамика утомления являются неспецифическими проявлениями организма, общей реакцией на интенсивность и экстенсивность рабочей деятельности, в то время как состояние специфической напряженности зависит от структуры и содержания потока информации в СЧМ.

В связи с этим основным критерием оценки специфической напряженности, точнее, оценки характера реакции организма на информационную структуру производственного процесса является критерий адекватности, который подразумевает нахождение оператора в двух состояниях – адекватной мобилизации и динамического рассогласования.

Состояние адекватной мобилизации – это такое состояние оператора, которое является оптимальным или близким к оптимальному для данных условий работы человека, включенного в конкретную систему управления. Симптоматика и выраженность этого состояния зависят прежде всего от объема информации, ее плотности и экстенсивности, от семантической значимости информации, характера кодирования, наличия шума, требуемых программ реализации принятой информации и особенностей управляемой системы. Чем больше требуемое состояние отличается от состояния оперативного покоя, тем больше выражена активная мобилизация.

Характерной чертой адекватной мобилизации является ее линейность, т.е. наличие прямой зависимости от субъективной трудности выполняемой работы. Первым шагом диагностики, или прогнозирования этого состояния является количественный анализ информационной модели рабочего процесса для выяснения, какой элемент этой деятельности в первую очередь определяет степень адекватной мобилизации. В большинстве случаев оперативной точкой для суждения служит положение найденных характеристик на шкале предельных возможностей человека.

Выявление ведущего элемента деятельности решает вопрос о том, какое свойство или свойства оператора определяют его выполнение, а состояние соответствующих функций и будет, в первую очередь характеризовать степень адекватной мобилизации. Однако помимо этого изменяется и состояние связанных с ведущей функцией систем неспецифического обеспечения и регулирующих нервных образований. Поскольку состояние этих систем не отвлекает оператора от выполнения основных обязанностей, а сами показатели довольно тесно коррелируют с уровнем работы основной системы, то о степени напряженности судят именно по состоянию этих систем.

Состояние адекватной мобилизации характеризуется минимальным числом ошибок в работе и выбором оптимального алгоритма деятельности.

Может возникнуть предположение: поскольку внешние признаки стадии адекватной мобилизации очень близки к той стадии работоспособности, которая была описана как фаза компенсации, то возможно такое разделение является искусственным. Эти состояния во многом сходны, однако два существенных обстоятельства позволяют их разделить. Во-первых, это связь состояния адекватной мобилизации только с информационной структурой работы: при увеличении трудности работы выраженность стадии увеличивается, при уменьшении ослабевает; фаза компенсации более устойчива и мало меняется при временных колебаниях интенсивности работы. Во-вторых, она не связана со временем работы и может быть одинаково выражена как в начале, так и в ее конце.

В тех случаях, когда предъявляемые к организму требования находятся на пределе его физиологических возможностей или превышают их, наблюдается переход состояния адекватной мобилизации в состояние динамического рассогласования. Однако динамическое рассогласование может возникнуть при небольшой информационной нагрузке, когда имеются различного рода эмоциональные сдвиги, особенно связанные с малым навыком в работе. При динамическом рассогласовании нарушается основная закономерность предыдущей стадии – уровень работы по восприятию информации не соответствует ожидаемому физиологическому состоянию. О таком состоянии свидетельствуют большие сдвиги вегетативных реакций, появление дополнительных реакций, в частности потоотделения, расширение сосудов кожи, нарушение мышечного баланса и др. Это состояние чрезвычайно важно для оценки работы специалиста, поскольку оно сопровождается выраженными нарушениями работоспособности и появлением большого числа ошибок, лишними действиями, увеличением времени работы, вплоть до отказа от работы или ее прекращения.

Обобщенный характер динамического рассогласования приводит к тому, что ошибки и неправильные действия наблюдаются даже тогда, когда оператор должен выполнять требуемые по ходу работы несложные для него действия, в ином состоянии выполняемые безотказно. На этом основан один

из приемов оценки рассогласования, когда оператору по ходу работы предлагают выполнять ряд тестов возрастающей сложности, обычно хорошо выполняемых. Чем проще тест, при котором появилось затруднение или ошибка, тем глубже динамическое рассогласование.

Динамическое рассогласование является более устойчивым, чем адекватная мобилизация; уменьшение интенсивности нагрузки не приводит к ликвидации этого состояния и появлению адекватной мобилизации. Должно пройти известное время, прежде чем признаки рассогласования исчезнут.

5.3 Характеристика эмоциональных состояний оператора

Под эмоциональными понимаются состояния, вызванные переживанием человеком его отношения к внешнему миру и к самому себе и характеризующиеся изменениями количественных и качественных параметров ответов на сигналы внешней среды. Таким образом, эмоциональное состояние тесно связано с индивидуальной семантической значимостью поступающей к человеку информации и являются как бы коррекцией, вносимой человеком в ответ, определяемый только информационной структурой раздражителя. Например, можно установить закономерное усиление эмоциональных состояний по мере возрастания цены решения. Показано, что при фиксированной цене решения имеется прямая связь степени эмоции от величины энтропии, остающейся к моменту необходимой выдачи решения.

Это положение делает понятным связь эмоциональных состояний с описанными выше общими функциональными состояниями, особенно с состояниями адекватной мобилизации и динамического рассогласования и с рядом внутренних характеристик личности, например, уровнем тревожности, который сказывается на придаваемых значениях индивидуальной (субъективной) семантической значимости. Таким образом, **любой вид сознательной человеческой деятельности всегда в той или иной мере связан с развитием эмоциональных состояний.**

При изучении эмоциональных реакций следует различать две его формы – эмоциональное напряжение и эмоциональную напряженность. *Эмоциональное напряжение* характеризует степень мобилизации функций организма для наиболее успешного выполнения той или иной деятельности и связано с волевым актом, направленным на эту деятельность, т.е. оно характеризует степень эмоциональных сдвигов, которые обуславливают наиболее полное развитие состояния адекватной мобилизации.

В тех случаях, когда наступает динамическое рассогласование между объективной значимостью ситуации и ее субъективной оценкой и появляются связанные с этим отрицательные изменения в двигательных и психических функциях, наступает состояние *эмоциональной напряженности*. При этом наблюдается и снижение устойчивости ряда психических функций.

Момент перехода эмоционального напряжения в эмоциональную напряженность определяет так называемую *эмоциональную устойчивость*. Чем меньше эмоциональная устойчивость, тем скорее при меньших значениях эмоционального фактора развивается состояние эмоциональной напряженности. Эмоциональная устойчивость является показателем, очень тесно связанным с таким свойством личности, как уровень тревожности, она очень низка у лиц с высоким уровнем тревожности.

Следующее качество – *эмоциональная возбудимость* – определяет быстроту развития того или иного эмоционального состояния, т.е. это качество очень близко к тому, которое характеризует эмоциональную устойчивость.

Из данного представления о сущности эмоциональных реакций следует, что их развитие определяют две группы факторов – внешние и внутренние.

К *внешним эмоциональным факторам* относятся прежде всего экстремальные факторы, т.е. такие, физические или информационные характеристики, которые ведут к развитию крайней степени напряжения физиологических и психологических функций с полным исчерпанием всех физиологических резервов. Чем более выражена экстремальность фактора, тем выше вероятность появления выраженных степеней эмоциональных сдвигов. Характер этих сдвигов определяется видом реакции, развивающейся в результате воздействия. В случае формирования адекватной реакции, т.е. реакции, направленной на преодоление действий фактора или на поддержание необходимого уровня деятельности при продолжении действия экстремальности, как правило, наблюдается та или иная степень эмоционального напряжения.

Развитие реакции тревоги, характеризующей тенденцию ухода от экстремального фактора, неспособность к мобилизации функций ведут к появлению различных степеней эмоциональной напряженности вплоть до появления резко выраженных отрицательных эмоций.

К этой же группе факторов относятся и те, которые характеризуются очень высокой значимостью, хотя сами по себе факторы не являются экстремальными. Знак возникающей эмоциональной реакции и сила ее развития в этом случае, как правило, определяется сочетанием ряда внутренних по отношению к человеку факторов.

Внутренние эмоциональные факторы придают тому или иному внешнему фактору необходимую степень эмоциональности. К этим факторам относятся некоторые характеристики нервной деятельности, темперамент, уровень тревожности, ригидность личности и т.п. Они, как правило, определяют уровень реакции.

Такие факторы, как характеристика энграммных преобразований (особенности памяти, внимание), ответственные за степень знакомости с возникающей ситуацией и быстроту и скорость принятия решения, определяют

не только степень развития эмоциональных состояний, но и их знак. Весьма близка к ним и такая характеристика личности, как уровень притязаний. В эту же группу следует отнести и такие факторы, как мотивы, установки и близкие к ним характеристики типа идеалов и т.п. Наиболее выражено их влияние на эмоциональную устойчивость, которая при положительных мотивах может быть настолько высокой, что полностью исключает появление эмоциональной напряженности.

Управление эмоциональными состояниями – одна из задач эргономики. Можно активно управлять поведением человека – оператора, вводя те или иные эмоциогенные факторы. Например, для поддержания высокого уровня бдительности при монотонной работе операторов наблюдения и контроля воздействие на эмоциогенную сферу является наиболее эффективным.

При работе с эмоциональной напряженностью позиция становится иной. Это состояние неблагоприятное, и все усилия должны быть направлены на перевод этого состояния в состояние эмоционального напряжения.

5.4 Совершенствование транспортных эргатических систем

Внедрение эргатических систем зависит от возможности их реализации применительно к человеку-оператору. Человек как психофизиологический объект изучен недостаточно. Это подтверждается отсутствием удовлетворительных теорий, описывающих функционирование человеческого организма как единого целого. На современном этапе несовершенна математическая модель человека, а не имея адекватной модели, возможности человека можно представить только приближенно. Они определяются, как правило, экспериментальными, эмпирическими методами. И в целом состояние изученности эргатических систем управления неудовлетворительно. **К первоочередным задачам оптимизации реальных эргатических систем на транспорте** относятся:

1 Эргономическая организация труда диспетчерского аппарата:

- изучение характеристик человека, машины (техники) и среды, проявляющихся в конкретных условиях взаимодействия;
- исследование влияния психической напряженности, утомления, эмоциональных факторов и особенностей нервно-психической деятельности людей, занятых в системах управления;
- оценка надежности, точности и стабильности работы человека в диспетчерских профессиях;
- целесообразное распределение функций между человеком и техникой в системах управления движением на транспорте;
- определение критериев оптимизации человеко-машинных систем с учетом возможностей и особенностей работающего человека или группы людей;

– разработка методов учета человеческих факторов при модернизации действующей и создании новой техники и технологии в управлении перевозочным процессом, а также при проектировании деятельности человека в системах «человек – машина».

Проектирование конкретного вида деятельности предусматривает исследование внутренних средств деятельности человека (его опыта, знаний, навыков, восприятия, памяти, мышления и др.) и согласование их с внешними средствами (документами, алгоритмами принятия решений, органами ручного управления и др.) в соответствии с основной целью функционирования системы.

2 Повышение эффективности работы диспетчерского аппарата:

– рациональным распределением функций между человеком и техническими средствами системы управления, а также между операторами;

– согласованием информационных и алгоритмических характеристик технологических устройств с психофизиологическими и интеллектуальными возможностями диспетчеров;

– совершенствованием способов предоставления информации диспетчерам (включая разработку информационной системы);

– повышением уровня профессиональной подготовки диспетчеров;

– разработкой нормативов деятельности, отвечающих наилучшим комфортным условиям труда, на основе выполнения комплекса эргономических требований и норм.

3 Разработка теории эргатических систем на транспорте. Из теоретических разработок проблем управления актуальными остаются сугубо абстрактные. Однако абстрагирование опирается на более подробную информационную картину текущего состояния элементов системы. Необходимость работ в этом направлении следует из того факта, что еще нет достаточно полного ответа на такие существенные для практики управления вопросы:

– что может и чего не может делать человек в процессе управления перевозками?

– какие воздействия в системе управления должен осуществлять человек непосредственно, а какие с помощью тех или иных технических средств?

– какие функции должны быть полностью переданы технике?

– как обеспечить необходимую эффективность и надежность функционирования комплекса «человек – машина»?

Без четкого ответа на эти вопросы проектирование и эксплуатация эргатических систем не принесут ожидаемого эффекта. Есть еще один важный аспект изучения эргатических систем. Все системы управления перевозками, и прежде всего диспетчерские, – иерархические. При исследованиях иерархии ограничиваются лишь производственными взаимосвязями. Про-

цесс управления имитируется выработкой и предоставлением информации вышестоящим, смежным и нижним подсистемам, а также алгоритмами ее переработки. При этом люди, занятые в процессе управления, рассматриваются в качестве звеньев его аппарата, лишенных собственных стимулов и целей и поэтому безукоризненно выполняющих определенные функции – переработку информации. В действительности управление производственными процессами (например, движением поездов) – это прежде всего управление людьми, умение согласовать их поведение и целевые установки с объективными целями системы или, по крайней мере, уменьшить отрицательные последствия рассогласования целей и интересов. Если отвлечься от личных качеств людей, на каждом уровне иерархии объективно существует разное понимание средств достижения общих конечных целей – местные интересы, диалектическое взаимодействие которых служит одним из важных способов выработки правильных решений.

Чтобы при объективном различии интересов участников процесса управления добиться эффективного функционирования иерархической системы в целом, необходимы конструктивные процедуры выработки решений, согласование разных точек зрения, развитая система контроля исполнения принятых решений на всех уровнях. Осуществление этих требований, как правило, приводит к дублированию функций управления по горизонтали. Появляется неизбежный параллелизм в подготовке и принятии решений на каждом уровне иерархии, а также на вертикальных связях: вышестоящие подсистемы вмешиваются в процесс принятия решений в низших. А это усиливает вертикальные связи в иерархии в ущерб горизонтальным.

Таким образом, любая попытка совершенствовать систему управления перевозками должна учитывать действительную роль людей в процессе управления – важный фактор, существенно влияющий на организацию иерархии. Действительная роль людей, их собственные стимулы и цели могут потребовать полного изменения принципов построения системы управления для ее более эффективной работы. Учитывая это, дальнейшее развитие исследований в области эргатических систем на транспорте и их совершенствование необходимо сосредоточивать на следующих проблемах:

- определение обобщающих рабочих характеристик человека как звена системы управления;
- эффективное и рациональное распределение функций между человеком и техническими средствами в системах управления;
- анализ и синтез иерархических структур эргатических систем управления на транспорте;
- комплексная оценка транспортных эргатических систем.

На современном этапе развития автоматизации и вычислительной техники без успешного решения этих задач оказывается невозможным эффективно

использовать на транспорте самые совершенные технические устройства. Эргономика, теория эргатических систем, их практические, инженерные приложения позволяют принципиально разрешить конфликт между возможностями совершенствования технических устройств и их эффективного использования. Этот конфликт разрешает разработка активных методов построения человеко-машинных систем, обладающих заданными техническими характеристиками.

5.5 Проектирование рабочей среды

Проектирование рабочей среды сфокусировано на том, чтобы ее физические, химические и биологические факторы на рабочем месте не только не оказывали вредного воздействия на людей, но и способствовали сохранению их здоровья, обуславливали проявление способностей и стимулировали желание выполнять рабочие задачи (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Факторы рабочей системы

Фактор	Характеристика
Микроклимат	Температура воздуха Относительная влажность воздуха Скорость движения воздуха
Освещенность	Искусственная Естественная
Шум, вибрации	Промышленные Естественные
Атмосферное давление	Повышенное Пониженное
Излучение	Инфракрасное Ультрафиолетовое Электромагнитное Волны радиочастот Радиоактивное
Вредные вещества	Пары Газы Аэрозоли Пыль Растворы химических веществ
Профессиональные инфекции и биологические агенты	Вирусы Бактерии Риккетсии Спирохеты Грибы

Проектирование рабочей среды основывается на знании физических, физиологических и психологических механизмов воздействия ее факторов на организм и деятельность человека. В зависимости от особенностей рабочей системы необходимо руководствоваться следующими **общими требованиями к рабочей среде**:

1 Исходные предпосылки – размеры оборудования, рабочего пространства и пространства, необходимого для передвижения, – должны быть адекватны выполняемой работе.

2 Воздухообмен должен регулироваться в соответствии с такими факторами, как количество людей в помещении; интенсивность использования физического труда; исходные предпосылки работы, включая производственное оборудование; выделение токсических и пылящих веществ в помещении; наличие устройств, потребляющих кислород.

3 Оптимальные метеорологические условия в производственных помещениях создаются с учетом температуры, влажности и скорости движения воздуха; теплового излучения; интенсивности использования физического труда; свойств рабочей одежды, производственного оборудования и средств индивидуальной защиты.

4 Освещение должно создавать оптимальные условия зрительного восприятия для конкретных видов деятельности и обеспечивать психологический комфорт работникам. Для достижения этого принимаются во внимание такие факторы, как освещенность, цвет, распределение светового потока; устранение слепящего действия света и бликов; соотношение освещенности и цвета; возраст работников; естественная освещенность.

5 При выборе светоцветового решения производственного помещения принимают во внимание его влияние на создание в поле зрения работающего оптимальных соотношений по яркости и цветности, на обеспечение хорошего различения обрабатываемых деталей, органов управления и элементов оборудования (таблица 5.3).

6 Акустика производственной среды должна исключать вредные или раздражающие воздействия шума, включая шумы от внешних источников. Важными здесь являются уровни звукового давления в октавных полосах спектра шума; суммарная длительность воздействия шума в течение рабочего дня и его распределение по времени; характер шума (широкополосный, тональный, импульсный); восприятие акустических сигналов; различимость речи.

7 Вибрации и их воздействие на человека не должны достигать уровня, вызывающего физические повреждения, патофизиологические реакции или сенсорные нарушения.

8 Работники должны предупреждаться о воздействии на них электромагнитных полей высокой частоты и источников ионизирующих излучений, а также принимать необходимые меры безопасности при работе; следует выявлять ранние изменения в состоянии здоровья и работоспособности под влиянием указанных факторов, а также предупреждать утомление и связанные с ним возможные ошибочные действия работающих людей.

9 Если работы ведутся на открытом воздухе, следует обеспечивать адекватную защиту работников от неблагоприятных климатических воздействий.

Таблица 5.3 – **Функции светоцветового решения**

Средство	Влияние	Функция
Средство информации	Ориентация в рабочем оборудовании То же, в производственной среде	Создание оптимального фона для объекта обработки Выделение предметов и объектов, различных по функции Применение сигнальных цветов и знаков безопасности Обозначение отдельных функциональных зон Кодирование и маркировка коммуникаций
Фактор психологического комфорта	Физиологическое воздействие Воздействие на психику	Создание оптимальных соотношений по яркости и цветности Компенсация неблагоприятных воздействий среды Создание положительного эмоционального фона
Средство композиции	Самостоятельное воздействие цвета, фактуры, текстуры Выявление объемно-пространственной композиции	Красота отдельных фактурных полей Применение гармоничных цветофактурных сочетаний Выявление композиционных особенностей оборудования, помещения

При оценке влияния какого-либо параметра рабочей среды на человека эргономисты используют критерии трех типов: физиологические (здоровье), деятельностные (включая безопасность), эмоциональные (комфорт, удобство, приемлемость). Физиологические критерии довольно полно стандартизованы. В меньшей степени стандартизованы деятельностные критерии: они меняются в зависимости от выполнения задач в диапазоне условий – от производства до научной лаборатории (решение проблем, простые арифметические действия, время реакции, координация движений рук и глаз). В существенной степени деятельность определяется индивидуальным умением и уровнем мотивации. Следовательно, если при данной температуре, например, отмечается снижение уровня деятельности, то сложно определить, чем оно обусловлено: температурой или мотивацией, или обоими факторами.

Сложнее измерить чувства или эмоции. Современные исследования направлены на то, чтобы выразить количественно субъективную оценку эмоционального состояния.

Эргономическое проектирование рабочей среды предусматривает решение трех вопросов:

- кто подвержен и каким влияниям?
- какая комбинация продолжительности воздействия и факторов среды вызывает эти влияния?
- каковы допустимые, приемлемые и оптимальные факторы среды с точки зрения этих влияний?

Первый вопрос предполагает несколько подвопросов, касающихся индивидуальных характеристик (возраст, пол, индивидуальная чувствительность к тому или иному фактору среды, обучение, адаптация, акклиматизация, регулярная или периодическая подверженность) и характеристик возможных влияний (безопасность, здоровье, эффективность, комфорт). Второй вопрос связан с точным определением каждого типа влияния и оценкой всех факторов, имеющих отношение к данной проблеме, а также ориентирует на точное знание физических, физиологических и психологических механизмов воздействия на организм факторов среды. Третий вопрос имеет отношение к принятию решения об относительной важности различных влияний, если это требуется в виду разного взаимодействия этих влияний, а также предполагает рассмотрение комбинированного, комплексного воздействия факторов рабочей среды, отдаленных и специфических их воздействий.

Оптимальные параметры рабочей среды – необходимое условие наиболее полного проявления эргономических свойств производственного оборудования, рабочего пространства и рабочего места, формируемых в процессе проектирования. С другой стороны, эргономическое проектирование производственного оборудования определяет формирование рабочей среды, так как оно продуцирует многие ее составляющие.

6 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ СИСТЕМ

6.1 Эргономические принципы проектирования рабочей системы

В 1993 г. обновлен **международный стандарт «Эргономические принципы проектирования рабочих систем»**, разработанный в 1981 г. техническим комитетом 159 «Эргономика» Международной организации по стандартизации. Новая его редакция закрепляет мировой опыт использования эргономических знаний для совершенствования производственных систем, включая проектирование рабочих задач и действий по их выполнению, различных видов работ, процессов, организации рабочих мест, оборудования, рабочей (производственной) среды. *Стандарт придает определенный правовой статус эргономическому проектированию и озна-*

чает официальный пересмотр традиционной процедуры проектирования производственных систем, которая определяется требованиями, предъявляемыми оборудованием и техническими средствами.

Стандарт фиксирует выгоды, получаемые человеком и обществом от применения эргономики и выражающиеся в сохранении здоровья, повышении безопасности и росте благополучия работающих людей. Также существенны экономические выгоды от комплексного использования эргономических принципов, методов и требований, заключающиеся в повышении эффективности, надежности и удобстве рабочих систем.

В стандарт должны были войти основные термины эргономики, приемлемые для всех стран, где она развивается. Однако на современном этапе развития эргономики такая задача представляется крайне сложной. Поэтому предложенный в стандарте вариант ее решения не может удовлетворить всех. Формулировки отдельных терминов отличаются от принятых в ряде стран. Раскрытие их содержания в стандарте соответствует сложившейся теории и практике эргономики.

Новым для многих эргономистов явился *термин «рабочая система»*, которая в соответствии со стандартом включает одного человека или большее число людей и производственное оборудование, используемое при выполнении задачи системы в рабочем пространстве, в среде на рабочем месте и в ситуациях, определяемых рабочими задачами. *К производственному оборудованию*, согласно стандарту, относятся инструменты, машины, транспортные средства, приборы, рабочая мебель и различное вспомогательное оборудование. Под *рабочим пространством* понимается некоторый объем, предназначенный в рабочей системе для трудовой деятельности одного человека или большего числа людей и позволяющий выполнить рабочую задачу. *Рабочая среда (производственная среда)* – это физические, химические, биологические, организационные, социальные и культурные факторы, совокупность которых составляет среду на рабочем месте. *Рабочая задача*, как раскрывается содержание этого термина в стандарте, – это цель, которая должна быть достигнута в определенных условиях, и требуемые действия для выполнения задачи человеком или большим числом людей.

При проектировании рабочих систем, в отличие от традиционного инженерного проектирования, особое значение придается работающему человеку как интегрирующему компоненту этой системы. Рассматриваются все потенциальные взаимодействия между работающими людьми и между ними и производственным оборудованием. Причем эти взаимодействия анализируются в среде на рабочем месте и при рабочих нагрузках людей. Устанавливается баланс между требованиями выполняемой человеком работы и его возможностями, в том числе и путем формирования оптимальных условий труда.

Устанавливается баланс между требованиями выполняемой человеком работы и его возможностями, в том числе и путем формирования оптимальных условий труда. Конечный результат – безопасность, сохранение здоровья и благополучие работающих людей при одновременном обеспечении экономической эффективности.

Проектирование рабочих систем сводит к минимуму риск возникновения человеческих ошибок и тем самым предотвращает возможные несчастные случаи и аварии. Сохранение здоровья достигается не только за счет сведения к минимуму или исключения вредных воздействий работы и рабочей системы, но и путем формирования в процессе проектирования таких их свойств, которые будут оказывать положительное и благоприятное влияние на работающих людей. Благополучие человека – комплексный показатель, синтезирующий множество феноменов, носящих главным образом субъективный характер. С одной стороны, сюда относится все, что связано с комфортом, и прежде всего предупреждение утомления и дискомфорта, с другой стороны, при более широком рассмотрении включаются такие факторы, как самооценка, удовлетворение работой и возможности для индивидуального развития человека. Экономические результаты проектирования рабочей системы – это **эффективность**, т.е. выполнение рабочей системой своих функций, достижение качественного результата, и **производительность** – получение рабочей системой результата при возможно меньшем расходе времени, энергии, финансовых средств.

Успех проектирования рабочей системы зависит от точного определения назначения и требований к системе, последовательно реализуемых на последующих этапах проектирования. Процесс проектирования разбивают на структурно целостные проектные решения, в каждом из которых человек и производственное оборудование взаимодополняют друг друга. Решения, касающиеся распределения функций проектирования интерфейсов, профессиональной подготовки, влияют друг на друга, так что проектировщикам систем приходится, как правило, оценивать множество альтернатив, прежде чем они приходят к окончательному решению. Часто им необходимо пройти несколько раз через множество этапов анализа и синтеза, пока по каждой области проектного поиска не будет собрана вся информация и представлена в виде, удобном для ее окончательного рассмотрения. Проектирование деятельности человека с производственным оборудованием пронизывает процесс проектирования рабочей системы от начала до конца. Этот процесс адаптируется для конкретных видов проектировочных работ.

Проектирование рабочих систем осуществляется на макроэргономическом, или общеорганизационном, и микроэргономическом уровнях, взаимосвязь которых позволяет добиваться наибольшего эффекта. Эргономисты включаются в проектную работу с самого начала, а не только для решения возникших проблем, когда проектирование рабочей системы завершено.

Стандарт фиксирует научно обоснованные и многократно проверенные в практике проектирования принципы, методы и требования эргоно-

мики. Новизна состоит в том, что они становятся общепринятыми и формулируются комплексно как положения международного нормативно-технического документа, с которым должны считаться проектировщики, конструкторы, инженеры, дизайнеры, архитекторы и другие специалисты.

6.2 Проектирование рабочего пространства и рабочего места

Трудовая активность человека во многом определяется условиями, в которых он работает. К ним прежде всего относятся рабочее пространство и рабочее место. Та часть рабочего пространства, где располагается производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в рабочей среде, называется рабочим местом.

Проектирование рабочего пространства, несмотря на определенные трудности, следует начинать до принятия инженерных и производственных решений, ограничивающих число вариантов планировок, в соответствии с которыми может быть установлено оборудование, и до того, как приступят к подготовке чертежей общих видов.

Эргономическое проектирование рабочих пространств и рабочих мест производится для конкретных рабочих задач и видов деятельности с учетом антропологических, биомеханических, психофизиологических и психических возможностей и особенностей работающих людей. Оно должно создать наилучшие условия:

- для размещения работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений в соответствии с требованиями технологического процесса;
- выполнения основных и вспомогательных операций в удобном рабочем положении, соответствующем специфике трудового процесса, и с применением наиболее эффективных приемов труда;
- расположения средств управления в пределах максимальных и минимальных границ пространства движений человека (по ширине, глубине и высоте);
- оптимального обзора источников визуальной информации, смены рабочей позы и рабочего положения;
- свободного доступа к местам профилактических осмотров, ремонта и наладки, удобства их выполнения;
- рационального размещения рабочего оборудования, безопасности работающих.

Размеры проходов между элементами рабочего места рассчитываются в зависимости от частоты их использования и числа работающих людей, рациональных маршрутов их движения, необходимых размеров транспортных проездов, требований техники безопасности и санитарно-гигиенических норм. Размеры транспортных проездов должны быть не менее ширины транспортного средства с учетом пространства, занимаемого телом стоящего человека в спецодежде.

Рабочее пространство и организация рабочего места, достигаемость и величина усилий на органы управления, а также характеристики обзорности обуславливаются прежде всего положением тела работающего. С точки зрения биомеханики положение тела зависит от ориентации его в пространстве и от величины площади опоры. Наиболее распространены рабочие положения стоя и сидя, реже – лежа. Каждое из положений характеризуется определенными условиями равновесия, степенью напряжения мышц, состоянием кровеносной и дыхательной систем, расположением внутренних органов и, следовательно, расходом энергии.

Выбор рабочего положения связан с размерами пространства движений человека, величиной и характером (статическая, динамическая) рабочей нагрузки, объемом и темпом рабочих движений, требуемой степенью точности выполнения операций, особенностями предметно-пространственного окружения.

Поза – это взаиморасположение звеньев тела, независимое от его ориентации в пространстве и отношения к опоре. Термин «*рабочая поза*» обозначает наиболее частое и предпочтительное взаиморасположение звеньев тела при выполнении трудовых операций. Рабочая поза динамична. Ее изменение связано с рабочими движениями, причем поза рассматривается как пространственная граница фазы движения (начальная, граничная, конечная). Сохранение той или иной позы происходит при активном участии нервно-мышечной системы. Особое внимание следует уделять рабочей позе и условиям ее поддержания при проектировании рабочих задач и деятельности, в выполнении которых преобладают двигательные компоненты и требуется длительное поддержание определенной рабочей позы (таблица 6.1). При этом важно, что негативное воздействие оказывает не столько сама поза, сколько время, в течение которого человек в ней находится. Оптимальная рабочая поза должна служить исходным моментом при расчетах размеров достигаемости для рук и ног в пределах пространства движений человека (таблица 6.2). Неудобная поза, вызванная недостаточным пространством для ног при работе сидя, приводит к значительному снижению точности тонких ручных операций.

Параметры рабочих мест измеряются в различных положениях тела (стоя, сидя, лежа) и позах (руки вытянуты в стороны, вверх, корпус выпрямлен, наклонен вперед, откинут назад). При измерении этих признаков в качестве баз отсчета чаще всего используются ограничительные плоскости.

Эргономические антропометрические признаки по способам измерений и в зависимости от сферы использования разделяются на статические и динамические. Те и другие, в свою очередь, делятся на габаритные размеры и размеры отдельных частей тела (линейные, периметровые и угловые). Линейные размеры, в свою очередь, делятся на периметровые, поперечные, передне-задние и т.п.

Таблица 6.1 – Критерии выбора рабочих положений

Рабочее положение	Величина усилий, Н	Степень перемещения работающего	Направление движения рук	База отсчета зон досягаемости	Величина рабочей зоны, мм
Сидя	До 30	Ограниченная	Вперед – назад	Фронтальная плоскость, параллельная заднему краю сидения	Не более 600
			В стороны	Плоскость симметрии сидения	Не более 500
Пере-менное	30–100	Обычная	Вперед – назад	Фронтальная плоскость, параллельная заднему краю сидения	Не более 600
			В стороны	Плоскость симметрии сидения	Не более 750
Стоя	100–150	Повышенная	Вперед – назад	Фронтальная плоскость, параллельная переднему краю оборудования	Не более 300
			В стороны	Срединно-сагиттальная плоскость тела	Не более 1000

Статические антропометрические признаки – это размеры тела, измеренные однократно в статическом положении испытуемого. Условность и сохранение постоянства позы обеспечивают идентичность измерений. Эти признаки используются для расчета свободных (несопряженных) параметров элементов рабочих мест, для определения диапазона регулирования изменяемых параметров, конструирования манекенов, создания математических моделей тела человека.

К динамическим антропометрическим признакам относятся размеры тела, изменяющие свою величину при угловых и линейных перемещениях измеряемой части тела в пространстве. Линейные изменения могут выражаться в абсолютных величинах и в виде приростов (эффект движения тела). Динамические антропометрические признаки используются для определения амплитуды рабочих движений, величины рабочих перемещений приводных элементов органов управления, размеров зон моторного пространства.

При расчете параметров рабочего места на основе антропометрических данных необходимо учитывать: выбранную систему координат и соответствующие базы отсчета; рабочее положение работающего; возможность изменения положения тела; величину размаха рабочих движений; количество элементов рабочего места; параметры обзорности; требования ограничения рабочего пространства (кабины, площадки, отсеки и т.п.); возможность регулирования параметров элементов рабочего места; возможность подвижности элементов рабочего места (сиденья, подставки для ног, педали).

Таблица 6.2 – Оптимальная рабочая поза

Рабочая поза	Характеристика оптимальной рабочей позы	Условия для поддержания оптимальной рабочей позы
Положение стоя	<p>Корпус выпрямлен</p> <p>Равномерная опора на обе стопы</p> <p>Отсутствие крайних положений в суставах верхних конечностей</p> <p>Экономичность рабочих движений</p>	<p>Возможность смены позы</p> <p>Возможность кратковременного отдыха сидя</p> <p>Наличие подставки для ног</p> <p>Отсутствие педали</p> <p>Оптимальные размеры моторного пространства</p>
Положение сидя	<p>Корпус выпрямлен</p> <p>Сохранены естественные изгибы позвоночного столба и угол наклона таза</p> <p>Тупые углы в суставах нижних конечностей</p> <p>Отсутствие крайних положений в суставах верхних конечностей</p> <p>Экономичность рабочих движений рук, опора на обе стопы</p> <p>Отсутствие частых наклонов туловища и поворотов головы</p>	<p>Возможность смены позы</p> <p>Форма и размеры рабочего сидения</p> <p>Наличие опоры для всей спины</p> <p>Наличие подлокотников</p> <p>Наличие подголовника</p> <p>Возможность откидывания спинки сидения для отдыха</p> <p>Оптимальное соотношение высоты сидения и рабочей поверхности</p> <p>Оптимальные размеры моторного пространства</p> <p>Наличие подставки для ног (регулирование высоты сидения и подставки для ног)</p>

При использовании числовых значений антропометрических признаков следует учитывать их особенности, обусловленные полом, возрастом, национальностью и другими факторами. Особое внимание нужно обращать на значительные половые различия большей части антропометрических признаков, так как многие элементы производственного оборудования предназначены одновременно и для мужчин, и для женщин. Эти различия в размерах достаточно значительны для положения как стоя, так и сидя. При этом продольные размеры в положении стоя (высота точек над полом) у мужчин больше, чем у женщин, на 7–12 см, а в положении сидя (высота точек над сиденьем) – на 3–6 см; поперечные передне-задние и периметровые размеры по отношению к верхней части тела у мужчин больше, чем у женщин, на 1–3 см, но по отношению к нижней части тела (таз и бедра) – у женщин больше, чем у мужчин, на 2–4 см; габаритные размеры у мужчин также больше: длина руки – на 7–15 см, а длина ноги – на 6–19 см.

Национальные различия по группам размеров несколько меньше, чем половые, но также значительны, особенно по продольным размерам в положении стоя. Исключение составляют следующие признаки: высота над сиденьем (плеча, шейной точки, нижнего угла лопатки, линии талии, локтя, бедра); спинка сиденья – колено; передняя досягаемость для руки; ширина двух колен; ширина двух стоп.

Возрастные различия антропометрических признаков взрослого населения выражены нерезко. Имеется тенденция к увеличению (на 5 см) всех продольных размеров у лиц молодого возраста (20–29 лет) и поперечных, передне-задних и обхватных размеров у лиц старшего возраста (30–50 лет).

При расчете параметров оборудования по высоте следует учитывать, что наибольшие половые, национальные и возрастные различия наблюдаются в продольных размерах тела в положении стоя. В положении сидя эти различия уменьшаются или вовсе исчезают. Это объясняется тем, что в первом случае в состав размеров входит длина ноги – признак сильно варьирующий, увеличившийся за последние 100 лет на 7–8 см. Во втором случае в состав размеров входит длина туловища – признак слабо варьирующий, мало изменившийся в процессе акселерации (всего на 1 см).

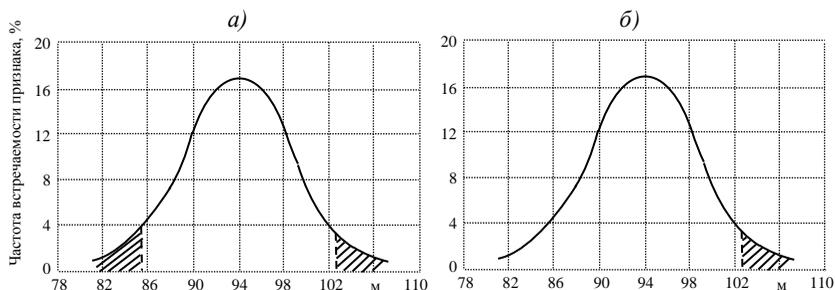
В основу общих правил использования антропометрических данных при расчете параметров рабочих мест и производственного оборудования положен **метод перцентилей**. Перцентиль – сотая доля измеренной совокупности людей, которой соответствует определенное значение антропометрического признака. Если площадь, ограниченную кривой распределения, или всю совокупность наблюдений разделить на 100 равных частей, то получится 99 перцентилей (рисунок 6.1).

Каждый перцентиль имеет свой порядковый номер: 1-й перцентиль отсекает в распределении частоты наименьших значений антропометрического признака, составляющие 1 % от суммы всех частей; 2-й – значения, составляющие 2 %, и т.д.; 50-й перцентиль в нормальном распределении соответствует средней арифметической величине. Средняя величина признака – это та, ниже которой оказывается около половины населения. Если бы размеры дверей соответствовали только средним размерам тела человека, то 50 % посетителей общественных зданий испытывали бы затруднения при входе.

Числовые значения антропометрического признака, соответствующие верхней или нижней границе выбранного объема работающих, называются пороговыми. Они являются антропологическими критериями при расчете параметров рабочих мест на основе метода перцентилей. *При использовании антропометрических данных необходимо:*

– учитывать количество регулируемых параметров производственного оборудования и рабочих мест;

- учитывать то, что наибольшие различия в размерах тела – индивидуальные (внутригрупповые), а затем межгрупповые (половые, национальные, возрастные);
- рассчитывать требуемый минимум свободного пространства для размещения тела человека или его перемещения, исходя из антропометрических данных людей, характеризующихся наибольшими продольными, поперечными и передне-задними размерами тела;
- рассчитывать те части рабочего пространства, которые связаны с различными видами досягаемости, на основе антропометрических данных людей, характеризующихся наименьшими продольными, поперечными и передне-задними размерами тела;
- учитывать то, что люди отличаются друг от друга не только общими размерами тела, но и соотношениями этих размеров;
- использовать базы отсчета, которые соотносятся с базами, взятыми при измерении размеров тела, и не требуют сложных перерасчетов;
- округлять цифровые значения антропометрических данных, заимствованные из таблиц, но не более чем на 1 см или 1 градус.



Размах рук, согнутых в локтях (мужчины, 18–21 год; $M = 94,18$ см; $\delta = 4,61$ см)

Рисунок 6.1 – Площадь под нормальной кривой:

а – 90 % объема потребителей; *б* – 95 % объема потребителей

При использовании антропометрических данных *не рекомендуется*:

- рассчитывать параметры оборудования и рабочих мест на основе только средних арифметических значений антропометрических признаков;
- пользоваться устаревшими антропометрическими данными (свыше 20-летней давности);
- пользоваться источниками (справочники, монографии и т.п.), в которых не указаны год сбора материала, пол, возраст и национальность контингента исследуемых, численность группы населения;

- использовать размеры тела, измеренные в положении стоя, при расчетах параметров рабочих мест, предназначенных для работы сидя;
- получать основные эргономические размеры путем сложения отдельных классических размеров;
- выделять основные и второстепенные антропометрические признаки; следует считать все множество антропометрических признаков одинаково необходимым, выявляя их значимость только при анализе конкретных объектов производственного оборудования.

При расчете компоновочных параметров рабочих мест на основе антропометрических данных следует различать базы отсчета, используемые при измерении эргономических признаков и расчете компоновочных параметров рабочего места. Эти базы должны совпадать или не противоречить друг другу.

При измерении многих антропометрических признаков в качестве баз отсчета используют следующие ограничительные плоскости:

1) в положении стоя: плоскость пола (горизонтальная плоскость для измерения высот точек над полом); стенку стенда (вертикальная плоскость для измерения передне-задних и поперечных размеров тела);

2) в положении сидя: плоскость пола; плоскость сиденья; спинку сиденья, перпендикулярную заднему краю сиденья (рисунок 6.2).

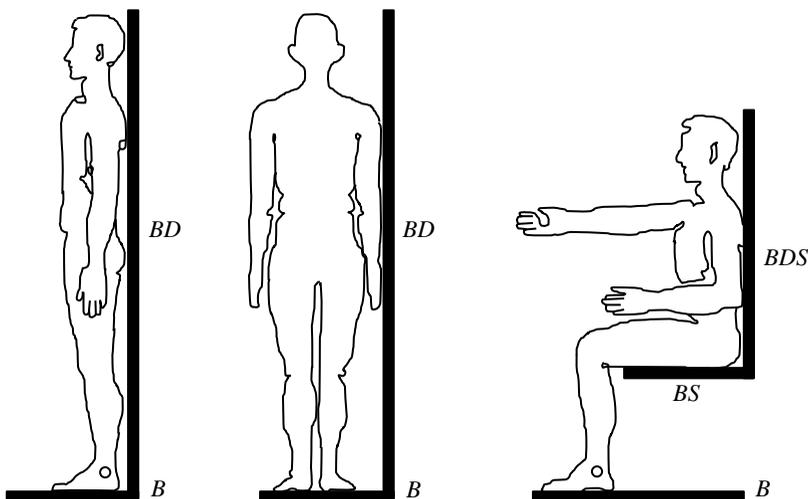


Рисунок 6.2 – Базы отсчета антропометрических признаков

B, BD, BS, BDS – ограничительные плоскости, служащие базами отсчета при изменении антропометрических признаков

Расчеты и измерения компоновочных параметров рабочих мест следует проводить в ортогональной системе координат с внешней относительно тела человека базой отсчета. Преимущество этой системы по сравнению с внутренней (на теле человека) – в отсутствии погрешностей в установлении нулевой точки отсчета (пол, край оборудования, воображаемые линии, плоскости и т.п.), так как она фиксирована неподвижно. Имеется лишь погрешность при нахождении конечной точки (рисунок 6.3).

Рабочая поверхность – это элемент оборудования рабочего места, на которой работающий, используя необходимые средства, выполняет действия с предметом деятельности. Характеристики рабочей поверхности определяются спецификой деятельности, положением тела, антропометрическими данными, числом и размерами предметов и средств деятельности. Для рабочих поверхностей рассчитывают: габаритные размеры; максимальные и минимальные границы досягаемости по высоте, ширине, глубине; размеры пространства для ног (сидя) и стоп (стоя); размеры подходов к каждой из них, а также требуемую обзорность.

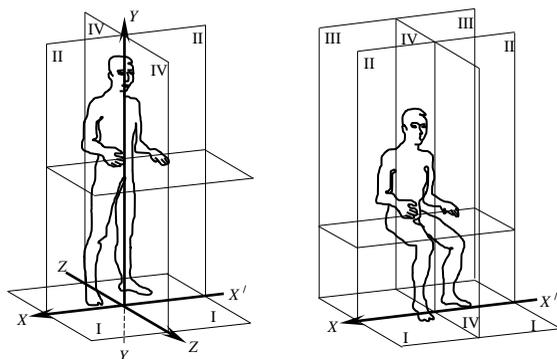


Рисунок 6.3 – Базы отсчета для измерения и расчета параметров рабочих мест

I, II, III, IV – базы отсчета для расчета параметров рабочего места на основе статистических антропометрических признаков:

I – горизонтальная плоскость;

II и III – фронтальные плоскости, параллельные переднему краю оборудования (II) и заднему краю сиденья (III);

IV – срединно-согиттальная плоскость

Для оптимальной организации рабочего места необходимо учитывать размеры соотношения параметров рабочей поверхности и параметров других элементов рабочего места, из которых наиболее существенны: соотношение по высоте между рабочей и опорной поверхностями при работе стоя и сидя (сиденье, подставка для ног, пол); расстояние между передним краем

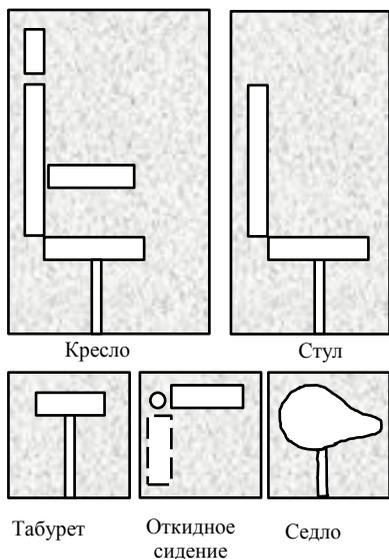
сиденья и краем рабочей поверхности; соотношение по ширине между рабочей поверхностью и подставкой для ног.

Высота рабочей поверхности определяется антропометрическими данными работающего, характером выполняемой работы, степенью ее тяжести и требуемой точностью. Человек может субъективно различать изменение высоты и угла наклона рабочей поверхности, сиденья и подставки для ног соответственно на 1 см и 1 градус.

При нерегулируемой по высоте рабочей поверхности для работы стоя необходима подставка, регулируемая по высоте, с целью обеспечения каждому работающему удобства на рабочем месте. В этом случае высота рабочей поверхности рассчитывается на самого высокого рабочего, диапазон регулирования высоты подставки для ног равен разнице в росте самого высокого и самого низкого человека в группе работающих.

Если часть тела работающего соприкасается с рабочей поверхностью, то рекомендуется использовать материалы, обладающие низкой теплопроводностью. Покрытие рабочей поверхности должно обеспечивать оптимальный цветовой и яркостный контраст с предметом труда и не давать бликов.

Рабочее сиденье – это элемент рабочего места, который обеспечивает поддержание рабочей позы в положении сидя. Основное назначение сиденья – не только снизить нагрузку на ноги человека, но и создать опору сидящему, чтобы он мог поддерживать стабильную позу во время работы и расслабить те мышцы, которые не участвуют в работе (рисунок 6.4).



– не только снизить нагрузку на ноги человека, но и создать опору сидящему, чтобы он мог поддерживать стабильную позу во время работы и расслабить те мышцы, которые не участвуют в работе (рисунок 6.4).

При выборе типа рабочего сиденья учитываются специфика работы, объем рабочего пространства, пространственные соотношения с другими элементами рабочего места, вид рабочего места, возможность смены рабочих поз, рабочего положения, величина развиваемых усилий, диапазон движений частей тела, наличие вибрации, условия безопасности.

Рабочие сиденья должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать такое положение тела, при котором нагрузка на мышцы будет оптимальной;
- создавать условия для измене-

Рисунок 6.4 – Типы рабочих сидений

ния рабочей позы с целью снятия статического напряжения мышц спины и предупреждения общего утомления;

- способствовать нормальному функционированию сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем;

- обеспечивать удобство усаживания и вставания, свободное перемещение корпуса и конечностей относительно друг друга в процессе работы;

- создавать надежную опору позвоночнику и тазу, сохранять их естественное выпрямленное положение;

- свободно перемещаться относительно рабочей поверхности, а также фиксироваться при обширной зоне вращения;

- иметь регулируемые параметры.

Требование обеспечения достаточной опоры иногда вступает в конфликт с требованиями комфорта. Например, большая часть веса тела человека, сидящего на плоской доске, распределяется на небольшой участок сидалищной поверхности. Этот участок тела в целом хорошо адаптирован к сдавливанию тканей, но жесткое сиденье вызывает через некоторое время ощущение дискомфорта. Большинство современных проектировщиков используют в сиденьях пружины или подушки, которые ведут к перераспределению нагрузки и уменьшению давления в одной, отдельно взятой точке. Однако при этом возникает опасность того, что слишком мягкая подушка не создает твердой опоры для тела там, где это особенно необходимо, и стабилизация позы вновь обеспечивается работой мышц. Любое проектное решение неизбежно является компромиссом.

Конструируя рабочее сиденье, надо соблюдать следующие условия распределения давления при сидении:

- давление на область сидалищных бугров должно быть снижено слабым профилированием поверхности сиденья в области расположения ягодиц;

- спинка должна быть профилирована, чтобы обеспечить поддержку для поясничного отдела позвоночника;

- давление на заднюю поверхность бедер должно быть сведено к минимуму;

- угол между сиденьем и спинкой должен составлять 95–105°, что также способствует оптимизации распределения давлений;

- обивка и покрытие сиденья и спинки должны быть достаточно эластичны, чтобы принимать на себя локальные давления тела;

- поверхность сиденья не должна сдавливать и ограничивать область расположения больших бугров бедренной кости;

- поверхность сиденья и спинки должны иметь размеры, удовлетворяющие размерам тела человека от 5-го до 95-го перцентиля взрослого населения.

Рабочие стулья и кресла предназначены в основном для длительного пользования, состоят из сиденья, спинки, поддерживающих конструкций, подлокотников (для кресел). Спинка кресел может быть обычной или высокой. В конструкцию кресла могут входить также подставка для ног и подголовник. Сиденья должны регулироваться по высоте и углу наклона спинки (рисунок 6.5). Изменение параметров кресла и стула должно осуществляться быстро, без приложения значительных усилий и использования специального инструмента. Регулирование параметров рабочего сиденья может быть плавным или ступенчатым. Оптимальный шаг ступенчатой регулировки для линейных параметров – 10 мм, для угловых – 1 градус.

Рекомендуется соблюдать меру при определении числа регулируемых параметров как кресла, так и других видов оборудования, имея при этом в виду, что: любая дополнительная возможность регулирования повышает неустойчивость оборудования и влечет за собой проблему стабилизации; чем больше возможностей для регулирования оборудования, тем больше вероятность ошибки при пользовании им; каждый работающий должен быть осведомлен о точных критериях выбора для себя наиболее удобной рабочей позы.

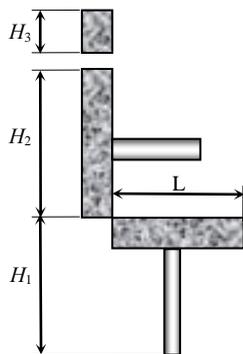


Рисунок 6.5 – Регулируемые параметры кресел

H_1 – высота сиденья;
 H_2 – высота спинки;
 H_3 – высота подголовника;
 L – глубина сиденья

Наиболее распространенной ошибкой конструирования рабочих сидений является использование данных не эргономической, а классической антропологии. Измерения в положении сидя в классической антропологии производятся с соблюдением прямых углов в тазобедренных, коленных, голеностопных суставах. Однако такое положение тела практически никем из сидящих не соблюдается, а тем более во время выполнения какой-либо работы. Его можно поддерживать не более нескольких минут. Многие стандарты и рекомендации для работающих в положении сидя содержат размерные характеристики рабочих сидений, исходя именно из такого искусственного положения тела с вертикально выпрямленной спиной. Исследования показывают, что во время работы в положении сидя не более 10 % лю-

дей сидят прямо. Большинство работающих отклоняются от вертикального положения на 10–20° чаще вперед, чем назад.

Процесс сидения – это динамическая активность, зависящая как от специфики работы, так и от индивидуальных особенностей тех, кто ее выполняет в этом положении. Там, где нет достаточного пространства для размещения ног, обычно используют сиденья-поддержки для работы сидя – стоя (полуприсев на опору). Угол наклона таких сидений вперед достигает 45°. Положение сидя – стоя предпочтительнее положения стоя, поскольку увеличивается стабилизация корпуса и рук для более эффективного выполнения точных движений и уменьшения энергозатрат для поддержания позы. Стулья-поддержки удобны только при кратковременном их использовании.

7 ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

7.1 Требования к информационным моделям

При проектировании систем управления, в которых функции управления осуществляются опосредованно по отношению к предметной области управления, наиболее важным является требование к функциональной значимости информации в структуре деятельности оператора.

В современных СЧМ человек-оператор осуществляет свои функции «дистанционно», в связи с чем возникает необходимость создания эффективного промежуточного звена – **средств отображения информации**, обеспечивающих качественное представление информации человеку. Множество воспроизводимых СОИ сигналов о состоянии объектов управления и системы в целом является для оператора отображением реального поведения системы.

Отображением параметров внешней среды и данных о системе управления, организованное с помощью специальных средств и по определенной системе правил, называют **информационной моделью (ИМ)**.

Средства отображения являются полем, на котором строятся информационная модель, и в то же время механизмом ее построения. При разработке средств отображения важно представить характеристики тех ИМ, которые будут строиться с их помощью. Технический принцип построения средств отображения должен диктоваться их назначением, а следовательно, и требованиями, которые предъявляются к информационной модели:

– обеспечение понимания наблюдателем отображаемой информации – модель должна позволить наблюдателю понять ситуацию без детального анализа сигналов;

– прояснение сложных отношений в ситуации – значимые с точки зрения задачи, стоящей перед наблюдателем, тенденции развития событий, возникающие конфликты, связи должны быть представлены в легко доступном для зрения виде, чтобы детали позволяли понять целое, а целое могло быть проверено в деталях;

– создание необходимых условий для принятия своевременных решений наблюдателем;

– обеспечение эффективного информационного взаимодействия, то есть наилучшего использования возможностей человека и технических устройств;

– обеспечение максимальной надежности – сведение до минимума возможности возникновения ошибок;

– создание условий для легкой и свободной смены деятельности, обеспечение взаимозаменяемости наблюдателей;

– обеспечение условий координации деятельности при обслуживании системы коллективом, входящим в группу операторов.

Информационная модель является для оператора источником информации, на основе которого формируется образ реальной обстановки, его действие и контролируется состояние системы после подачи управляющего воздействия.

Принцип соответствия позволяет установить **общие правила формирования информационных моделей и способов их реализации**. Выполнение правил создает оптимальные условия для осуществления психических и физиологических функций, составляющих деятельность оператора.

Первое правило связано со степенью детализации ИМ, то есть *объемы элементов должны быть минимально необходимыми для решения задачи управления*. В ней следует отражать существенные детали, связи, отношения, определяющие ход и исход события. При этом уровень абстрагирования не должен искажать структуру протекающих процессов.

Второе правило – *структурность ИМ – объединение стимулов, предъявляемых операторам в определенные структуры*. Модель должна обеспечивать оператору возможность целостного восприятия ситуации, освобождая его от анализа всей актуализированной информации. Хорошо структурированные ИМ повышают пропускную способность человека-оператора.

Третье правило – *степень условности предъявляемых стимулов*. Условность изображения не должна приводить к потере наглядности ИМ. Требование условности связано с вопросами уровня обобщения и унификации, которые требуют сходного условного обозначения для сходных явлений. Разнообразие в условных обозначениях приводит к появлению «визуального шума».

Четвертое правило – *использование привычных ассоциаций и стереотипов деятельности оператора*. Знак должен ассоциироваться с обозначаемыми объектами, процессами и явлениями, нести мнемонические признаки отображаемого.

Пятое правило – *принцип совместимости стимула и реакции для принятия оперативных решений*. Оптимальное пространственное соотношение элементов управления и контроля содействует своевременному выявлению проблемных ситуаций, быстрой и точной оценки реакции управляемого объекта на введенное управляющее воздействие.

Шестое правило – *динамичность ИМ*. Многообразие решаемых задач и непредвиденных ситуаций требует гибкости ИМ, что может достигаться возможностью перегруппировки, перекодирования информации, частичного сокращения или расширения ее объема, вызова на средства отображения более детализированных фрагментов ИМ управляемого объекта.

7.2 Типы информационных моделей

В связи с многообразием видов СЧМ реального времени, решаемых в них задач управления и используемой при этом информации существует большое количество различных **типов информационных моделей** (рисунок 7.1).

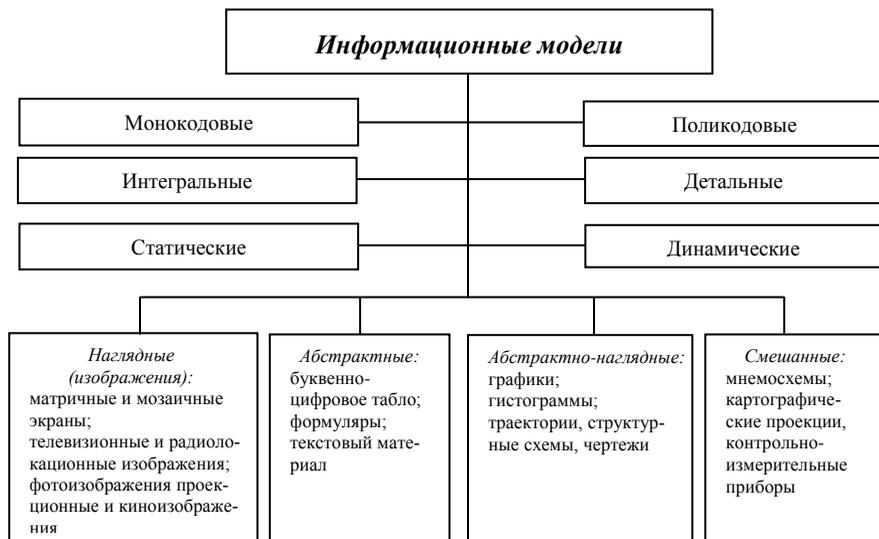


Рисунок 7.1 – Классификация информационных моделей

Информация может предъявляться оператору с помощью одно- и многопараметрических индикаторов. В зависимости от способа визуального кодирования информации различают моно- и поликодовые ИМ. При создании *монокодовых моделей* используется один алфавит символов. *Поликодовые ИМ* используют несколько алфавитов. В зависимости от полноты отображения обстановки ИМ могут быть

разделены на интегральные и детальные. *Интегральные модели*, как правило, характеризуют обстановку качественно без подробной детализации и используются на высших уровнях иерархии управления, для представления обобщенной информации на экранах средств группового или коллективного пользования. В *детальных ИМ* дается количественная характеристика управляемого процесса. В зависимости от способа организации информации в пространстве и во времени можно выделить *статические и динамические ИМ*. Динамические ИМ допускают последовательное отображение информации, т.е. развертку информационной модели во времени. По степени наглядности ИМ подразделяют на наглядные, абстрактные, абстрактно-наглядные (графические) и смешанные.

Наглядные модели (их называют также репродуктивными, пиктореальными, картинными или моделями-изображениями) являются некоторой копией, подобием отображаемого объекта; в них воспроизводятся (прежде всего, пространственные) свойства объекта. В зависимости от назначения модели степень подобия или полнота воспроизведения признаков объекта может быть различной – до почти полного воспроизведения объекта схемы, отображающей наиболее существенные признаки. Главная задача при разработке наглядных моделей – это определение признаков, которые целесообразно отобразить наглядно, и допустимой степени схематизации.

Наглядные информационные модели, или изображения, позволяют оператору сформировать образ, близкий к реальной обстановке, к реальному облику управляемого объекта. Человек способен оперировать отображаемым образом так, как он оперировал бы с образом реального объекта. В связи с этим задача тренировки и обучения оператора упрощается: нет необходимости изучать специальные коды, способы кодирования и декодирования информации. Этот класс ИМ позволяет передавать информацию с большой надежностью благодаря основным свойствам восприятия и избыточности изображений. Это является их существенным достоинством. К недостаткам можно отнести ограничение точности оценки при восприятии изображения возможностями зрительного анализатора (острота зрения, интерполяция). Важнейшими параметрами, характеризующими восприятие информации в данном типе ИМ, являются масштаб изображения, искажение формы и размера объектов, подбор градаций яркости, цвета. Модели имеют принципиальное отличие в способах получения изображений.

Главной чертой *абстрактных знаковых ИМ* является то, что информация, которую они передают человеку, представляется в отвлеченной форме. Основным элементом при построении таких моделей является знак. Различные параметры объекта отображаются в виде дискретных наборов знаков, которые могут передаваться одновременно или последовательно. Важным отличием абстрактных знаковых моделей от наглядных (изображений) является то, что при наблюдении изображений, возникающих в памяти человека, образ создается на уровне восприятия и представления, а при работе с

абстрактными знаковыми ИМ – на уровне речемыслительных процессов. Достоинство этих моделей в том, что они позволяют отображать такие свойства объектов, которые недоступны непосредственному наблюдателю. В процессе приема информации, передаваемой этими моделями, ведущая роль принадлежит процессам опознания и интерпретации. Существенным недостатком ИМ этого типа является трудность перевода системы знаков в наглядный образ. Однако эти модели дают возможность получить высокую точность передачи информации оператору.

Главная задача при разработке абстрактных моделей (их называют также символическими, условными, знаковыми, кодовыми) – это определение признаков, информацию о которых целесообразно передавать в знаковой форме, и выбор системы знаков, используемых для кодирования.

Абстрактно-наглядные (графические) ИМ имеют двойственную сущность: по отношению к объекту управления эти модели абстрактны, но по виду элемента и по способу построения являются наглядными. Достоинством таких ИМ является то, что они позволяют судить практически о любых признаках объектов в форме, сходной с изображением. Однако этот класс ИМ обладает существенным недостатком: точность оценки величин, отображаемых графически, ограничена возможностями зрительной системы.

Смешанные (комбинированные) ИМ получают в настоящее время все большее применение благодаря соединению достоинств описанных выше моделей. Информационная модель в виде мнемосхемы относится к классу комбинированных моделей и имеет признаки, присущие абстрактно-знаковым и графическим моделям, а иногда и изображениям. Мнемосхема используется в тех случаях, когда требуется отобразить события, имеющие сложную структуру и большое количество связей. Информация, передаваемая мнемосхемой, разнообразна и имеет большой объем. Поэтому формирование адекватного образа процесса без какой-либо основы у человека-оператора невозможно. В качестве этой основы выступает обучение оператора языку (алфавиту) мнемосхемы. Основная трудность при работе с мнемосхемой связана с тем, что она отражает множество функций, и в каждый момент времени на ней отражается релевантная и иррелевантная информация. Применяют различные меры для облегчения работы с мнемосхемой: разделение информации, облегчение информационного поиска и т.д.

Для удобства пользования комбинацию изображений, графических знаковых компонент часто представляют в виде карт. Обычно карта используется как статическая модель. Эффективность и надежность приема переработки информации, получаемой при изучении карт, зависит от многих параметров: масштаба, цветовых соотношений, координатной сетки, размеров знака и т.д. Информационная модель, построенная на основе контрольно-измерительных приборов, представляет собой комбинацию знаковых и графических способов отображения информации.

Выбор типа модели, отображающей осведомительную информацию, определяется задачей, решаемой наблюдателем. Если, например, задача предполагает оценку пространственного взаимоотношения объектов, то необходимо воспользоваться наглядной моделью. Абстрактная модель в случае ее использования потребует от оператора сложной системы мысленных преобразований знаков в наглядное представление, что может привести к ошибкам. Напротив, если задача требует таких отношений между объектами, которые недоступны непосредственному наблюдению, использование наглядных моделей усложнит деятельность наблюдателя, так как потребует от него кодирования наглядности данного изображения.

Модели используются для передачи наблюдателю не только осведомительной, но часто и командной информации. В этом случае применяются специальные изображения и знаки, указывающие последовательность и характер тех действий, которые нужно выполнить (например, разрешающие или запрещающие сигналы, сигналы «Внимание!» и т.д.). Сигналы, передающие командную информацию, могут быть включены в структуру осведомительной модели, а могут образовывать и специальную модель. При передаче командной информации используются сложившиеся в практике средства визуальной индикации (например, запрещающие действия – красный свет, слово «Стоп», перечеркнутое изображение и т.п.).

7.3 Построение информационных моделей в эргономике

При **создании информационных моделей**, предшествующем выбору СОИ, необходимо руководствоваться следующими эргономическими требованиями:

- по содержанию информационные модели должны адекватно отображать объекты управления, внешнюю среду и состояние самой системы управления;

- по количеству информации они должны обеспечивать оптимальный информационный баланс и не приводить к таким нежелательным явлениям, как дефицит или избыток информации;

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

Учет этих требований в процессе проектирования информационных моделей позволяет оператору выполнять возложенные на него функции с необходимой оперативностью и точностью, предотвращает появление ошибочных действий, обеспечивает эффективное функционирование системы «человек – машина».

В информационной модели должны быть представлены лишь основные свойства, отношения, связи управляемых объектов. В этом смысле модель воспроизводит действительность в упрощенном виде и всегда является некоторой

ее схематизацией. Степень и характер упрощения и схематизации могут быть определены на основе анализа задач систем «человек – машина».

При возникновении проблемной ситуации в управлении ее восприятие облегчается, если в информационной модели предусмотрено отображение:

- изменений свойств элементов ситуации, которые происходят при их взаимодействии. В этом случае изменения свойств отдельных элементов воспринимаются не изолированно, а в контексте ситуации в целом;

- динамических отношений управляемых объектов, при этом связи и взаимодействия информационной модели должны отображаться в развитии. Допустимо утрирование или усиление отображения тенденций развития элементов ситуации, их связей или ситуации в целом;

- конфликтных отношений, в которые вступают элементы ситуации.

Оптимальная организация структуры информационной модели позволяет быстро и точно воспринимать отображаемую ситуацию в целом. Одним из способов такой ее организации является хорошая компоновка. В информационной модели должен быть представлен набор сведений, находящихся в определенном и очевидном взаимодействии.

Модель должна быть наглядной, т.е. обеспечивать оператору возможность быстро и точно воспринимать данные. Однако объекты управления, их свойства и взаимодействия не всегда обладают наглядными признаками. В этом случае при разработке информационных моделей приходится решать задачи, близкие к тем, которые в методологии науки определяются как «визуализация понятий».

Порядок построения информационной модели, как правило, следующий:

- определение задач системы и очередности их решения;
- определение источников информации, методов решения задач, времени, необходимого на их решение, а также требуемой точности;
- составление перечня типов объектов управления, определение их количества и параметров работы системы;
- составление перечня признаков объектов управления разных типов;
- распределение объектов и признаков по степени важности, выбор критичных объектов и признаков, учет которых необходим в первую очередь;
- выбор системы и способов кодирования объектов управления, их состояний и признаков;
- разработка общей композиции информационных моделей;
- определение перечня исполнительных действий операторов, осуществляемых в процессе решения задачи и после принятия решения;
- создание макета, моделирующего возможную ситуацию, проверка эффективности избранных вариантов информационных моделей и систем кодирования информации;

- определение изменений по результатам экспериментов с композицией информационных моделей и систем кодирования, проверка эффективности каждого нового варианта на макете;
- определение на макете уровня профессиональной подготовки операторов и его соответствия заданному;
- составление инструкций работы операторов в системе управления.

Предложенный порядок построения информационных моделей намечен лишь в общем виде. Он может меняться в зависимости от специфики тех или иных систем управления и функций операторов.

7.4 Средства отображения информации и органы управления

Средства отображения информации (СОИ) – комплекс устройств и алгоритмов специальной обработки и отображения информации, предназначенных для предъявления оператору данных, характеризующих объект управления, ход технологического процесса, энергетические ресурсы, состояние средств автоматизации, каналов связи и прочее. С помощью СОИ оператор получает осведомительную информацию о состоянии объекта управления. Для выбора конкретных типов СОИ, их количества, способов взаимного размещения необходимо учитывать:

- особенности работы анализаторов оператора;
- закономерности формирования информационной модели;
- характер функций оператора в СЧМ;
- последовательность и степень важности выполняемых операций;
- скорость и точность работы.

Исходя из учета этих особенностей для операторов используются следующие виды СОИ:

- *по функции выдаваемой информации*: а) целевые (командные) – выражают конечную цель управления и дают сведения о необходимости действий (типа командных табло «Стойте», «Идите»); б) ситуационные индикаторы – дают информацию о ходе технологического процесса;

- *способу использования показаний*: а) для контрольного чтения – решается задача типа «да-нет», – произошло событие или нет (например, фиксация загорания индикаторной лампы на участке приближения табло дежурного по станции); б) для качественного чтения – индикаторы дают информацию о направлении изменения управляемого параметра (увеличивается, падает и т.д.); в) для количественного чтения – индикаторы дают информацию в виде численных значений;

- *форме сигнала*, т.е. по отношению свойств сигнала к свойствам объекта: а) абстрактные (такие символы, как цифры, буквы, геометрические фигуры и т.д.); б) в форме изображений – обеспечивается полнота изображения (например, использование промышленного телевидения);

– *степени детализации*: а) интегральные – в обобщенном виде представляется состояние объекта управления; б) детальные – с детализацией по элементам объекта;

– *уровню динамичности*: а) статические – не изменяющие состояния на достаточно большом периоде времени (нормативно-техническая информация); б) динамические;

– *числу операторов*: а) индивидуальные; б) коллективные.

– *форме представления*: а) сигнальные устройства; б) мнемосхемы; в) план-карты (графики); г) текст; д) символы; е) формуляры; ж) шкалы приборов; з) таблицы.

– *конструктивным принципам действия*: а) лампы накаливания; б) электромеханические; в) газоразрядные; г) люминесцентные; д) проекционные; е) электронно-лучевые трубки; ж) лазерные; з) голографические; в) на световодах и т.д.

Средства отображения информации являются технической основой для построения информационной модели процесса управления, с которой работает оператор в процессе управления.

Индикаторы. Индикатор (позднелат. *indicator* – указатель) – прибор (устройство, элемент), отображающий ход процесса или состояние объекта наблюдения в форме, удобной для восприятия человеком. *Индикаторы должны отвечать следующим требованиям:*

– позволять считывать информацию с требуемой точностью;

– исключать потерю информации из-за отражения внешнего освещения от поверхности индикатора. В некоторых случаях следует предусматривать специальные средства, предотвращающие ухудшение условий восприятия информации (экраны, колпаки, индикаторы, предохраняющие от освещения прямым солнечным светом, и т.п.);

– обеспечивать немедленную очевидность для оператора выхода из строя или неисправность индикатора;

– не иметь на лицевой стороне панели торговых знаков и наименований завода или фирмы-изготовителя, так же как и других обозначений, не связанных с функциями индикатора.

Стрелочные индикаторы. Они обычно используются при считывании количественных и качественных показателей, проверочном (контрольном) чтении, сравнении показателей. Скорость и точность считывания показаний во многом зависят от того, с какого участка шкалы ведется считывание. Круглые шкалы дают лучшие результаты при считывании показаний с центрального верхнего сектора, а горизонтальные – с центральной части шкалы (здесь они превосходят круглые); по мере же приближения к краям этих шкал скорость и точность считывания значительно падают. Форму шкалы нужно выбирать с учетом характера информации, для которой она предназначена.

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

Увеличение числа мелких отметок приводит к снижению скорости и точности считывания. Оптимальная величина самого малого интервала – 1,5 мм (дистанция наблюдения 750 мм). Если стрелка прибора останавливается между отсеками шкалы при считывании показаний, то возникает необходимость зрительной интерполяции. Наилучшие результаты интерполяции наблюдаются тогда, когда оператор должен мысленно делить отмеченный интервал не более чем на 4–5 частей.

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

Эффективность считывания определяется не абсолютной величиной диаметра шкалы, а ее отношением к дистанции наблюдения, т.е. угловыми размерами шкалы. Оптимальные угловые размеры диаметра шкалы находятся в пределах 2,5–5 градусов.

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

Важное значение при считывании показаний со шкал имеет *расположение стрелок и указателей*:

- стрелка должна доходить до наименьшей отметки шкалы, но не перекрывать ее (минимальное расстояние между концом стрелки и отметкой составляет не менее 0,4–0,8 мм, максимальное – не более 1,6 мм);
- рекомендуется, чтобы стрелка от центра вращения до самого кончика была того же цвета, что и отметки шкалы;
- стрелки для прямолинейных шкал должны быть отчетливо видны; их изготовляют довольно широкими у основания, но к концу, обращенному к шкале, они сужаются, переходя в ясно видимую точку;

– стрелки не должны закрывать цифр, а цифры следует размещать с наружной стороны шкалы.

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

При конструировании и размещении стрелочных индикаторов необходимо учитывать следующие требования:

– стрелочные индикаторы на панели следует устанавливать в плоскости, перпендикулярной линии взора;

– цифры должны быть нанесены на шкалы вертикально, а значение цифровых показателей на круглых шкалах должно возрастать по часовой стрелке;

– градуировка шкал не должна быть более мелкой, чем этого требует точность самого прибора;

– наилучшими являются шкалы с ценой деления 1, 5, 10; для шкал, установленных на одной панели, необходимо выбирать одинаковую систему делений и одинаковые цифры;

– при конструировании стрелок параллакс следует свести к минимуму; конец острия стрелки не должен быть шире самого малого деления, чтобы не заслонять цифр и отметок;

– при одновременном контрольном считывании с нескольких приборов стрелки устанавливаются так, чтобы они при нормальных условиях работы имели одинаковое направление;

– для облегчения контрольного считывания рабочие и перегрузочные диапазоны следует выделять цветом;

– необходимо, чтобы фон шкалы был матовым и на стенках приборов не наблюдалось бликов;

– поверхность шкалы не должна быть темнее панели, в то время как каркас шкалы может быть темнее;

– между цветом фона шкалы и цветом делений и надписей нужно сохранять максимальную контрастность.

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

Счетчики. Используются для получения количественных данных, когда требуется быстрая и точная индикация. Их следует ставить как можно ближе к поверхности панели, чтобы свести к минимуму параллакс и тени, обеспечить максимальный угол видения. При последовательном считывании цифры должны следовать друг за другом, но не чаще двух за 1 с.

Показания счетчиков, используемые для индикации последовательности работы оборудования, должны сбрасываться автоматически по завершении работы. Необходимо предусмотреть возможность ручного сброса.

Счетчики, по возможности должны иметь собственное свечение, а отделка поверхности барабанов счетчиков и окружающих их поверхностей должна сводить к минимуму отсвечивание. Целесообразен высокий цветовой контраст цифр и фона (черные цифры на белом фоне и наоборот).

Индикаторы с подсветом. Применяются для отображения информации, требующей немедленной реакции оператора либо привлекающей его внимание к состоянию системы. Такие индикаторы могут иногда использоваться персоналом, выполняющим функции технического обслуживания и регулирования.

Если индикаторы предназначены для использования в условиях различной освещенности, в них следует предусмотреть возможность регулирования яркости. Пределы регулирования яркости должны обеспечивать хорошую различимость информации, отображаемой на индикаторе, при всех предполагаемых условиях освещенности; индикаторы не должны казаться светящимися, когда они не светятся, и восприниматься погасшими, когда светятся. Для индикаторов на лампах накаливания рекомендуется также использовать лампы с резервными нитями накаливания или сдвоенные лампы, чтобы в случае отказа одной нити лампы сила подсвета уменьшалась, указывая тем самым на необходимость замены лампы, но не настолько, чтобы оператор не мог работать.

Индикаторные лампы, которые используются редко или только для целей технического обслуживания и регулирования, должны быть закрыты или невидимы при эксплуатации системы, но легко достигаемы. Следует предусмотреть возможность контроля ламп. Желательно, чтобы конструкция обеспечивала возможность проверки всех ламп сразу, а также съема ламп с лицевой индикаторной панели без применения инструментов или каким-либо иным быстрым и удобным способом.

Экраны индикаторов или стекла с надписями следует контролировать так, чтобы исключалась возможность случайной их перестановки.

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

Графопостроители. Используются для записи непрерывных графических данных. Вычерчиваемые штрихи должны быть легко видимы и не закрываться пером или его рычагом. Контраст между вычерчиваемой линией и фоном должен быть не менее 50 %. Для выходящего из графопостроителя бланка с вычерченными данными предусматривается специальное приемное

устройство. Для интерпретации графических данных оператор должен иметь вспомогательные средства, однако эти средства не должны затемнять или искажать полученные данные. При необходимости графопостроители следует располагать таким образом, чтобы в вычерченной информации можно было производить соответствующие записи и пометки, не снимая бланка с графопостроителя.

Знаковые светящиеся индикаторы. Предназначены для вывода смысловой буквенно-цифровой (символьной) информации с электронных вычислительных устройств – аналоговых, цифровых вычислительных машин, преобразователей, бортовых вычислителей и т.п. – посредством элементов памяти и коммутации. В зависимости от способа высвечивания используются знаковые индикаторы разного типа. Наиболее широкое применение получили электролюминисцентные и газоразрядные знаковые индикаторы.

Электролюминисцентные индикаторы синтезируют знаковую информацию на многосегментном матричном экране путем преобразования электрических сигналов в энергию свечения сегментов матрицы. Многоцветные электролюминисцентные индикаторы целесообразно использовать для многомерного кодирования знаковой информации. Например, общая форма знака может использоваться для кодирования типа объекта, количественных характеристик его состояния, а цвет свечения – для кодирования качеств этого состояния (норма, предаварийное, аварийное, работа резервного оборудования и т.п.).

Конструирование и выбор электролюминисцентных знаковых индикаторов ориентированы на достижение:

- необходимого уровня яркости знака, достаточного для его различимости по сравнению с фоном при заданных параметрах внешней освещенности;
- читаемости и различимости знаков в пределах заданной длины алфавита;
- соответствия применяемых цветовых оттенков общепринятым параметрам основной гаммы цветов, используемых для цветового кодирования;
- контраста светящихся сегментов с фоном; отсутствия бликов в зоне высвечивания знаков (многосегментный экран) как за счет внутренних, так и внешних источников подсветки;
- ремонтпригодности, возможности удобной замены вышедших из строя элементов;
- высокого уровня надежности безошибочного высвечивания всех сегментов синтезируемого знака за счет электронных схем контроля.

Цифровые знаковосинтезирующие электролюминисцентные индикаторы по начертанию цифр могут быть разделены на три основные группы: с привычным начертанием знаков; с удовлетворительной привычностью начертания; с непривычным начертанием знаков, рассчитанным на специально подготовленных операторов.

Газоразрядные знаковые индикаторы (аркотроны, декатроны, полиатроны и др.) выполняются в виде цифр, букв или других знаков. Их целесообразно использовать в тех случаях, когда нет ограничений на недопустимость параллакса, например когда считывание показаний может производиться под оптимальным углом зрения.

При разработке и выборе газоразрядных знаковых индикаторов следует добиваться:

- отсутствия или предельно допустимого значения параллакса при изменениях угла обзора;
- отсутствия или предельного уменьшения маскировки (затемнения, экранирования) задних светящихся знаковых электродов (катодов) передними;
- хорошей читаемости и взаимной различимости знаков; отсутствия засвечивания соседних знаковых электродов, заключенных в общий стеклянный баллон;
- возможности регулирования яркости свечения всех знаков; равномерности свечения в течение всего заданного периода высвечивания знаковой информации;
- малоинерционности высвечивания и гашения знаковой информации;
- отсутствия бликов, создаваемых как высвечивающимися знаками, так и внешними источниками освещения.

Сигнализаторы звуковые. Предназначены для привлечения внимания оператора. К ним относятся неречевые сообщения – источники звука, используемые на рабочем месте для подачи аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов в тех случаях, когда: сообщение одномерное и короткое; требует немедленных действий; место приема информации слишком освещено или затемнено; зрительная система оператора перегружена.

Конструкция звуковых сигнализаторов должна исключать возможность создания ложной тревоги. Устройство для звуковой сигнализации и его электрические цепи должны быть сконструированы так, чтобы тревожный сигнал сохранялся при отказе системы или оборудования.

Звуковые сигнализаторы неречевых сообщений должны:

- привлекать внимание оператора путем неожиданной подачи сигнала, изменения уровня звукового давления, увеличения длительности звучания, частоты следования;
- сообщать оператору об отказе или изменениях в системе «человек – машина»;
- не перегружать слуховой анализатор оператора, не отвлекать внимание других операторов, не мешать речевой связи, не утомлять оператора, не оглушать его при увеличении уровня звукового давления сигнала и не пугать при неожиданном появлении.

В звуковых сигнализаторах при наличии ручного отключения должен быть обеспечен автоматический возврат схемы в исходное положение для получения очередного управляющего сигнала.

Частотная характеристика тональных сигналов должна быть в пределах 200–5000 Гц. При наличии высокочастотного маскирующего шума допускается расширение предела до 10 000 Гц.

При наличии в помещении постов управления акустическими экранами частотная характеристика тональных сигналов рекомендуется в пределах 200–1000 Гц. При изменении частоты тона шаг изменения должен быть не менее 3 % по отношению к исходной частоте.

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

Уровень звукового давления сигналов на рабочем месте должен быть в пределах от 30 до 100 дБ. При маскировке шумом предельно допустимые уровни звукового давления сигналов должны быть от 110 до 120 дБ.

При изменениях уровня звукового давления шаг изменения должен быть не менее 3 дБ. Уровень звукового давления аварийных сигналов должен быть не выше 100 дБ, предупреждающих – не выше 80–90 дБ, а уведомляющих – не менее чем на 5 % ниже по отношению к уровню звукового давления аварийных сигналов.

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

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

При маскировке шумом используют звуковые сигналы, частота которых как можно больше отличается от наиболее интенсивных частот шума. Необходимо обеспечивать превышение порога маскировки звуковых сигналов от 10 до 16 дБ.

Словесные сигналы предостережения состоят из речевого настоятельного сигнала для привлечения внимания, а также из краткого стандартизованного речевого сигнала, который идентифицирует конкретные условия и предлагает соответствующие действия. Уровень словесных сигналов тревоги для критичных ситуаций должен быть по крайней мере на 20 дБ выше уровня помех в месте расположения оператора, принимающего сигнал. Голос, используемый для записи словесных сигналов предостережения, должен иметь хорошую дикцию, быть официальным, беспристрастным и

спокойным. Слова должны быть разборчивыми, соответствовать смыслу ситуации и краткими. Критические сигналы предостережения следует повторять с паузой не менее 3 с между сообщениями до тех пор, пока положение не будет исправлено.

Система словесного предупреждения должна иметь блокировку режимов, выполненную таким образом, чтобы не допускать передачи сообщения, не имеющего отношения к сложившейся ситуации.

Громкость звукового сигнала предостережения должна регулироваться оператором или автоматически, с учетом производственных условий и факторов безопасности операторов. Движение регулятора громкости должно быть ограничено, чтобы любой сигнал был слышен оператору. В системе предостерегающей сигнализации предусматриваются средства для ручного регулирования громкости. Длительность звуковых сигналов предостережения должна быть не менее 0,5 с и может продолжаться до соответствующей реакции (корректирующего действия) оператора или автомата. Завершение корректирующего действия должно автоматически прекращать сигнал.

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

Органы управления. Проектирование и выбор органов управления зависят от следующих факторов:

- структуры и особенностей деятельности оператора как при нормальной работе систем, так и при их отказе;
- антропометрических, психофизиологических характеристик человека;
- управляющих действий, которые должен производить оператор (включение, переключение, регулирование);
- рабочего положения тела человека; динамических характеристик рабочих движений (усилия, точность, диапазон, траектория и т.д.);
- технических характеристик объекта управления; информации, на которую должен отвечать человек или которую должен вводить в машину;
- места расположения органа управления (на панелях пульта или вне его);
- характеристик рабочей среды (освещенность, вибрация, помехи и т.д.);
- наличия или отсутствия спецодежды и средств индивидуальной защиты.

Орган управления состоит из приводного элемента и исполнительской части. Размеры и форма приводного элемента рассчитываются в соответствии с размерами и формой тех частей тела человека, с которыми он соприкасается.

Различают ручные и ножные органы управления. Предпочтение следует отдавать ручным органам, поскольку руками можно управлять множеством органов различного типа, а для каждой ноги могут быть предназначены не более двух. Ручные органы управления рекомендуется ис-

пользовать тогда, когда важны точность установки органа управления в определенное положение, скорость манипулирования, а также когда нет необходимости в непрерывном или продолжительном приложении усилий в 90 Н и более.

Усилия, прилагаемые к органам управления, не должны превышать допустимые динамические и (или) статические нагрузки на двигательный аппарат человека.

Размещение органов управления на рабочем месте. При размещении органов управления следует учитывать:

- структуру деятельности человека; требования к частоте и точности движений; к величине прилагаемых усилий; положение тела и условия формирования рабочей позы; размеры моторного пространства; условия сенсорного контроля, поиска и различения органов управления;

- условия идентификации функций органов управления; опасность неумышленного изменения функционального положения органов управления.

Требования к размещению органов управления касаются их размещения на рабочем месте относительно работающего, группирования и взаимного расположения на панели, относительно СОИ или управляемых объектов. Размещение органов управления на рабочем месте оказывает значительное влияние на эффективность и надежность работы системы. Органы управления должны быть сгруппированы в моторном пространстве рабочего места или на нескольких его участках. Органы управления постоянного действия, а также часто используемые и аварийные следует всегда размещать в пределах оптимальных границ, а органы управления периодического и эпизодического действия – в пределах минимальных и максимальных границ моторного пространства. Справа следует размещать органы управления постоянного действия или наиболее часто используемые, поскольку большинство людей действует преимущественно правой рукой.

Размещение органов управления зависит от характера рабочего движения (толкание, давление, вращение и т.п.) и должно способствовать поддержанию рациональной рабочей позы (выпрямленный корпус, исключение частых наклонов туловища, поворотов головы, держания рук на весу и т.п.).

По возможности, органы управления нужно размещать так, чтобы работающий мог менять положение тела и позу. Большинство ручных органов управления постоянного действия должно располагаться на уровне локтя (над полом, сиденьем) или чуть ниже, что является оптимальным для работ, выполняемых стоя и сидя (рисунок 7.2). Редко используемые ручные органы (2–3 раза в смену) могут располагаться на уровне плечевого пояса или луче-запястного сустава.

Органы управления должны отстоять от передней поверхности туловища оператора не менее чем на 150 мм. Оптимальная зона расположения органов управления находится на средней линии от максимальной и мини-

мальной границ досягаемости в горизонтальной плоскости по глубине и ширине (рисунок 7.3).

Органы управления не следует располагать на внешних границах зон досягаемости для рук. Органы управления, которые при случайном изменении их положения могут привести к нежелательным последствиям в состоянии оборудования или безопасности работающих, следует располагать на периферии моторного пространства или применять другие меры предосторожности.

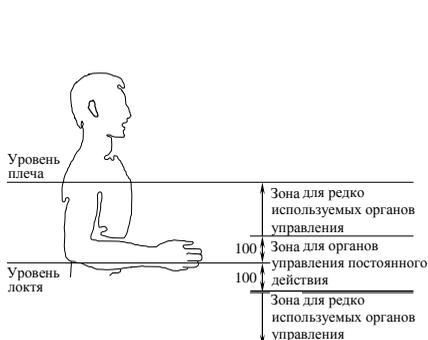


Рисунок 7.2 – Рекомендуемые зоны для размещения органов управления в вертикальной плоскости

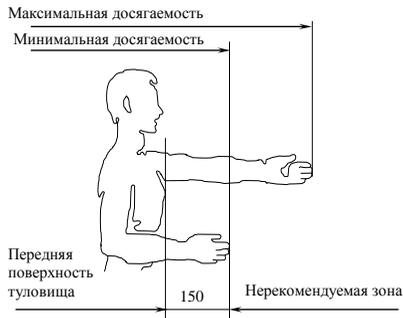


Рисунок 7.3 – Рекомендуемые зоны досягаемости по глубине в горизонтальной плоскости

Часто используемые и функционально важные органы управления должны располагаться в пределах между минимальной и максимальной границами досягаемости моторного пространства.

На коллективных рабочих местах органы управления совместного пользования следует размещать в общей или пограничной между работающими зоне моторного пространства.

Оператор должен иметь возможность манипулировать органами управления при согнутом локте под углом 90–145°. Положение органов управления должно легко контролироваться, если управляющая деятельность требует экстренного обзора группы органов управления. Хороший обзор и удобство использования органов управления достигаются путем ориентирования органов управления и пультов на каждого оператора. С этой целью следует устанавливать:

- горизонтальные панели боковых пультов с наклоном в продольном направлении не менее 5°, а в поперечном – не более 45°;
- боковые вертикальные панели с наклоном не менее 10° относительно оператора;

– вертикальные панели центрального пульта управления с наклоном не менее 15° в направлении оператора.

Если в рабочей системе имеется несколько пунктов управления сходного или сопряженного характера, то сходные или сопряженные по функции органы управления следует располагать на одних и тех же местах панелей управления. Если это требование выполнить невозможно, нужно четко отметить изменения в размещении органов управления.

При большом количестве органов управления их следует сосредоточивать на панелях пультов управления, щитов и т.п.

Независимо от типа органы управления должны быть логически сгруппированы в определенную пространственную структуру с учетом:

– функционального назначения (принадлежность к одному комплексу оборудования, системе, агрегату, функциональному узлу);

– последовательности использования в зависимости от алгоритма деятельности оператора;

– времени использования (в период функционирования системы или ее подготовки к эксплуатации);

– характера режима работы системы и значимости органа управления для работы системы. При затруднении с реализацией этих требований предпочтение следует отдавать принципу группирования по функциональному назначению системы. Нельзя располагать рядом органы управления, используемые при нормальной работе и в аварийных ситуациях.

Одинаковые типы органов управления следует располагать так, чтобы они обеспечивали один и тот же эффект управления, если совпадает направление их манипулирования (исключением являются ручные и ножные тормоза на транспортных средствах).

Если объект управления включается или выключается при помощи двух кнопок, то пусковую следует помещать выше кнопки выключения или справа от нее.

Органы управления одинаковыми системами должны располагаться на пульте в соответствии с реальным расположением этих систем или объектов по отношению к его осям симметрии. Например, для объектов управления, расположенных справа от оператора, соответствующие им органы управления должны располагаться на пульте справа от сагиттальной оси симметрии.

При определении расстояния между приводными элементами во внимание принимаются одновременность или последовательность использования органов управления, способ захвата приводного элемента, его размеры, направление его перемещения, необходимость работы вслепую, возможность случайного включения, наличие спецодежды и спецобуви, наличие вибрации, степень подвижности рабочего места.

При последовательном использовании органов управления их следует располагать по горизонтали слева направо или сверху вниз, а в пределах ряда – сверху вниз и слева направо и как можно ближе друг к другу. При манипулировании органами управления вслепую расстояние между смежными краями приводных элементов должно быть не менее 150–300 мм, в зависимости от зоны расположения органа управления. При работе с органами управления в перчатках это расстояние должно быть увеличено.

Ручные органы управления следует размещать так, чтобы ни приводной элемент, ни рука работающего не закрывали расположенных рядом СОО. Перемещение органа управления при выполнении рабочих операций должно быть простым, легким, удобным и обеспечивать максимальную эффективность воздействия. Величина перемещения должна быть оптимальной и согласована с требованием точности.

При проектировании органов управления должен соблюдаться принцип совместимости двигательной реакции операторов и показаний индикаторов, согласно которому показания индикатора должны вызывать естественные (ожидаемые) движения, соответствующие стереотипам двигательных реакций человека (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Учет стереотипов движений при выборе направления движения органов управления

Движение или состояние управляемого объекта	Направление управляющего воздействия	
	Рычаги, тумблеры	Маховики, поворотные регуляторы, штурвалы
Вверх Вперед Вправо Включено Открыто Подъем	Вверх, вперед (от себя), вправо	По часовой стрелке
Вниз Назад Влево Выключено Закртыо Спуск	Вниз, назад (на себя), влево	Против часовой стрелки

Направление перемещения органа управления по возможности должно быть mnemonic согласовано с воздействием, оказываемым на систему или ее отдельные агрегаты.

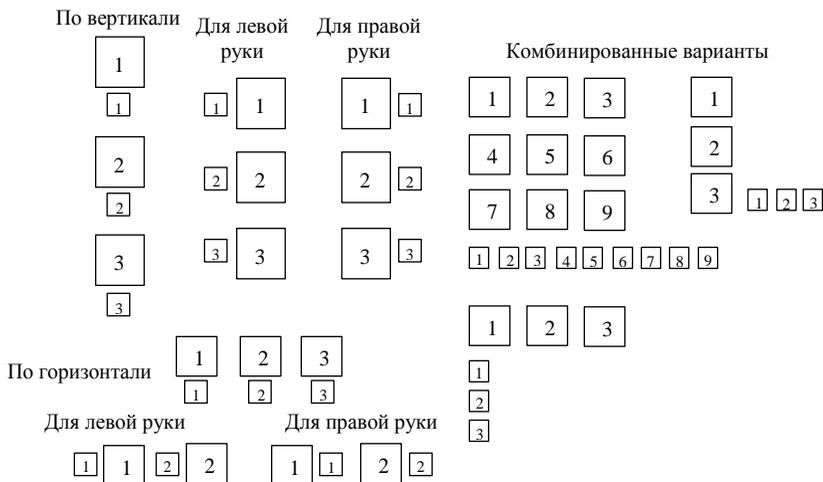
Если на панели расположено большое количество взаимосвязанных ручных органов управления и средств отображения информации, рекомендуется каждый орган управления располагать непосредственно под связанным с ним индикатором: справа от него – для правой руки, слева – для левой руки.

При размещении органов управления и соответствующих им средств отображения информации на разных панелях необходимо, чтобы:

- органы управления занимали положение, соответствующее положению связанных с ними СОИ;
- панели с органами управления и СОИ не размещались против друга;
- все индикаторы располагались в верхней части панели, а все органы управления – в ее нижней части.

При использовании концентрических поворотных ручек, связанных с индикаторами, последние следует располагать в ряд слева направо, причем центральная ручка должна соответствовать крайнему левому индикатору, средняя – среднему, а периферическая – крайнему правому.

Если индикаторы, расположенные горизонтальными колонками, связаны с таким же образом расположенными органами управления, то крайний левый (верхний) индикатор должен соответствовать крайнему левому органу управления в верхнем ряду колонки, а крайний правый (нижний) индикатор – крайнему правому органу управления в нижнем ряду колонки (рисунок 7.4).



Условные обозначения:

-  – средство отображения информации;
-  – орган управления

Рисунок 7.4 – Рекомендуемые варианты размещения органов управления и средств отображения информации

Приводные элементы органов управления. При расчете конструктивных параметров приводных элементов следует исходить из вида управляющих движений (при условии оптимального расположения их относительно человека и панели управления), типа захвата и возможности минимизации прилагаемых усилий, заданного диапазона точности, быстродействия и надежности управляющего движения.

При расчете прилагаемых усилий необходимо учитывать:

форму и размер захватной части органа управления;

– рабочее положение тела и степень его устойчивости (например, на движущемся объекте);

– положение управляющей части тела (руки, ноги) в пространстве;

– частоту рабочих движений; направление приложения усилия в процессе совершения управляющего движения;

– физические возможности работающего (пол, возраст, рост, вес, силу соответствующих мышц при совершении движений).

При расчете прилагаемого физического усилия следует исходить из его оптимальной нормы для легких и средних работ (10–15% максимальной силы в задаваемом направлении движения).

Конструкция органа управления должна предусматривать такое расположение осей передвижения приводных элементов, которое оптимально учитывало бы их пространственное положение на оборудовании по отношению к направлениям движений руки (ноги).

Все органы управления должны быть легко опознаваемы, информировать о состоянии управляемого объекта и позиции приводного элемента в любой момент приложения управляющего усилия. Приводные элементы органов управления должны различаться между собой как минимум по двум – трем признакам. Для этих целей используется кодирование формой, цветом, размером и размещением.

Форма приводных элементов органов управления должна быть наглядной, удовлетворять требованиям мнемоники и облегчать их использование. Для аварийных органов управления нужно предусматривать возможность не только зрительного, но и тактильного опознания. Кроме того, форма приводного элемента органа управления должна быть обусловлена морфологическими и физиологическими особенностями управляющих звеньев человеческого тела (пальцы, ладонь, стопа и др.), не должна вызывать излишних деформаций и неравномерных мышечных нагрузок при выполнении управляющих движений. Материал, из которого изготавливаются захватные части, должен быть гигиеничным, приятным на ощупь. Края органа управления должны быть закруглены и не иметь заусенцев.

Окраска приводных элементов органов управления должна производиться в соответствии с их функциональным назначением. Например, органы управления, относящиеся к кислородной системе питания, окрашиваются в голубой цвет, аварийные органы управления – в красный.

Конструкция аварийных органов управления и органов управления, случайное включение или выключение которых может привести к возникновению опасной ситуации, должна исключать возможность их непроизвольного включения или выключения. В частности, органы управления, использование которых недопустимо во время срабатывания автоматических устройств (например, при ликвидации аварий), должны блокироваться. К средствам блокировки относятся: защитные скобы, фиксаторы, предохранительные устройства, заглабления.

Кнопки и клавиши. Применяются для проведения быстрых операций типа «включено – выключено», требуют при управлении незначительных физических усилий, позволяют осуществлять управляющие действия с наибольшей скоростью.

Приводной элемент кнопки при нажатии перемещается вдоль оси фиксации, а клавиши – поперек оси (рисунок 7.5, таблица 7.2). Приводные элементы кнопок и клавишей должны иметь автоматическое возвратное движение. Кнопка может быть прямоугольной или круглой, а клавиша, как правило, всегда прямоугольная.

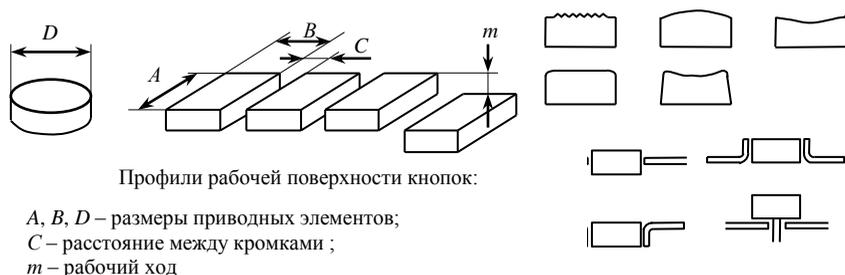


Рисунок 7.5 – Варианты размещения приводного элемента относительно рабочей плоскости

Рабочая поверхность кнопки может быть вогнутой или выпуклой, в зависимости от диаметра и способа нажатия. Покрытие кнопки должно быть гладким и выполнено из материалов с высоким коэффициентом трения либо иметь насечку, нетравмоопасную для кожи пальцев. При частом использовании этого типа быстродействующих выключателей (переключателей) целесообразно применять кнопки четырехугольной формы с закругленными углами и верхней кромкой. При редком использовании их можно заменять кнопкой круглой формы. Включение кнопки должно вызывать ощущение слышимого щелчка или ощущение других модальностей: тактильное, звуковое, световое (либо их сочетания в соответствии с избранной формой кодирования управляющего воздействия). Цвет кнопки должен отличаться от цвета панели: на темных панелях устанавливают светлые кнопки, на светлых – темные или ярких, насыщенных тонов.

Таблица 7.2 – Основные характеристики и конструктивные параметры приводных элементов кнопок и клавишей

Орган управления	Усилие нажатия, Н	Минимальные размеры, мм		Расстояние между кромками С, мм	Рабочий ход Т, мм	Частота нажатия в минуту (не более)	Примечание
		А×В	Д				
Кнопка под указательный палец	До 1	10×5	3–5	15	До 2	2 раза	Микроэлектронная аппаратура
	1–2	12×7	10	15	2–3	10 раз	Панели и пульта управления электроустановок радио- и электронной аппаратуры
	2–4	18×8	12		3–5		
	4–8	20×12	15		4–6		
Кнопка под большой палец	8–20	–	30	30–50	3–8		
	20–35		30		5–8		
Кнопка под ладонь	10–50	–	50	50–75	5–10	3 раза	В особых случаях
Клавиша	До 2,5	10	–	8–15	3–5	10 раз	Панели и пульта управления электроустановок радио- и электронной аппаратуры
	2,5–4,0	15			4–6		
	4–6	18	–	–	4–6	1 раз	
	6–16	18–20			5–10		

В целях исключения возможности случайного включения соседних кнопок расстояние между краями соседних кнопок должно составлять не менее 15 мм, при работе в перчатках – не менее 25 мм, а для кнопок, нажимаемых большим пальцем, – не менее 50 мм. В случае применения включателей (переключателей) при освещенности менее 300 лк и частоте нажатия более 5 раз в минуту размер приводных элементов между ними следует увеличить в 1,5–3 раза, а максимальное усилие должно быть не более 0,6 Н. Для особо важных команд целесообразно использовать клавиши, имеющие фиксатор или защелку, хорошо читаемую надпись, состоящую не более чем из трех строк. Для контроля операции включения клавишей целесообразно использовать подсвет.

Рычажные переключатели (тумблеры). Применяются для быстрого включения, выключения и переключения режимов работы, не требуют при управлении больших физических усилий, хорошо опознаются на рабочем месте, позволяют осуществлять операции с большой скоростью.

Форма приводного элемента (рычажной части) тумблера может быть конусообразной, многогранной или цилиндрической с расширением на конце в виде шарика или лопатки. При кодировании тумблеров их форму можно изменять, однако не должно быть острых кромок и граней. Можно кодировать тумблеры и разные позиции приводного элемента цветом, надписями и символами.

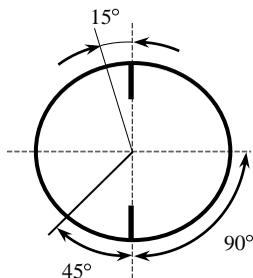
На приводном элементе тумблера не допускаются плоские грани с радиусом перехода менее 0,2 мм – для тумблеров легкого типа и менее 0,5 мм – для тумблеров тяжелого типа. Приводной элемент тумблера должен иметь длину не менее 10–15 мм и толщину в расширенном участке 3–5 мм. Межпозиционные перемещения рычажка должны выполняться в секторе 40–60° – для двухпозиционного тумблера и в секторе 30–50° – для трехпозиционного.

Положение тумблера, характеризующее его состояние, должно легко распознаваться визуально, тактильно и на слух (как щелчок). Позиция приводного элемента «верх» должна соответствовать состоянию «включено», «низ» – состоянию «выключено». Тумблеры легкого типа должны рассчитываться на усилия до 7 Н, тяжелого – на усилия 7–25 Н.

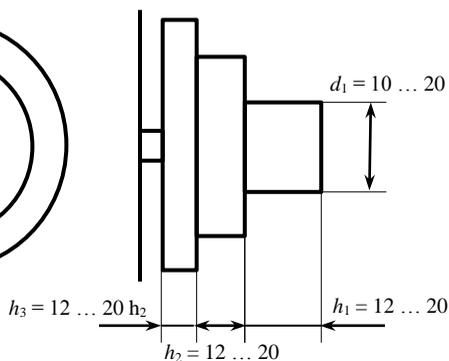
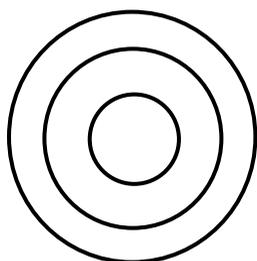
Поворотные переключатели и регуляторы. Применяются для операций включения – выключения, плавного непрерывного или ступенчатого регулирования. Действия с ними требуют незначительных усилий, кодирование их легко осуществимо. Конструкция их должна обеспечивать сигнализацию об установлении каждой дискретной позиции посредством слышимого щелчка или ощущаемого скачкообразного изменения (рисунки 7.6, 7.7).

Приводные элементы поворотных переключателей ступенчатого действия (селекторные переключатели) должны иметь указатель (стрелку, точку, метку и др.), а также надежное устройство подпружинной фиксации положения, которое должно обеспечивать возможность быстрого и однозначного определения позиции переключения. На регуляторы не следует наносить никаких надписей. Исключение составляют органы управления, расположенные близко друг к другу, а также приводные элементы шкального типа (с лимбом).

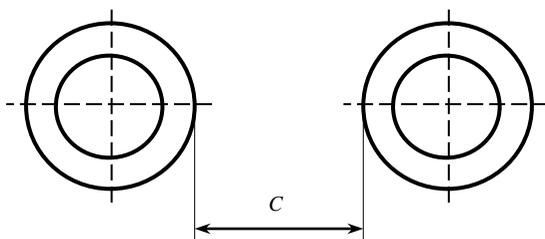
Торцевые переключатели используются для ввода цифр при одновременном их считывании (проверке). Торцевой переключатель дискретного действия должен иметь в каждой позиции приводного элемента либо слегка вогнутую рабочую поверхность, либо несколько выступающий участок с накаткой. Кодирование можно осуществлять положением, пометками и цветом. Для позиций «включено» и «нормально» следует использовать цветовое кодирование. Возможность цифрового отсчета позиций торцевого переключателя должна быть обеспечена для всех рабочих поз оператора. Переключатели дискретного действия необходимо снабжать пружинными фиксаторами.



Минимальные углы между позициями:
 15 ° – при визуальном контроле;
 30 ° – без визуального контроля;
 45 и 90 ° – максимально допустимые углы
 между позициям

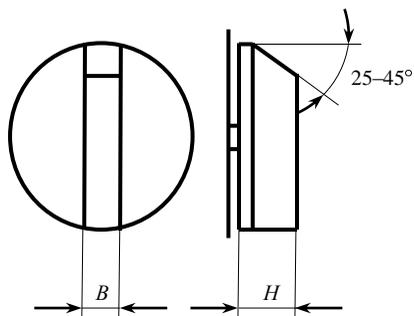


Соосные рукоятки переключателей и регуляторов

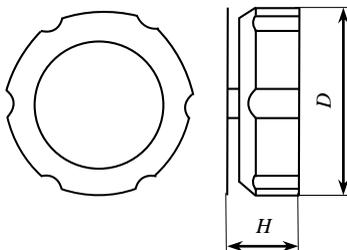


Расстояние между краями соседних ручек C , мм, не более:
 при захвате большим и указательным пальцами – 20;
 то же, в перчатках – 25;
 всеми пальцами – 50;
 двумя руками – 70

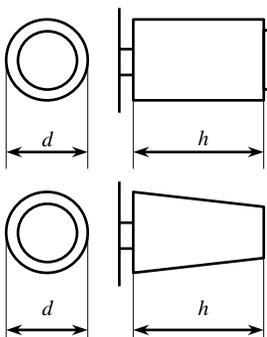
Рисунок 7.6 – Требования к дискретным переключателям



Тип I – для дискретного позиционирования (захват пальцами)



Тип II – для грубого регулирования (захват всеми пальцами)



Тип III – для точного позиционирования, арретирования (захват пальцами)

Рисунок 7.7 – Основные конструктивные параметры поворотных ручек и переключателей

Селекторные переключатели следует использовать для дискретного переключения от 3 до 24 исполнительных позиций. Они должны быть снабжены пружинным фиксатором положений, движущейся стрелкой, ориентирной опорной линией, а также неподвижной шкалой. Контрастность ориентирной линии должна составлять не менее 50 % цвета всего переключателя. Стрелка должна быть максимально приближена к шкале, чтобы параллакс от расстояния между позициями шкалы составлял не более 25 %. Возможно кодирование стрелок формой при группировании нескольких селекторных переключателей с различными функциями. При этом необходимо избегать расположения позиций переключателей против друг друга. Для крайних позиций приводного элемента необходимо предусматривать стопоры. При манипулировании переключателями шкала не должна прикрываться рукой. Если управление переключателями осуществляется левой рукой, то деления на шкале и надписи следует размещать сверху и справа от переключателя; если правой рукой – то сверху и слева от него. Отметки часто используемых режимов включения целесообразно располагать в наиболее удобной для обзора части шкалы.

Размеры рукоятки электронного переключателя должны находиться в пределах: диаметр – 20–120 мм, ширина – 2–15 мм, высота – 10–55 мм.

Ручкам, рассчитываемым на точную регулировку, необходимо обеспечить диапазон поворотов на 30 – 60 градусов в каждую сторону от нулевой точки, а у рассчитываемых на большое усилие боковые поверхности должны быть ребристыми для обеспечения надежного захвата. Расстояние между краями соседних ручек при работе пальцами должно составлять не менее 20 мм, при работе в перчатках – не менее 25 мм, при работе кистью – не менее 50 мм, при работе двумя руками – не менее 70 мм (таблица 7.3).

Маховики и штурвалы. Предназначены для ступенчатых переключений и плавного регулирования, выполняемых одной или двумя руками. Они применяются в условиях, требующих значительных усилий либо точного регулирования.

Маховик (ручное колесо со спицами или без них) – орган управления диаметром более 50 мм; **штурвал** (рулевое колесо) – вид маховика, применяется для изменения направления движения объекта (рисунок 7.8).

Для улучшения обзора управляемых объектов и удобства движения ногами рекомендуется использовать штурвал с двумя рукоятками, вращающимися на 90–120°.

Обод маховика должен иметь круглую, овальную или близкую к ним форму, его поверхность не должна иметь острых углов и заусенцев; допускается волнистое профилирование. Рукоятки вращения маховика должны быть удобными для захвата и обеспечивать надежное удержание в процессе управления; предпочтительны цилиндрическая, веретенообразная, грушевидная и другие удлинённые формы с гладкой или рифленой поверхностью.

Таблица 7.3 – Основные характеристики четырех типов поворотных выключателей и переключателей

Сопротивление перемещению на оси переключателя, Н	Размеры приводного элемента, мм							Усилие, необходимое для перемещения приводного элемента, Н
	I			II–IV		III		
	Длина <i>L</i>	Ширина <i>B</i>	Высота <i>H</i>	Диаметр <i>D</i>	Высота <i>H</i>	Диаметр <i>D</i>	Высота <i>h</i>	
До 0,5	–	–	–	–	–	6	12	1,6
0,5–1	–	–	–	–	–	10	13	2
1–1,5	–	–	–	–	–	15	13	2
1,5–2	–	–	–	–	–	20	15	2
2–2,5	–	–	–	–	–	40	25	1,2
2,5–4	–	–	–	–	–	50	25	1,6
4–5	–	–	–	50	38	–	–	1,6
5–10	–	–	–	60	40	–	–	3,3
10–15	–	–	–	70	45	–	–	4,2
15–20	–	–	–	75	45	–	–	5,3*
20–50	–	–	–	80–100	55	–	–	10**
50–100	–	–	–	100–200	55	–	–	16,6***
До 2	20	2–3	10	–	–	–	–	2
2–3	25	3–4	12	–	–	–	–	2,4
3,5–5	30	3–5	12	–	–	–	–	3,3
5–10	35	3–5	15	–	–	–	–	5,7
10–15	40	5–8	15–18	–	–	–	–	7,5
15–30	45	5–10	20	–	–	–	–	13,3*
30–50	55	8–12	25	–	–	–	–	18,1**
50–100	90	12–15	40	–	–	–	–	22,2***

* Частота переключений не более 3 раз в мин.
** Частота переключений не более 2 раз в мин.
*** Частота переключений не более 1 раза в мин.

Оси вращения маховика и штурвала, рассчитываемые на управление двумя руками сидя, следует располагать в плоскости симметрии сиденья с отклонением не более 50 мм. Плоскость вращения маховика без рукоятки, вращаемого одной рукой сидя или стоя, должна находиться под углом от 10 до 60° по отношению к предплечью, а с рукояткой – под углом от 10 до 90° при вращении кистью с предплечьем и от 10 до 45° при вращении всей рукой (рисунок 7.9).

Маховики управления, за исключением рулевых колес, штурвалов, должны иметь надписи и указатели положения, располагающиеся непосредственно на маховиках либо рядом. Кодирование назначения маховиков целесообразно производить формой и размером, ободов – цветом и расположением в моторном пространстве. Конечные позиции маховика и штурвала следует снабжать стопором, а маховики, предназначенные для ступенчатых переключений, должны иметь пружинные фиксаторы.

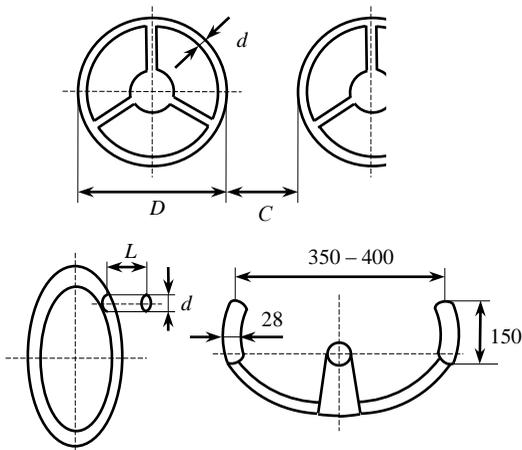


Рисунок 7.8 – Основные конструктивные параметры маховиков и штурвалов

$\alpha = 10 \dots 60^\circ$;

$\beta = 10 \dots 90^\circ$ – при вращении кистью с предплечьем;

$\beta = 10 \dots 90^\circ$ – при вращении всей рукой

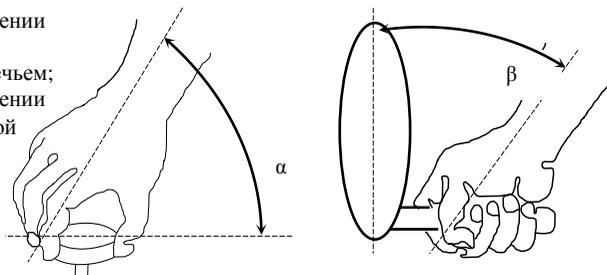


Рисунок 7.9 – Взаимное расположение оси предплечья и плоскости вращения маховика без рукоятки и с рукояткой

Для повышения точности управления сопротивление рукояток усилию оператора должно составлять 7–12 Н. При переключении позиций маховиков с дискретным управлением дополнительное усилие, прикладываемое для перехода через фиксационную точку, не должно превышать 10 % от основного. Минимальный интервал между позициями при ступенчатом переключении должен составлять 45° ; допустимо кодирование позиций постепенным дискретным изменением необходимых дополнительных усилий от 0,6 до 0,1 Н. Основные размеры маховиков и штурвалов приведены в таблице 7.4, а усилия, прилагаемые к ним, – в таблице 7.5.

Рукоятки маховиков, предназначенные для работы двумя руками, целесообразно делать поворачивающимися на своих осях, а рукоятки маховиков, рассчитываемых на работу одной рукой, должны иметь жесткую фиксацию и гладкую поверхность.

Таблица 7.4 – Основные размеры маховиков и штурвалов

Способ вращения	Обод					Рукоятка			
	диаметр наибольший D , мм		поперечное сечение d , мм		Расстояние между ободами C , мм	длина L , мм		диаметр наибольший d , мм	
	допустимый	оптимальный	допустимое	оптимальное		допустимая	оптимальная	допустимый	оптимальный
Двумя руками за обод	140–1000	350–400	10–40	25–30	100*	–	–	–	–
Одной рукой за обод	50–140	75–80	10–25	15–20	50	–	–	–	–
Кистью за рукоятку	150–400	250–300	150–400	–	–	75–150	100–120	15–35	25–30
Пальцами за рукоятку	50–200	75–100	50–200	–	–	30–75	40–50	10–20	15–18

* При работе в рукавицах или перчатках – 130 мм.

Таблица 7.5 – Усилия, прилагаемые к маховикам и штурвалам

Способ вращения	Максимальное усилие, Н					
	Маховики с рукояткой	Маховики и штурвалы без рукояток при частом использовании, раз/смену				
		более 960	960–241	240–17	16–5	менее 5
Преимущественно пальцами и кистью	10	–	–	–	–	–
Преимущественно кистью с предплечьем	20	5	10	20	30	60
Всей рукой (мышцы кисти, предплечья и плеча)	40	10	20	30	40	150
Двумя руками	–	60	60	60	60	200

Для одновременного управления по двум или более параметрам допустимо сочетать конструкцию маховика или штурвала с другими органами управления (рычаг, кнопка, защелка и др.). При совместных управляющих действиях двумя руками на двух маховиках направления вращательных движений должны быть взаимно противоположными. Маховики следует монтировать на панели так, чтобы при управляющих движениях рука не закрывала надписей, мнемознаков или индикаторов. Для этого целесообразно все обозначения и надписи размещать сверху и справа от обода – при работе левой рукой, сверху и слева – при работе правой рукой.

Кривошипные рукоятки. Применяются для переключений, требующих быстрого вращения и многих оборотов органа управления или передачи значительных физических усилий на исполнительный орган.

Кривошипные рукоятки рекомендуется располагать справа (слева) от срединно-сагиттальной плоскости корпуса работающего, если вращение производится правой (левой) рукой, на высоте верхней трети бедра при работе стоя и на высоте локтя при работе сидя. При необходимости их можно устанавливать на маховике; кривошипная ручка служит для быстрого проворачивания, а маховик – для точной регулировки. Если кривошипная ручка используется для точной регулировки, то каждый оборот ее должен соответствовать значениям, кратным 1, 10, 100 и т.д. Рукоятка кривошипа должна свободно вращаться вокруг своей оси, которую рекомендуется устанавливать в горизонтальном положении перпендикулярно к фронтальной плоскости. Если ось кривошипа устанавливается вертикально, то высота кривошипной рукоятки должна находиться на уровне локтя или чуть ниже (рисунок 7.10).

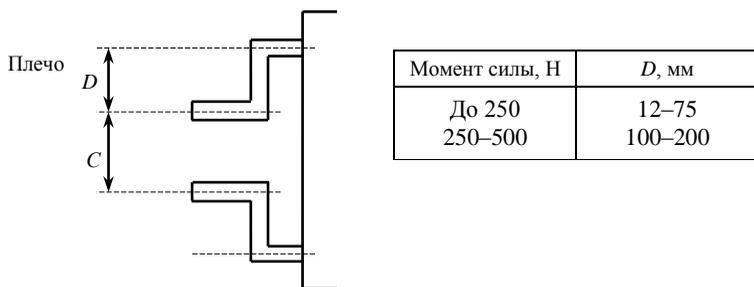


Рисунок 7.10 – Некоторые параметры кривошипных рукояток

Рычаги управления. Предназначены для ступенчатых переключений и плавного динамического регулирования одной или двумя руками при средних или больших управляющих усилиях, быстрых движениях при коротком пути управления и прямых траекториях (рисунок 7.11).

Форма и размеры рукояток рычагов должны обеспечивать удобство их захвата и надежного удержания в процессе управления. Предпочтительны рукоятки овальной либо цилиндрической формы (допустимы конусообразные), с гладкой или рифленой поверхностью, без острых углов и заусенцев. В таблице 7.6 приведены размеры рукояток в зависимости от их формы.

Рычаги, применяемые для дискретных переключений, должны быть снабжены надежной пружинной фиксацией промежуточных и конечных положений, которые целесообразно ограничивать стопором. При использовании рычага для точного и непрерывного регулирования должна быть обеспечена

печена опора локтю – при управляющих движениях кистью с предплечьем, предплечью – при движениях кистью, запястьем – при движениях пальцами. Допустимо кодирование рукояток рычагов формой, размером и цветом.

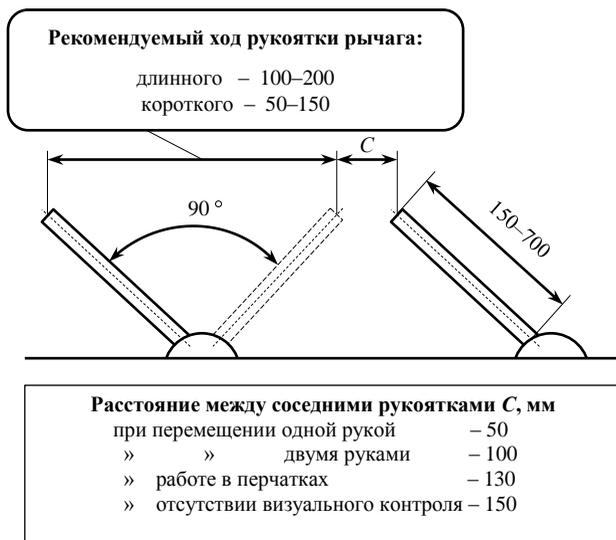


Рисунок 7.11 – Основные конструктивные параметры рукояток и рычагов

Таблица 7.6 – Основные размеры рукояток рычагов, мм

Форма рукоятки	Диаметр для захвата, мм				Высота для захвата, мм			
	Пальцами		Кистью		Пальцами		Кистью	
	допустимый	оптимальный	допустимый	оптимальный	допустимый	оптимальный	допустимый	оптимальный
Округлая (шаровидная, грушевидная, коническая и др.)	10–40	30	35–50	40	15–60	40	40–60	50
Удлиненная (веретенообразная, цилиндрическая и др.)	10–30	20	20–40	28	30–90	50–60	80–130	100

Оптимальная сила переключения для точных или скоростных переключений рычагом составляет 30 Н. Рычаги управления необходимо устанавливать в пределах минимальной и максимальной зон досягаемости для рук с соблюдением требований безопасности. Рукоятки рычагов, используемых

при низкой температуре, следует изготавливать из материалов с низкой теплопроводностью. Максимально допустимое число позиций рычага – 8. Рычаги, перемещаемые двумя руками, следует располагать в срединно-сагиттальной плоскости с отклонениями в стороны не более 100 мм. Рычаги, перемещаемые одной рукой, должны располагаться со стороны действующей руки на уровне локтя, при сгибании ее в локтевом суставе под углом 90–135° и при направлении движения к себе – от себя.

Рычаг удобнее перемещать в вертикальной плоскости, чем в горизонтальной. Размах рычага не должен быть более 200 мм (в любую сторону). Направление его перемещения должно совпадать с направлением изменений управляемого объекта и соответствующего указателя индикатора. Рычаг следует устанавливать так, чтобы исключалась возможность случайного включения (выключения) других органов управления. При необходимости выполнения управляющих движений более чем в двух измерениях допустимо комбинировать рычаги с другими типами органов управления (штурвал, кнопка, защелка и др.).

Рычаги должны иметь хорошо обозреваемые надписи и указатели положения, направления перемещения, располагаемые на самих рычагах либо рядом с ними.

Значение усилий, прилагаемых к рукояткам рычагов управления, следует нормировать в зависимости от способа их перемещения (таблица 7.7). При выборе плоскости вращения рычага предпочтение следует отдавать вертикальной плоскости.

Таблица 7.7 – Усилия, прилагаемые к рычагам в зависимости от способа их перемещения

Способ перемещения	Максимальное усилие, Н при частоте использования, раз в смену				
	более 960	960–241	240–17	16–5	менее 5
Преимущественно пальцами	5	10	10	10	30
Преимущественно кистью	5	10	15	20	40
Преимущественно кистью с предплечьем	15	20	25	30	60
Всей рукой	20	30	40	60 (40)	150 (70)
Двумя руками	45	90	90	90	200 (140)

Ножные органы управления. Предназначены для операций типа включения – выключения и регулирования состояний объекта управления (таблица 7.8).

Решение о предпочтительном выборе ножных органов управления следует принимать при необходимости:

- разгрузки рук для выполнения более тонких и точных движений, снятия излишних мышечных нагрузок, вызывающих утомление;
- установки одного из двух рабочих положений органа управления (включение – выключение, пуск – остановка);
- быстрой, хотя и грубой регулировки.

Таблица 7.8 – Основные параметры педалей

Параметр	Значение
Длина педалей, мм: при частом и длительном использовании при редком и кратковременном использовании	280–300 Не менее 75
Ширина педалей	Не менее ширины стопы в обуви
Расстояние между внутренними краями педалей, мм: при последовательном нажатии одной и той же ногой при нажатии без определенного порядка	50–100 100–150
Ход педалей, мм: при движении только стопы при движении всей ноги	Не более 60 » 200
Усилие, Н: при движении только стопы при движении всей ноги	Не более 100 » 500

При частом и продолжительном пользовании ножными органами управления необходимо обеспечить работу в положении сидя.

Усилие, прилагаемое к педали, определяется рядом факторов: типом объекта управления, конструктивным решением педали, положением работающего (сидя, стоя), частотой использования и т.п. Усилие, развиваемое ногой, больше в положении стоя. При выполнении работ в положении стоя следует по возможности избегать применения педалей. Если это необходимо, то педаль должна располагаться на высоте не более чем 200 мм от пола. Направление движения должно быть приблизительно вертикальным. Движения нажатия должны осуществляться только в голеностопном суставе.

Педали следует располагать в зоне досягаемости или в оптимальной зоне действия ног. Для обеспечения оптимального положения ноги угол в голеностопном суставе должен составлять 90–110°, а в коленном – 110–120°. При рабочих движениях педалью нужно учитывать оптимальное и максимальное отклонения голени относительно горизонтальной плоскости зоны действия (рисунок 7.12).

Ножные кнопки, в отличие от педалей, рассчитываются на нажатие не всей ступней, а только ее передней частью при работе в стесненной зоне действия или в особых условиях. Если позволяет место, ножные кнопки следует заменять или дополнять педалями.

Рабочие поверхности ножных кнопок должны быть рифлеными, а конструкция кнопок обеспечивать сенсорный контроль моментов нажатия.

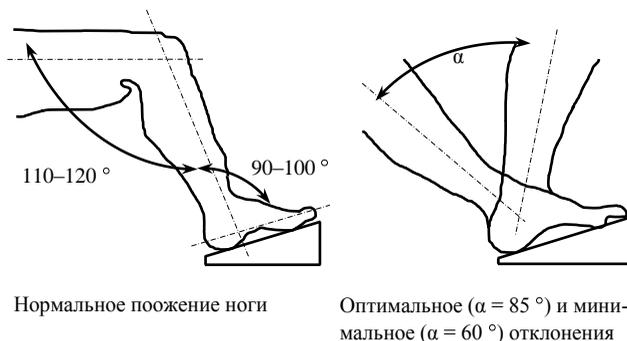


Рисунок 7.12 – Положение ступни и голени при управляющих движениях

7.5 Требования к интерфейсу пользователя

На рисунке 7.13 представлена многоуровневая модель пользовательского интерфейса. Данная организационная структура определяет границы продуктивных рабочих задач для человека и компьютера.

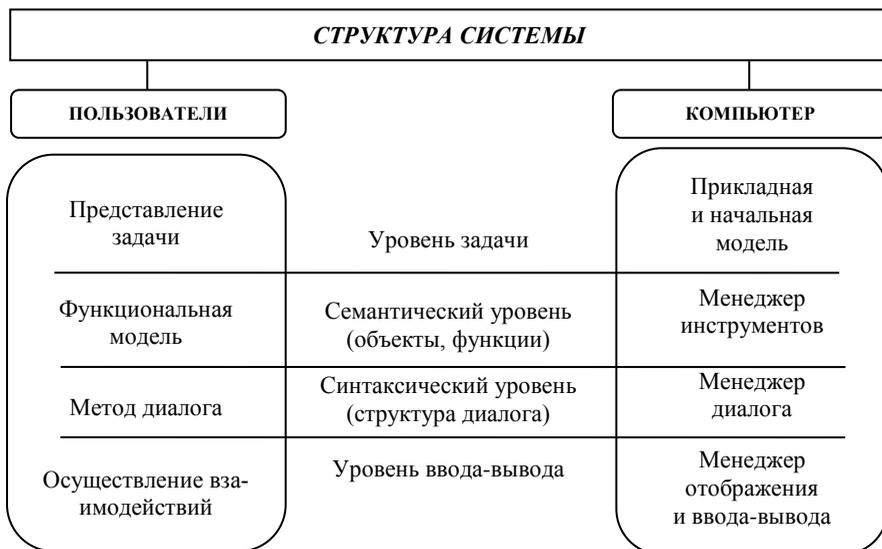


Рисунок 7.13 – Четырехуровневая модель пользовательского интерфейса

Первая группа требований относится к форме вывода информации на дисплей (рисунок 7.14). Практически стандартом стало использование такой модели интерфейса, когда любое взаимодействие пользователя и ЭВМ происходит в отдельном окне. Когда работающему за компьютером нужно выполнить какое-то действие, не связанное напрямую с его текущей работой, ему нет необходимости выходить из системы, сохранять свои данные. В этом заключается самое значительное преимущество многооконных сред – сохранение контекста работы. Пользователь выполняет несколько действий (редактирование текста, графической картинки, электронной таблицы) поочередно, но когда все три окна у него перед глазами, это воспринимается им как будто он имеет дело с этими тремя объектами одновременно.

Таким образом достигается концепция рабочего стола, т.е. то, что видит пользователь на экране, очень походит на то, что имело бы место на его рабочем столе, если бы компьютер не использовался.

Необходимо правильно размещать информацию на экране. Объекты, которые по своей роли в системе можно отнести к основным, следует группировать в центре экрана, второстепенные – по периферии. В тех случаях, когда требуется реакция пользователя на некоторые действия (ответ «да» или «нет»), то, если это возможно, при выдаче запроса надо не перекрывать основное рабочее окно (сохранение контекста), а располагать окно с запросом ниже рабочего.

Следует использовать возможности современных цветных мониторов и различные элементы информации выводить разными цветами. При выборе цветов исходят, как правило, из следующих рекомендаций:

- избегать ярких цветов, так как это вызывает быстрое утомление глаз;
- красный цвет необходимо использовать только для вывода сообщений об ошибках и прочих критических ситуациях;
- цвета объектов и фона должны быть разными, т.е. ни в коем случае не быть оттенками одного и того же цвета;
- использовать не более 4-5 цветов объектов на экране, так как излишняя пестрота отвлекает пользователя от решения задачи, действует раздражающе.

Удачное цветовое решение пользовательского интерфейса способствует формированию у пользователей точной и детальной структуры программы и быстрому управлению ею.

Эргономические рекомендации по выбору цветовых решений при формировании пользовательского интерфейса:

- учитывать потребности, возможности и опыт пользователей системы, для чего необходимо сделать ее гибкой, а для выбора цветового кода предлагать пользователю не только возможность самому подбирать цвета, но и представлять ему несколько наборов цветов, обозначающих те или иные структуры страниц экрана компьютера;

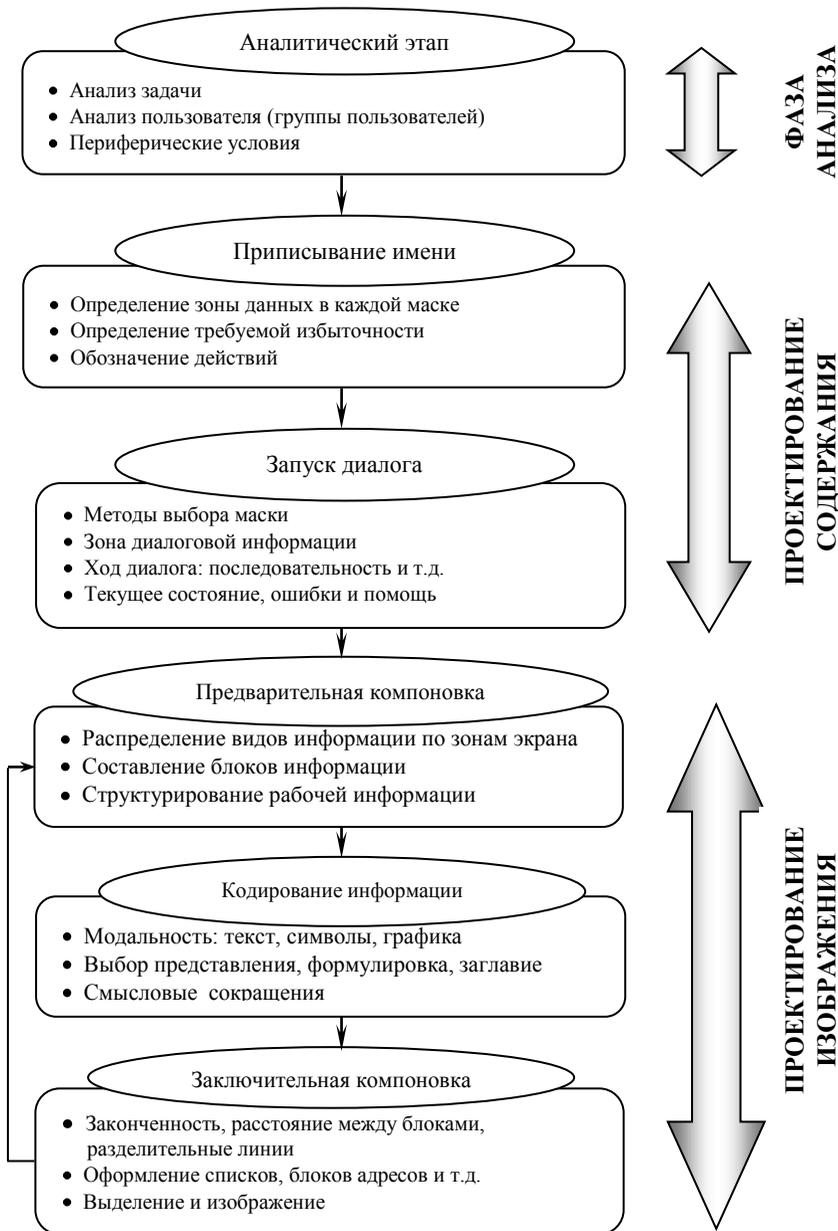


Рисунок 7.14 – Рекомендуемые этапы проектирования формата экрана

– при выборе цветов необходимо учитывать, что пользовательский интерфейс должен способствовать уменьшению рабочей нагрузки пользователя, которому легче узнавать, чем запоминать – набор цветов должен настраивать пользователя на восприятие тех или иных команд, опций, операндов;

– используемый цветовой код должен отличаться постоянством в плане обозначения соответствующих структур, команд, объектов и обеспечивать привлечение внимания к представляемой информации для сокращения времени ее поиска, улучшения ее размещения и запоминания.

Вторая группа требований связана с организацией ввода с клавиатуры. При стандартной клавиатуре следует применять стандартные, устоявшиеся соответствия «клавиша – выполняемое действие», так как это существенно сокращает срок освоения программного продукта. При создании новых, нестандартных сочетаний клавиш выбирать их необходимо, исходя из мнемонических соответствий («ALT – R – Run», «ALT + C» – Compile) и из стремления уменьшить количество движений рук.

При расположении на экране объектов, которые могут выбираться с использованием мыши, нужно объединять их в группы, чтобы пользователю не приходилось излишне двигать рукой при перемещении курсора по всему экрану.

Третья группа требований связана с организацией диалога. При его проектировании нужно стремиться к тому, чтобы пользователь сам мог выбирать путь развития диалога, т.е. сводить к минимуму число таких ситуаций, в которых программа диктует пользователю, что он должен делать. Не стоит строить диалог с множеством уровней вложенности, следует отдавать предпочтение элементарным взаимодействиям.

Составной частью пользовательского интерфейса являются языки взаимодействия (общения) человека с ЭВМ. Общие требования к ним следующие:

– соответствовать когнитивным, мотивационным, психомоторным, эмоциональным, профессиональным характеристикам пользователей;

– отвечать потребностям и задачам пользователей;

– соответствовать назначению и особенностям программного продукта;

– быть легкими и удобными в освоении и использовании, эффективными в деятельности;

– основываться не только на естественном языке, но и на других присущих человеку языках;

– отвечать нормам той или иной предметной или проблемной области знания с максимальным учетом профессионального языка пользователя проектируемого лингвистического процессора;

– соответствовать особенностям устройств ввода и вывода информации.

8 ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»

8.1 Профессиональная подготовка операторов

Качество СЧМ, заложенное в процессе проектирования, необходимо обеспечить профессиональной подготовкой операторов к конкретной деятельности. Профессиональная подготовка операторов включает в себя четыре составляющие: профессиональный отбор, обучение, тренировка, формирование коллективов (рисунок 8.1).

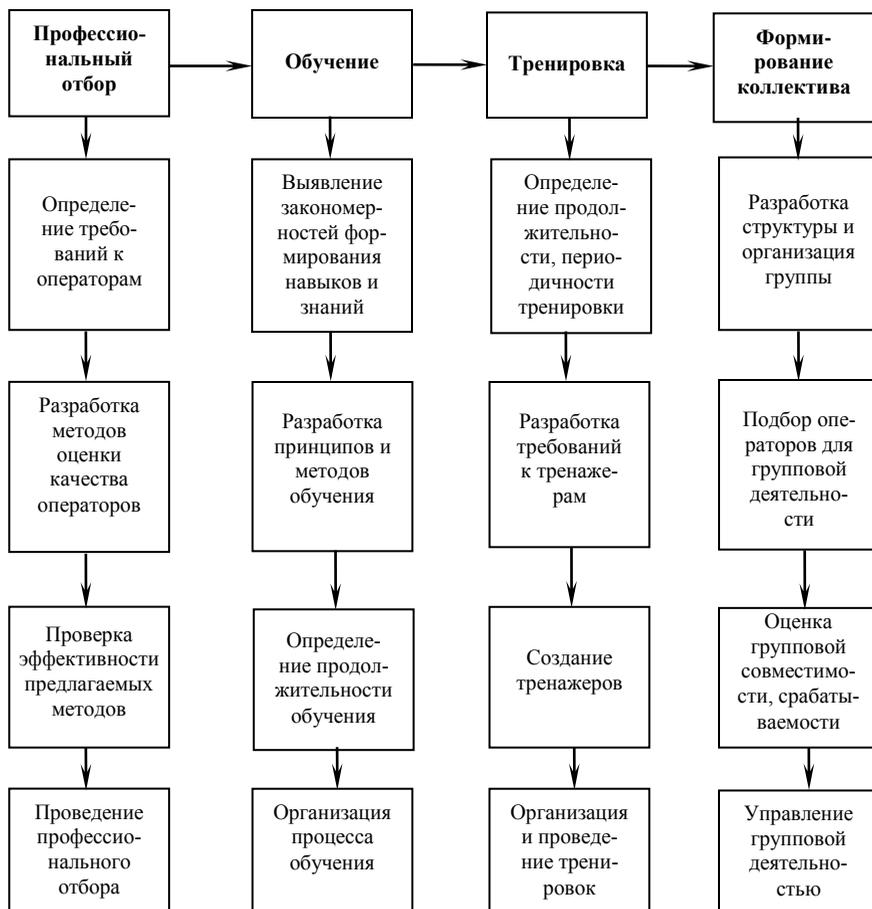


Рисунок 8.1 – Этапы профессиональной подготовки

Основой для разработки методов **профессионального отбора** являются факторный анализ способностей человека. Способности человека можно представить двумя проявлениями: общее (долговременная и оперативная память, способность сосредоточивать или распределять внимание) и специфическое (например, музыкальный слух). Профессиональный отбор ставит также задачу выявления лиц, у которых процесс обучения даст максимальный эффект при минимальном времени обучения (т.е. определяет пороги возможных изменений требуемых параметров – памяти, ощущений, скорости обработки).

Профессиональный отбор осуществляется в три этапа:

1 *Определение требований к оператору*. Проводится путем составления профессиограммы. Различают четыре группы требований: медицинские, образовательные, социальные (чувство долга, идейная убежденность, мировоззрение и т.д.), психофизиологические (память, внимание, скорость, реакция, устойчивость).

2 *Разработка методов оценки*. Основными методами оценки качеств оператора являются: анализ документов, анализ характеристик, беседа (устная), наблюдение (включая медицинское), тестирование. Проверка эффективности предлагаемых методов. Как правило, проводится методом корреляционного анализа психофизиологического показателя и показателей успешности выполнения деятельности.

3 *Проведение профотбора*. Основными формами являются индивидуальный и групповой. При проведении профотбора необходимым условием является обеспечение стандартности испытаний и обработки результатов.

Обучение – универсальное средство профессиональной подготовки операторов. Оно производится по двум основным направлениям: создание системы знаний и создание системы навыков.

Профессиональные знания – информация, которую усваивает оператор в процессе профессионального обучения и деятельности. Задачей обучения является формирование концептуальных моделей, оперативных образов, субъективных моделей управляемого объекта и среды.

Навыки – действия, доведенные до известной степени совершенства, экономичности, наименьшей напряженности. Основными средствами их формирования являются упражнения. Различают три вида навыков: *сенсорные* (навыки восприятия), *моторные* (двигательные), *интеллектуальные* (приемы решения задач).

Важным условием обучения является срок обучения (рисунок 8.2). Определение срока ($t_{об}$) связано с двумя условиями: увеличение $t_{об}$ ведет к увеличению расходов на обучение и способствует повышению надежности оператора, что приводит к уменьшению эксплуатационных расходов. Приведенные затраты, обусловленные обучением операторов,

$$W(t_{об}) = NC_{опт}(P_c - P_n)e^{-vt} + E_n K t_{об}, \quad (8.1)$$

где N – число решаемых оператором задач в течение года; $C_{\text{ош}}$ – потери, связанные с одной ошибкой оператора; P_c, P_n – соответственно вероятность безошибочной работы оператора на стационарном уровне и в начале обучения; K – затраты, приходящиеся на единицу времени обучения; v – скорость обучения оператора. Решая это уравнение на условие оптимальности и полагая $t_{\text{об}} = t_{\text{опт}}$, получаем

$$t_{\text{опт}} = \frac{1}{v} \ln \frac{vNC_{\text{ош}}(P_c - P_n)}{E_n K}. \quad (8.2)$$

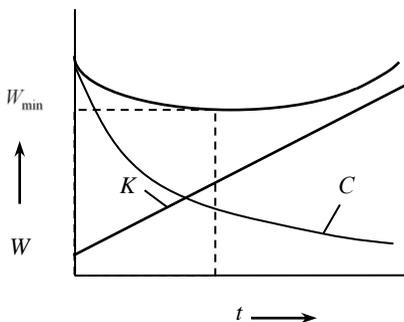


Рисунок 8.2 – Изменение затрат в зависимости от продолжительности обучения

Факторы, ускоряющие процесс обучения: представление учебной информации на языке, соответствующем образному описанию его действия; максимальное сообщение учебной информации без искажения смысла, например, используя сетевой график; обеспечение переноса приобретенных ранее знаний и навыков; обеспечение обратной связи между обучаемым и источником учебной информации; большая заинтересованность обучаемого в подготовке.

Основными критериями выхода оператора на заданный стационарный уровень обученности являются безошибочность и быстродействие. Математически параметры числа ошибок ($n_{\text{ош}}$) и времени решения задачи ($t_{\text{оп}}$) описываются, как правило, экспоненциальными функциями и имеют вид

$$n_{\text{ош}}(n) = m_c + (m_n - m_c)e^{-\alpha_1 n}, \quad (8.3)$$

$$t_{\text{оп}}(n) = t_c + (t_n - t_c)e^{-\alpha_2 n}, \quad (8.4)$$

где t_c и m_c – соответственно стационарные значения времени решения задачи и числа ошибок; t_n и m_n – исходные значения этих показателей; n – циклы (время) обучения; α_1 и α_2 – скорости обучения по безошибочности выполнения работы и быстродействию.

Тренировка – поддержание на заданном уровне приобретенных в процессе обучения знаний и навыков. Если в процессе трудовой деятельности не производить тренировки, то навыки постепенно будут угасать. Процесс обучения, утраты и восстановления навыков представлен графически на рисунке 8.3. Участки t_2, t_4 и т.д. соответствуют процессу утраты навыков, а участки t_1, t_3 и т. д. – процессам приобретения и восстановления.

Процесс приобретения навыков описывается формулой

$$I(t) = I_c - (I_c - I_n)e^{-\alpha t}, \quad (8.5)$$

а процесс утраты –

$$I(t) = I_n + (I_c - I_n)e^{-\beta t}, \quad (8.6)$$

где I_n, I_c – соответственно начальный и стационарный уровень обученности операторов; α, β – скорости приобретения и утраты навыков.

По формулам (8.5) и (8.6) можно определить два важных параметра подготовки оператора: допустимый период продолжительности перерыва между тренировками

$$T_{\text{пр}} = \frac{1}{\beta} \ln \frac{I_c - I_n}{I_0 - I_n}, \quad (8.7)$$

и продолжительность тренировки, необходимой для повторного выхода на стационарный уровень обученности,

$$T_{\text{тр}} = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_c - I_n}{I_c - I_0}, \quad (8.8)$$

где I_0 – допустимый уровень снижения степени обученности.

Проведение тренировок может проводиться с помощью штатной аппаратуры, тренажеров (адаптивных, игровых), специальных игр. Любые способы тренировок должны включать имитацию отказов и неисправностей. В процессе тренировок следует работников приучать к необходимости постоянного самоконтроля.

Одним из первых вопросов, решаемых при формировании группы, является определение ее численности и организационной структуры. Следующий этап – подбор операторов для групповой деятельности. На заключительном этапе проводится оценка групповой совместимости и срабатываемости операторов.

В процессе непосредственной эксплуатации системы «человек – машина» большая роль принадлежит управлению групповой деятельностью. Под его влиянием формируются и регулируются внутригрупповые отношения.

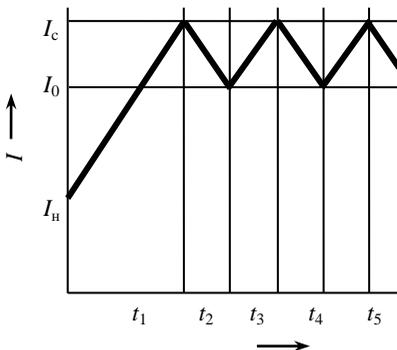


Рисунок 8.3 – Кривая процесса приобретения, утраты и восстановления навыков

8.2 Групповая деятельность операторов в системе «человек – машина»

На транспорте управление объектами часто осуществляется группами операторов, деятельность которых связана с большими потоками информации. Группа – совокупность людей, объединенных в пространстве и времени, совместно решающих ту или иную задачу и имеющих непосредственные контакты. Состав группы обычно 2–30 человек.

Взаимодействие операторов в группе может рассматриваться на двух уровнях (рисунок 8.4): официальном (формальном, деловом) и неформальном (межличностном). Деловое взаимодействие устанавливается должностными инструкциями. Эти отношения могут быть непосредственными через операторов или с помощью технических средств. Межличностные взаимодействия являются субъективными.

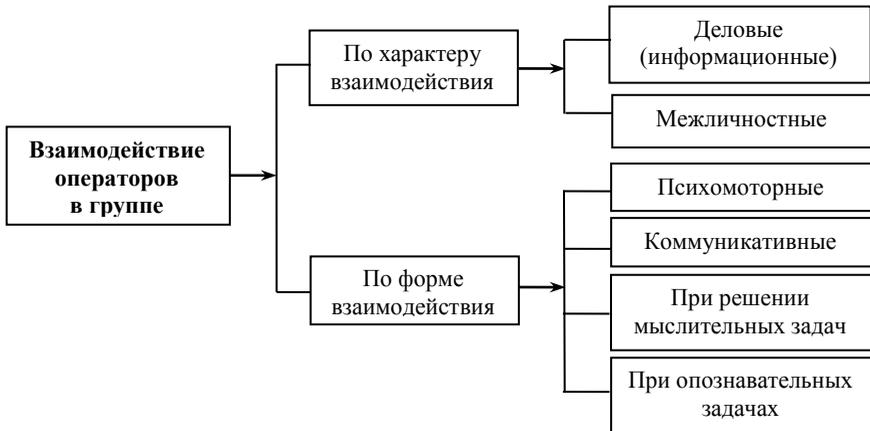


Рисунок 8.4 – Классификация взаимодействия операторов в группе

По форме взаимодействия в группе могут быть:

- *психомоторное* – осуществление совместных управляющих действий;
- *при мыслительных задачах*;
- *коммуникативное* (управление машинами и технологическими процессами);
- *при опознавательных задачах* (анализ и дешифрирование различных отображений).

Эффективность работы групп зависит от интенсивности взаимодействия (И) и носит криволинейный характер (рисунок 8.5).

При проектировании коллективной деятельности необходимо учитывать особенности взаимоотношения в группе: операторы часто изолированы друг от друга; взаимоотношения часто опосредованы (разделены) техническими устройствами, что затрудняет общение, наблюдение; возрастает роль вероятностного про-

гнозирования (в том числе прогнозирование действий своих партнеров); результат решения зависит от способностей к совместному решению задач.

Эргономические принципы формирования групп операторов:

1 *Определение численности.* Оптимальное число операторов должно определяться на основании общих трудозатрат на считывание и обработку информации, осуществление управляющих воздействий, вспомогательных операций.

Численность операторов зависит от типов технических устройств и определяется по формуле

$$n = \frac{\sum_{i=1}^s r_{\text{пост}i} t_{\text{пост}i} + \sum_{i=1}^k r_{\text{исх}i} t_{\text{исх}i}}{T_{\text{см}}}, \tag{8.9}$$

где $r_{\text{пост}i}, r_{\text{исх}i}$ – интенсивность поступления, выдачи информационных сообщений; $t_{\text{пост}i}, t_{\text{исх}i}$ – затраты времени на обслуживание s поступающих и k исходящих сообщений.

2 *Определение организационной структуры.* Тип структуры зависит от характера и объема решаемых задач, информационных связей между операторами в группе (рисунок 8.6). На транспорте также используют уровневые, иерархические структуры управления.

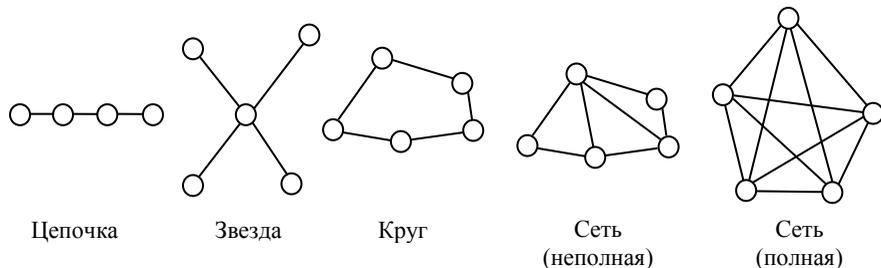


Рисунок 8.6 – Типы структур групповой деятельности операторов

3 *Правильное распределение обязанностей в группе.* С учетом типов поведения при решении задач в группе выделяется лидер, ведомый, обособляющийся, сотрудничающий.

4 *Оптимизация интенсивного обучения.* Главная форма общения – речевая. Она выполняет информационную, регулятивную и эффектную функции.

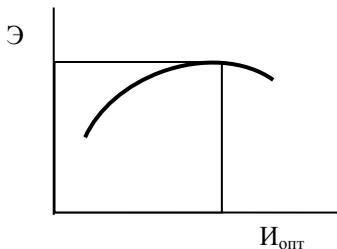


Рисунок 8.5 – Зависимость эффективности операторов в группе

5 *Характер общения.* Различают два типа общения: общение в процессе группового отбора операторов; общение в процессе группового обучения, которое включает навыки совместной деятельности, мотивации к совместной работе, соревновательность в подготовке, взаимозаменяемость, знание личностных характеристик членов группы, обучение руководителя группы.

9 ЭРГОНОМИКА И ОХРАНА ТРУДА

9.1 Объект эргономики и охрана труда

Охрана труда – это система законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность трудовой деятельности, сохранение здоровья и работоспособности человека. Она исследует влияние окружающей среды и средств производства на организм человека с целью разработки профилактических мероприятий по предупреждению травматизма, профессиональных заболеваний и отравлений.

Охрана труда и эргономика выявляют и изучают возможные причины производственных травм, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров и разрабатывают систему мероприятий и требований с целью устранения этих причин и создания безопасных и благоприятных для человека условий трудовой деятельности.

Главным объектом эргономики и охраны труда является человек в процессе трудовой деятельности, поэтому при разработке мероприятий по учету человеческого фактора в системе «человек – машина – среда», используются результаты исследований множества научных дисциплин.

Обеспечение высокой производительности труда и безопасных условий эксплуатации оборудования основано на инженерных решениях. Рационализация трудовой деятельности, повышение производительности труда, рост культурного уровня работающих, увеличение работоспособности и общего периода трудовой деятельности основано на результатах научной организации труда. Создание рациональных условий труда, быта и отдыха обеспечивается достижениями теории и практики конструирования и технической эстетики.

9.2 Мероприятия по обеспечению охраны труда в эргономике

Дисциплина «Охрана труда» состоит из четырех взаимосвязанных разделов, рассматривающих законодательную и нормативную базу охраны труда, основы производственной санитарии и охраны окружающей среды, основы техники безопасности и основы пожарной безопасности.

Обеспечение требований охраны труда осуществляется организационными, техническими и санитарными мерами. Они включают обучение рабочих безопасным приемам труда, своевременный и качественный инструктаж (вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, текущий) по технике безопасности, установление рационального соотношения между объемом работы и числом работающих, своевременное обслуживание орудий труда и поддержание их в исправном состоянии, ограждения опасных зон рабочего места, совершенствование технологий и режимов работы, поддержание нормативных параметров производственной среды.

Рациональное и безопасное совмещение компонентов системы «человек – машина – среда» реализуется специальными мероприятиями. Безопасность производственных процессов обеспечивается:

- выбором применяемых технологических процессов, приемов, режимов работы и обслуживания оборудования. Предусматривается устранение непосредственного контакта работающих со средством труда, оказывающим вредное воздействие на человека. Уменьшение вредного воздействия их на человека достигается комплексной механизацией, автоматизацией, применением дистанционного управления технологическими процессами и операциями, герметизацией оборудования, применением средств индивидуальной и коллективной защиты работающих;

- состоянием производственных помещений и площадок для процессов, выполняемых вне помещений. Производственные помещения и площадки по своим размерам и расположению должны соответствовать строительным нормам и правилам. Уровень опасных вредных производственных факторов в производственных помещениях и на рабочих местах не должен превышать установленных стандартами и нормами вредных величин;

- использованием исходных материалов, заготовок и полуфабрикатов, которые не должны оказывать вредного воздействия на работающих. При использовании же предметов труда, которые могут оказывать вредное воздействие на работающих, необходимо применять соответствующие средства защиты;

- выбором, размещением производственного оборудования и организацией рабочих мест. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать рациональное распределение функций между человеком и оборудованием, ограничение тяжести и напряженности труда, способствовать высокой эффективности функционирования процесса. При использовании оборудования конвейерного типа (с заданным темпом перемещения предмета труда с одного рабочего места на другое) предусматривается возможность изменения темпа выполнения операций в соответствии с динамикой изменения работоспособности (утомляемости) человека в течение смены. Размещение оборудования (расстояние между оборудованием и стенами помещения) должно обеспечивать рациональную и безопасную деятельность

и соответствовать действующим нормам. Организация рабочего места должна преимущественно предусматривать работу в положении сидя или обеспечивать возможность чередования сидя и стоя. Трудовые операции или движения должны выполняться в зонах моторного поля в зависимости от точности и частоты действий;

- рациональной организацией труда и отдыха в течение смены с целью снижения моторности труда;

- своевременным получением и восприятием информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов;

- наличием системы контроля и управления процессом, обеспечивающим защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;

- профессиональным отбором и обучением работающих, применением ими средств защиты. Физические, психологические, психофизиологические и антропометрические характеристики рабочего должны соответствовать характеру конкретных работ и параметров рабочего места. Работающие должны иметь профессиональную и специальную подготовку, соответствующую характеру работ. Средства защиты должны устранять или снижать до стандартных норм содержание опасных и вредных веществ в рабочей зоне и защищать работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов, возникающих при нарушении технологического процесса.

Номенклатура мероприятий по охране труда предусматривает своевременное планирование, целевое финансирование и обязательное внедрение мероприятий по предупреждению несчастных случаев, заболеваний на производстве и по общему улучшению условий труда.

К мероприятиям по предупреждению несчастных случаев относятся:

- модернизация технологического и производственного оборудования;

- механизация опасных, трудоемких работ, процессов розлива и транспортирования используемых в производстве ядовитых, агрессивных, легковоспламеняющихся и горючих материалов;

- установка предохранительных и защитных приспособлений в целях обеспечения безопасной эксплуатации паровых, водяных, газовых и других производственных коммуникаций и сооружений;

- устройство дополнительных предохранительных и защитных приспособлений, блокировок, дублирующих, средств безопасности на производственном оборудовании, транспортных средствах, подвесных дорогах, площадках, галереях, переходах, этажных люках;

- сооружение тротуаров, переходных мостиков, туннелей, галерей в местах массового перехода рабочих через железнодорожные пути, трубопроводы, открытые стоки вод, конвейеры, лотки, ямы, канавы и т. п. на территории предприятия, цеха, участка; устройство трапов, сходен, лестниц, стремянок и других приспособлений;

– внедрение автоматического или дистанционного управления производственным оборудованием, технологическими процессами, подъемными и транспортными устройствами с целью обеспечения безопасности работающих;

– устройство систем автоматического контроля и сигнализации о наличии и возникновении опасных и вредных производственных факторов, а также блокирующих устройств, обеспечивающих аварийное отключение технологического и энергетического оборудования в случаях его неисправности;

– внедрение технических средств, обеспечивающих защиту работающих от поражения электрическим током в соответствии с требованиями стандартов. Усовершенствование в соответствии с правилами электробезопасности различных приспособлений для автоматического защитного отключения трансформаторных установок, камер, электростанций, линий электропередач, электрофильтров и других систем и агрегатов (заземлений, занулений, автоматических выключателей и т.п.).

Мероприятия по предупреждению заболеваний на производстве включают:

– переоборудование отопительных систем и установок кондиционирования воздуха в производственных и вспомогательных помещениях, устройство тепловых, водяных завес и воздушных душей в целях обеспечения нормального теплового режима и микроклимата на рабочих местах в соответствии с требованиями нормативных документов;

– устройство на действующих объектах и реконструкция имеющихся вентиляционных систем, аспирационных и пылегазоулавливающих установок в соответствии с требованиями нормативных документов;

– приведение уровней шума, вибрации, ультразвука, ионизирующих и других вредных излучений на рабочих местах в соответствие с требованиями нормативных документов;

– внедрение средств контроля уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах в соответствии с требованиями нормативных документов;

– приведение технических процессов в соответствие с требованиями нормативных документов;

– приведение производственных зданий, сооружений, помещений, рабочих мест, строительных промышленных площадок в соответствие с требованиями охраны труда, изложенными в санитарных и строительных нормах и правилах.

Мероприятия по улучшению условий труда включают:

– приведение естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в цехах, вспомогательных помещениях, в местах массового перехода людей в соответствие с требованиями нормативов;

– расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений (гардеробных, душевых, помещений для личной гигиены женщин, комнат приема пищи) в соответствии с требованиями строительных норм;

- устройство централизованной подачи к рабочим местам питьевой и газированной воды, чая, белково-витаминных напитков;
- сооружение на действующих объектах новых и реконструкция имеющихся мест организованного отдыха и обогрева работающих, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе.

Таким образом, энергетическая совместимость человека с машиной и производственной средой достигается путем механизации и автоматизации производства, проектированием оборудования с учетом антропометрических данных человека и его трудовых перемещений, проектированием органов управления и их расположением с учетом положения тела и силы мышц. Информационная совместимость человека обеспечивается достаточностью информации о производственной среде и возможностью ее восприятия и переработки.

9.3 Научный анализ условий труда в эргономике

Методологической основой эргономики и охраны труда является научный анализ условий труда, технологических и производственных процессов, производственного оборудования, применяемых и получаемых материалов и веществ с точки зрения возможного возникновения опасных и вредных производственных факторов, приводящих к травматизму и профессиональным заболеваниям.

Проблему травматизма, аварийности и профессиональных заболеваний невозможно решить только инженерными методами. Часто причиной травматизма служат не сложные условия труда, а опасные действия рабочих и специалистов из-за их низкой квалификации, утомления, снижения реакции. В этой ситуации проблемы эргономики и охраны труда объединены и отсутствуют четкие границы разделения требований по эргономике и охране труда. Анализ причин роста травматизма свидетельствует, что развитие научно-технического прогресса и техники опережает разработку психологических мероприятий и предположений по защите человека от опасных и вредных воздействий производственной обстановки.

В этом случае научным методом решения проблем охраны труда и эргономики является **системный подход**, основанный на системном анализе, представляющем комплекс специальных процедур и методов, позволяющих расчленять сложные проблемы на более мелкие задачи, которые легко поддаются решению и решаются с большей легкостью и достоверностью при значительно сниженных затратах. Окончательный вывод при этом подходе принимается после объединения частных решений в единое целое с учетом их взаимосвязи.

Наиболее существенным в системном подходе является возможность организовать управление охраной труда на производстве аналогично управле-

нию таким же объектом инженерного проектирования, как и технологический процесс, операция, оборудование.

Системный подход позволяет сформулировать конкретные задачи проблемы охраны труда, включающие всю совокупность элементов и факторов, оказывающих существенное влияние на повышение безопасности человека в условиях производства.

Трудовая деятельность человека в системе «человек – машина – среда» формируется и протекает под воздействием производственной среды, организации производственных процессов и отношений в коллективе. Исходя из позиций системного подхода, деятельность человека можно разделить на ряд двойных эргономических подсистем, основу которых составляет человек:

- «человек – производственная среда»;
- «человек – производственный процесс»;
- «человек – трудовой коллектив».

Подсистема «человек – производственная среда» формируется под воздействием различных природных или искусственных факторов, главными из которых являются:

- микроклимат помещений (температура, относительная влажность, подвижность и давление воздуха) или природный климат при работе вне помещений;

- состав и концентрация вредных примесей в воздухе (пыль, газы);
- световые и другие производственные излучения;
- звуковые (шум, вибрация, ускорение) и электромагнитные колебания;
- габариты и параметры пространства рабочего места (размеры психологического пространства);

- тактико-технические и гигиенические свойства предметов труда, в том числе способствующие появлению травм и аварий. Например, опасность ожогов при высокой температуре предметов труда или повреждение кожного покрова тела при удалении отходов в виде мелких частиц.

Особым фактором, определяющим деятельность человека, является оборудование, степень оснащения рабочих мест, степень защиты и ограждения опасных частей машины. В большинстве случаев причиной несчастного случая является несогласованность действия человека и оборудования.

Подсистема «человек – производственный процесс» формирует антропометрические, психофизиологические, физиологические и психологические элементы условий и организации трудовой деятельности. К ним относят:

- физические нагрузки (разовые усилия, энергозатраты организма и др.);

- рабочие позы и трудовые движения (распределение рабочих поз по времени, удобство рабочих поз и движений, эргономический уровень оборудования);

– нервно-психические нагрузки (точность зрительной работы, расстояние до предмета труда, распределение движения глаз и сенсорных реакций, загруженность анализаторов человека, напряженность внимания, интеллектуальная и нервно-эмоциональная нагрузка);

– темп и ритм работы (длительность и насыщенность рабочих операций, повторяемость и частота смены рабочих движений и операций, уровень монотонности и разнообразия труда, ритмичность трудового процесса);

– режим труда и отдыха (число и длительность рабочих смен, общая длительность и распределение перерывов, отпусков и выходных дней).

Подсистема «человек – трудовой коллектив» представляет собой собственно производственный персонал с его отношениями к труду и межличностные, информационные, коллективные связи, оказывающие влияние на безопасность труда. Существенными элементами подсистемы являются:

– социальная структура коллектива (соотношение работающих по полу, возрасту, уровню образования и квалификации, типы характеров);

– коллективная установка к труду (мотивация труда, уровень трудовой дисциплины, взаимной требовательности и ответственности, степень удовлетворенности работой, уровень идейно-эмоционального (эстетического) настроения коллектива);

– производственная информированность коллектива (возможность положительных контактов в процессе труда, обеспеченность работающих производственной информацией);

– межличностные связи (уровень товарищества и взаимопомощи в коллективе, уровень конфликтности, удовлетворенность отношениями в коллективе, эстетический уровень манеры общения).

Приведенный краткий обзор элементов, определяющих деятельность человека, показывает их большое разнообразие. Каждый конкретный элемент в определенных условиях может являться причиной возникновения опасности или несчастного случая. Отклонение элемента или параметра производственной среды или изменение технологических режимов работы машины способствует возникновению опасной ситуации, которая может привести к несчастному случаю.

Деятельность человека при возникшей опасной ситуации условно можно разделить на ряд этапов (рисунок 9.1).

На первом этапе посредством анализаторов человека воспринимается информация об отклонениях элементов производственной среды или режимов работы оборудования. Восприятие информации возможно при ее значимости и наличии времени на восприятие. *На втором этапе* происходит первичный анализ информации, прогнозируются возможные результаты последствий и осознание опасности. Существенное значение при первичном анализе имеет опыт и профессиональная ориентация работающего. *На третьем этапе* на основе априорной информации заложенной в долговременной памяти человека) вырабатывается общее решение или комплекс реше-

ний по устранению опасности. *На четвертом этапе* решается вопрос о возможности устранения опасности человеком (скорость и количество ответных управляющих воздействий человека) и машиной (возможность быстрой стабилизации процесса или остановки машины с учетом действия инерционных масс узлов и элементов).

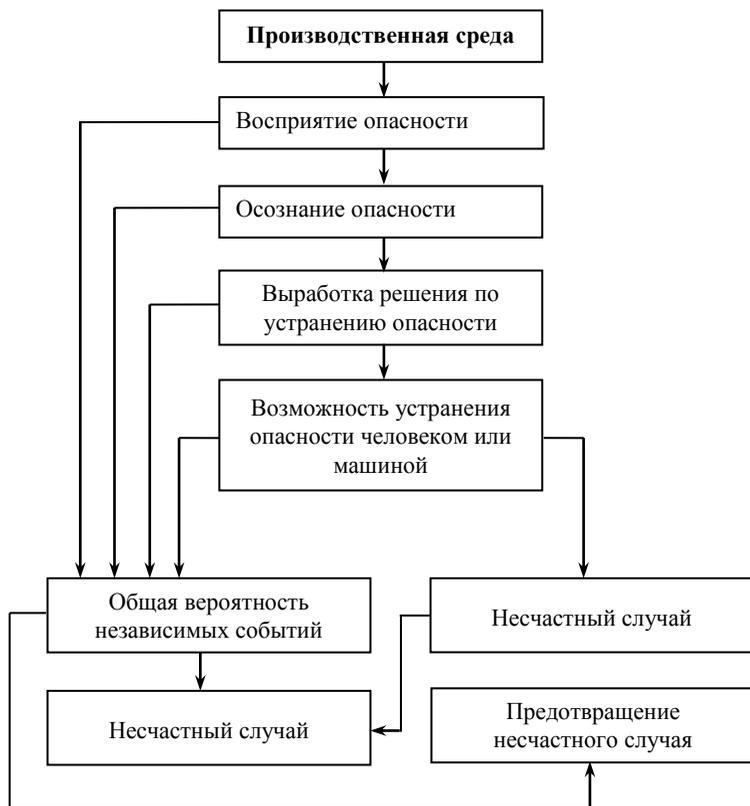


Рисунок 9.1 – Модель деятельности человека при опасной ситуации

При отрицательном результате любого из этапов деятельности возникновение несчастного случая будет определяться только с общей вероятностью появления независимых событий. Например, совпадение по времени возникновения опасной ситуации в электрических сетях и отклонение электричества по всему району из-за других причин и так далее. При положительном последовательном решении этапов возникновения несчастного случая будет определено вероятностью ошибки ввода управляющих воздействий в систему управления. В опасной ситуации из-за развития стресса (со-

стояние человека под влиянием сильных воздействий) вероятность ошибки ввода информации значительно возрастает. Следует также отметить, что из-за стресса вероятность положительных (правильных) решений у человека уменьшается.

Таким образом, на возникновение несчастного случая может воздействовать один фактор, однако чаще всего факторы вступают во взаимодействие. Определяющим и решающим фактором устранения несчастного случая является человек. Следствием же несчастного случая является травма, которая и наносится человеку.

9.4 Методы анализа травматизма

Целью анализа травматизма является выявление причин и разработка мероприятий по предупреждению несчастных случаев. Систематический анализ и обобщение причин несчастных случаев проводятся статистическим, экономическим, монографическим, эргономическим, топографическим методами и методами наблюдения, анкетирования и экспертных оценок.

Статистический метод основан на изучении материалов регистрации несчастных случаев и их группировании по следующим факторам:

- времени возникновения несчастного случая;
- причинам, вызвавшим несчастный случай;
- профессионально-квалификационному и половозрастному признаку травмируемых рабочих;
- характеру травм (порезы, уколы, поражения током и т.п.);
- травмирующему фактору.

Статистический метод позволяет изучить количественные характеристики производственного травматизма относительно количества работающих на предприятии и тяжести полученных травм. Количество пострадавших при несчастных случаях, связанных с производством, приходящихся на 1000 работающих, характеризуется *коэффициентом частоты* $K_{\text{ч}}$,

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (9.1)$$

где T – число несчастных случаев за отчетный период; P – среднесписочная численность работающих.

При сравнении уровня травматизма в различных странах, являющихся членами Международной организации труда (МОТ), используется коэффициент частоты несчастных случаев на 1 млн отработанных часов $K_{\text{ч}}^{\text{н}}$,

$$K_{\text{ч}}^{\text{н}} = \frac{T}{\Phi} \cdot 10^6, \quad (9.2)$$

где Φ – общее число часов, отработанных за отчетный период всеми рабочими (фактически отработанный фонд рабочего времени).

Среднее число дней трудоспособности, приходящихся на один несчастный случай, учитывается коэффициентом тяжести K_T ,

$$K_T = \frac{D}{T}, \quad (9.3)$$

где D – число человеко-дней у пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более в отчетном периоде.

Для общей характеристики состояния травматизма на производстве используют *коэффициент нетрудоспособности* K_d – число человеко-дней нетрудоспособности, приходящихся на 1000 работающих,

$$K_d = \frac{D}{P} \cdot 1000. \quad (9.4)$$

Статистические показатели производственного травматизма могут быть преобразованы и представлены в форме экономических показателей – показателя материальных последствий несчастных случаев, показателя затрат на предупреждение несчастных случаев, величины потерь рабочего времени из-за временной нетрудоспособности. В этом случае используется *экономический метод* анализа травматизма.

Показатель материальных последствий несчастных случаев

$$П_M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{P} \cdot 1000, \quad (9.5)$$

где Z_i – затраты, связанные с произошедшим несчастным случаем по i -му фактору; n – число факторов (оплата больничных листов, оплата клинического и амбулаторного лечения, пенсия на содержание иждивенцев потерпевшего или самому потерпевшему, затраты на ремонт и замену производственного оборудования, инструментов, материалов и устранение последствий несчастного случая производственного характера, включая потери из-за простоя оборудования и рабочих).

Показатель затрат на предупреждение несчастных случаев

$$П_3 = \frac{3}{P} \cdot 1000, \quad (9.6)$$

где 3 – затраты на предупреждение несчастных случаев (обучение, инструктаж работающих, совершенствование оборудования и улучшений условий труда).

Монографический метод анализа травматизма заключается в детальном анализе производственной обстановки, предусматривающем анализ опасных и вредных факторов производственного процесса, соответствие основного и вспомогательного оборудования правилам техники безопасности, структуру трудовых приемов, параметры производственной обстановки и их соответствие метеорологическим условиям в рабочей зоне (освещенность, загазо-

ванность, электромагнитное излучение, шум, вибрации), наличие и соответствие средств индивидуальной защиты.

Дальнейшим развитием монографического метода анализа травматизма является **эргономический метод**, основанный на комплексном изучении системы «человек – техника – среда». Глубокий анализ по этому методу позволяет не только установить причину производственных травм, включая эстетические и социально-психологические факторы производственной обстановки, но и выявить существующие потенциальные опасности. Частным методом эргономического анализа является **психофизиологический анализ**, выявляющий постоянные или случайно (временно) действующие физиологические, психологические, психофизиологические причины травматизма на основе изучения соответствия параметров производственной обстановки особенностям индивидуальной или групповой деятельности работающих с учетом всесторонних характеристик конкретного человека.

Топографический метод используется для наглядного изображения в виде условных знаков на плане предприятия мест, где систематически происходят несчастные случаи. Указывается частота и причина несчастных случаев, что является основанием для детального анализа и предупреждением о повышенной опасности при нахождении в обозначенной зоне.

Метод наблюдения предназначен для выработки профилактических мероприятий по предупреждению несчастных случаев на основе исследования условий труда на рабочем месте (метеорологические условия, освещённость, запыленность и загазованность, шум, вибрации, наличие опасных ситуаций, трудовые приемы, рабочие позы, средства индивидуальной защиты).

Метод анкетирования предусматривает выявление и прогнозирование опасных ситуаций и причин, их вызывающих, на основе анкетных данных, полученных от непосредственных участников производственного процесса.

Метод экспертных оценок основан на экспертных заключениях о соответствии условий труда, состоянии технологического оборудования, инструментов и процессов требованиям техники безопасности.

На деятельность человека в системе «человек – техника – среда» воздействуют различные параметры производственной среды, которые характеризуют и определяют состояние здоровья и работоспособность человека при некомфортных условиях, способствуют снижению производительности труда, появлению травм и профессиональных заболеваний.

Существуют **опасные и вредные производственные факторы**. Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Вредным называется производственный фактор, приводящий к заболеванию или снижению работоспособности. При значительном уровне и продолжительности действия вредный фактор превращается в опасный.

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

К *физическим* факторам относятся:

- движущиеся машины и механизмы, не огражденные подвижные элементы оборудования, передвигающиеся предметы труда;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура поверхности оборудования и материалов, воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума, вибрации, инфра- и ультразвуковых колебаний, ионизирующих излучений, напряженности электростатического и магнитного полей, ультрафиолетового и инфракрасного излучений, пульсации светового потока;
- повышенная и пониженная влажность, подвижность, ионизация, барометрическое давление воздуха;
- отсутствие или недостаток естественной освещенности;
- недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенная яркость света и пониженная контрастность.

Химические опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия на организм человека подразделяются на общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие (вызывающие повышенную чувствительность), канцерогенные (вызывающие опухоли), мутагенные (вызывающие наследственные изменения) и влияющие на репродуктивную функцию. В организм человека они могут проникать через дыхательные пути, пищеварительную систему и кожный покров.

Биологические опасные и вредные производственные факторы подразделяются на микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы) и макроорганизмы (растения и животные).

Психофизиологические и вредные производственные факторы подразделяются на физиологические (статические, динамические, гиподинамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональное состояние) перегрузки.

Рациональность мероприятий по улучшению условий труда в большой степени зависит от правильного состояния и оценки этого состояния как по отдельным элементам, так и в целом по какому-либо показателю. С достаточной для практики точностью в настоящее время принят показатель **тяжести труда**, который характеризует совокупное воздействие всех элементов, составляющих условия труда, на работоспособность человека, его здоровье, жизнедеятельность и восстановление рабочей силы. Понятие тяжести труда одинаково применимо как к умственному, так и к физическому труду. Степень тяжести труда определяется по величине реакции и изменения состояния организма. Теория функциональных систем различает три функциональ-

ных состояния организма: нормальное, пограничное (между нормой и патологией) и патологическое. Каждое из этих состояний имеет свои характерные признаки, которые легко определяются медико-физическими и технико-экономическими методами. Медико-физиологические и технико-экономические параметры организма используются в качестве физиологической шкалы категорий тяжести работ.

Выделяется *шесть групп условий труда по медико-физиологической классификации работ*. В этой классификации показатели функционального состояния организма из-за воздействия производственной среды и ее элементов представлены *в баллах*. При оценке тяжести труда учитываются те элементы условий труда, которые реально воздействуют на работника на конкретном рабочем месте. При этом каждый элемент критериев получает количественную оценку в баллах от 1 до 6.

При одновременном воздействии ряда факторов *интегральная оценка условий труда* (U_T) в баллах определяется по выражению

$$U_T = \left[X_{\max} + \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1} \cdot \frac{6 - X_{\max}}{6} \right] \cdot 10, \quad (9.7)$$

где X_{\max} – элемент условий труда, получивший наивысшую оценку; $\sum_{i=1}^n X_i$ – сумма количественной оценки в баллах активных элементов условий труда без X_{\max} ; n – количество элементов условий труда.

Категория тяжести труда определяется на основе интегральной оценки условий труда (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Зависимость категории тяжести труда от интегральной оценки условий труда

Категория тяжести труда	1	2	3	4	5	6
Интегральная оценка условий труда U_T , баллы	До 18	18,1–33	33,1–45	45,1–53	53,1–59	59,1–60

При дифференциации оплаты в зависимости от условий труда полученная оценка элементов условий труда ($X_{i\text{факт}}$) корректируется в зависимости от длительности их воздействия на работника в течение смены:

$$X_{i\text{факт}} = X_i \frac{t}{t_{\text{см}}}, \quad (9.8)$$

где X_i – оценка i -го элемента условий труда в баллах; t – фактическая длительность действия исходного элемента условий труда, мин; $t_{см}$ – продолжительность смены, мин.

Рост производственного травматизма на автоматических и автоматизированных линиях определяется по выражению:

$$Y = \frac{1}{1,3 - 0,0185U_T}, \quad (9.9)$$

где Y – рост производственного травматизма, количество раз; U_T – интегральная оценка элементов условий труда в баллах.

Это выражение показывает, что степень активной адаптации человека к производственной обстановке ограничивается третьей категорией тяжести работ ($U_T = 40$) и в дальнейшем, с ростом категории, происходит резкое увеличение количества несчастных случаев, особенно на автоматизированных линиях.

При проектировании производственного процесса и оборудования предусматривается создание оптимальной производственной среды и достижение условий труда, соответствующих первой категории тяжести труда. Если оборудование имеет завершенность конструктивных разработок и высокую производительность, то величина производственного травматизма принимается равной единице, что характеризует проектную травмоопасность производственного процесса. При улучшении условий труда (уменьшении значения интегральной оценки элементов условия труда менее 16,2 балла) происходит снижение роста травматизма, а при ухудшении – увеличение или рост травматизма относительно проектной травмоопасности процесса.

10 ДИЗАЙН-ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

10.1 Оценка потребительских свойств объекта

Дизайн стремится обеспечить высокие функциональные, эргономические и эстетические параметры технически сложных изделий.

Чтобы достичь определенного качества изделия, необходимо надежно оценить совокупность характеризующих его параметров. Количественной оценкой качества изделия занимается наука **квалиметрия**. Термин «квалиметрия» означает научную дисциплину, изучающую методологию и проблематику количественной оценки качества предметов или процессов. Для определения количественных значений показателей качества используют следующие методы:

- экспериментальный (на основе детальной эксплуатации и испытаний);
- расчетный (на основе теоретических и экспериментальных зависимостей);
- социологический (на основе сбора и анализа мнений фактических и потенциальных потребителей продукции);
- органолептический (на основе анализа восприятий органов чувств);
- экспертный (на основе учета мнений специалистов-экспертов).

Основное средство квалиметрии – экспертная оценка изделий по избираемому ряду показателей с помощью специальных критериев. При экспертном методе оценку уровня критериев качества выполняют путем сравнения с объектом-эталоном или с требованиями нормативно-технической документации.

Оценка потребительских свойств изделия на основе системы определенных критериев составляет неотъемлемую часть работы дизайнера. Предпроектное исследование потребительских качеств изделия (прототипов и аналогов) является важной работой по созданию высококонкурентного проектного изделия. Подвергая критическому анализу рассматриваемый объект, дизайнер на основе осмысления причин выявленных недостатков и поиска возможных путей и способов решения проектной разработки, предлагает решение, оптимальное как с позиций функциональности, так и с позиций эксплуатации изделия. Номенклатура потребительских свойств определяется в самом начале разработки изделия и затем уточняется, конкретизируется на всех этапах его создания, а оценка потребительских показателей качества осуществляется на всех стадиях проектного цикла.

Целью *эстетической оценки* объекта является определение его технического и эксплуатационного уровня в сравнении с существующими образцами. В основе оценки лежит сопоставительный анализ показателей разрабатываемого изделия и его аналогов. Оценка эстетического уровня средств транспорта проводится на различных стадиях создания и эксплуатации изделий. Результаты ее предназначаются для карт технического уровня, для решения вопроса о постановке изделия на производство, при определении уровня качества изделия. Она проводится отдельным экспертом или экспертной группой, которая состоит из квалифицированных специалистов по технической эстетике, имеющих опыт практической работы в данной области и знакомых со спецификой и особенностями создания и производства средств транспорта.

Предварительные результаты экспертизы обсуждаются и корректируются специалистами по дизайну средств транспорта (5 – 7 человек). Окончательные результаты экспертизы обсуждаются на художественно-техническом совете. Структурно это положение представлено на рисунке 10.1.

Экспертное заключение должно включать детальный анализ эстетических показателей изделия и развернутое обоснование результатов оценки.



Рисунок 10.1 – Структурная схема оценки эстетического уровня средств транспорта

10.2 Основные этапы оценки эстетического уровня объектов транспорта

Оценка эстетического уровня объектов (средств) транспорта может проводиться на двух стадиях: целостной и комплексной оценки.

Целостная оценка эстетического уровня (Ψ'_0) изделия на первой ступени проводится *каждым экспертом самостоятельно*. Результаты оценки с кратким обоснованием заносятся в соответствующую графу специальной карты.

Для целостной оценки эксперты пользуются балльной шкалой с интервалом от 0 до 4 баллов и членением до 0,2 балла. Оценку 0 баллов получает изделие, технико-эстетический уровень которого недопустимо низок, оценку 4 балла – изделие, эстетический уровень которого соответствует лучшим мировым образцам техники. В случае, когда изделие оценивается не отдельным экспертом, а группой экспертов, и все они единодушны в оценке Ψ'_0 , то она проставляется в карту от имени всей экспертной группы.

Если оценки членов экспертной группы различны, Ψ'_0 определяется по формуле

$$\Psi'_0 = \frac{\sum_{m=1}^n \Psi'_{0,т}}{n}, \quad (10.1)$$

где $\Psi'_{0,т}$ – целостная оценка технико-эстетического уровня изделия на первой ступени, данная n -м экспертом (специалистом совета); n – количество экспертов в экспертной группе, специалистов в рабочем совете.

Вторая ступень целостной оценки эстетического уровня изделия представляет собой *коллективное обсуждение результатов экспертизы* дизайнерами, членами рабочего совета специалистов по художественному конструированию. Она начинается с доклада члена (руководителя) экспертной группы совету специалистов. После доклада происходит свободный обмен мнениями, выяснение расхождений по отдельным вопросам, выработка согласованности мнений. Обмен мнениями прекращается по решению председательствующего на совете специалистов, после чего каждый из членов совета и экспертов (эксперт) заполняют соответствующую графу специальной карты.

По результатам заполнения карты определяется целостная оценка на второй ступени

$$Ц''_o = \frac{\sum_{m=1}^n Ц''_{o,т}}{n}, \quad (10.2)$$

где $Ц''_{o,т}$ – целостная оценка эстетического уровня изделия, данная n -м специалистом совета (экспертом) на второй ступени.

Суммарная целостная оценка

$$Ц_o = \frac{Ц'_o + Ц''_o}{2} \quad (10.3)$$

и заносится в экспертное заключение.

Если при коллективном обмене мнениями выяснилось, что отдельные оценки совета специалистов резко отличаются от мнения остальных членов совета, то после заполнения специальной карты председательствующий решает вопрос о возможности учета мнения этих специалистов.

Комплексная оценка эстетического уровня изделия производится по показателям группы «Эстетические показатели», представленным в таблицах 10.1 и 10.2, с учетом коэффициента весомости этих показателей. Весомость каждого комплексного показателя определяется исходя из условия, что сумма всех коэффициентов весомости анализируемых показателей равна 1, т.е.

$$\sum_{j=1}^i b_j = 1, \quad (10.4)$$

где b_j – коэффициент весомости j -го показателя; i – количество показателей.

Комплексная оценка на первой ступени проводится каждым экспертом самостоятельно путем количественной оценки каждого показателя по принятой системе баллов (показатель K_j). Результаты оценки заносятся в специальную карту.

Таблица 10.1 – Комплексные показатели эстетического уровня изделия

Показатель	Коэффициент весомости
Информативность формы	0,20
Композиционное совершенство	0,50
Гармоничность формы	0,20
Совершенство производственного исполнения внешнего вида	0,10
Итого	1,00

Комплексная оценка эстетического уровня изделия, данная *каждым экспертом* в баллах, подсчитывается по формуле

$$K'_{o.t} = \sum_{j=1}^i K_i b_j, \quad (10.5)$$

где b_j – коэффициент весомости.

Комплексная оценка эстетического уровня изделия, данная *группой экспертов* в баллах, подсчитывается по формуле

$$K'_o = \frac{\sum_{m=1}^n K'_{o.t}}{n}, \quad (10.6)$$

где $K'_{o.t}$ – комплексная оценка эстетического уровня изделия, данная n -м экспертом (специалистом совета) на первой ступени.

Если одна из оценок отдельного показателя эстетического уровня равна 0, то и вся комплексная оценка принимается равной 0.

Вторая ступень комплексной оценки эстетического уровня изделия процедурно выполняется аналогично ступени целостной оценки с разницей в характере оценки.

Обмен мнениями прекращается по решению председательствующего на рабочем совете специалистов, после чего каждый из членов совета и эксперты (эксперт) заполняют специальную карту.

По результатам заполнения специальной карты определяется *комплексная оценка на второй ступени*

$$K''_o = \frac{\sum_{m=1}^n K''_{o.t}}{n}, \quad (10.7)$$

где $K''_{o.t}$ – комплексная оценка эстетического уровня изделия, данная n -м экспертом (специалистом совета) на второй ступени.

$$K''_{o.t} = \sum_{j=1}^i K_i b_j. \quad (10.8)$$

Таблица 10.2 – Единичные показатели эстетичного уровня

Показатель	Коэффициент весомости
<i>Информативность формы</i>	0,20
1 Образная характеристика формы (проявление в образе машины главной композиционной идеи, особенностей среды, эксплуатационных возможностей и особенностей)	0,06
2 Опознаваемость машины (тип, марка, предприятие-изготовитель)	0,04
3 Наличие оригинальных формообразующих элементов, отличающих данное изделие от налогов и прототипов	0,05
4 Количество необходимой потребителю информации и качество исполнения элементов графики (мнемонические обозначения, таблички, надписи и т.д.)	0,05
<i>Композиционное совершенство</i>	0,50
5 Соответствие композиционного решения функционально-конструктивной характеристике машины	0,07
6 Согласованность конструктивно-компоновочного решения с эстетической характеристикой объемно-пространственной структуры машины	0,06
7 Способность образовывать оптимальную композиционно-организованную структуру «тяговое средство – состав» (для подвижного состава)	0,08
8 Целостность и законченность композиционного решения (для самоходных и автономно работающих стационарных машин и орудий)	0,08
9 Компоновочная увязка различных по структуре и функции элементов формы, единство характера элементов формы	0,05
10 Тектоничность конструкции, выражение формой композиционных элементов характера работы конструкции узлов и деталей машины	0,06
11 Соответствие пластической проработки формы композиционному решению	0,06
12 Композиционная увязка элементов графики и цветового решения со структурой машины	0,04
<i>Гармоничность формы</i>	0,20
13 Логичность развития формы как продолжения композиционной целостности структуры машины	0,07
14 Соответствие формы машины в целом и композиционных элементов в отдельности выбранному материалу конструкции	0,06
15 Соответствие формы машины, цветового решения окружающей среде и конкретным условиям эксплуатации	0,07
<i>Совершенство производственного исполнения внешнего вида</i>	0,10
16 Тщательность покрытия и отделки поверхностей	0,03
17 Чистота выполнения сочленений, округлений и сопрягающихся поверхностей	0,03
18 Четкость исполнения фирменных знаков, указателей, упаковки и сопроводительной документации	0,04

Суммарная комплексная оценка определяется по формуле

$$K_o = \frac{K'_o + K''_o}{2} \quad (10.9)$$

и заносится в экспертное заключение.

Если при коллективном обмене мнениями выяснилось, что оценки одного или двух членов рабочего совета резко отличаются от мнения остальных членов совета, то после определения $K''_{o,t}$ председательствующий решает вопрос о возможности учета мнения этих специалистов.

Итоговая оценка Π_3 определяется на дизайн-техническом совете (ДТС) или его рабочей группой методом коллективного обсуждения результатов экспертизы и анализа эстетического уровня оцениваемого изделия:

$$\Pi_3 = \alpha K_o, \quad (10.10)$$

где α – корригирующий коэффициент, зависящий от результатов рассмотрения оцениваемого изделия на ДТС (или его рабочей группой), от весомости эстетических свойств изделия в структуре его качеств, от перспективности изделия на ближайшие 5 лет, $0,8 \leq \alpha \leq 1,15$.

При этом при этом K_o на стадии разработки эскизного и технического проектов, когда еще невозможно оценить количественные единичные показатели, характеризующие совершенство производственного исполнения внешнего вида, соответствует целостной оценке:

$$K_o = \Pi_o. \quad (10.11)$$

На остальных стадиях создания и производства изделий

$$\Pi_3 = \frac{\Pi_o + K_o}{2}. \quad (10.12)$$

Численные результаты могут дополняться обоснованиями, выводами и рекомендациями ДТС по повышению эстетического уровня рассмотренных объектов транспорта.

СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Автоматизированное рабочее место – часть пространства в системе «человек – машина», оснащенная средствами информатики, органами управления, вспомогательным оборудованием, предназначенная для осуществления деятельности оператора системы «человек – машина».

Аксиология – учение о ценностях; в широком смысле – значимость, ценность чего-либо для человека.

Алгоритм деятельности человека-оператора – термин и метод инженерной психологии: логическая организация деятельности человека-оператора из совокупности действий и оперативных единиц информации.

Антропометрические показатели – сведения о размерах человеческой фигуры определенной группы населения, народностей, в том числе племен.

Визуальная коммуникация – координирование функциональных процессов посредством создания специальных визуальных знаков и знаковых систем. Визуальная коммуникация играет организационную, координирующую и регулирующую роль в предметно-пространственной среде. Визуальная коммуникация визуализирует и структурирует смыслы, заложенные в формах материального мира.

Визуальное мышление – процесс порождения новых промышленных образцов, несущих смысловую нагрузку и делающих знания видимыми.

Деятельность человека-оператора – процесс, осуществляемый человеком-оператором для достижения поставленной перед системой цели, состоящей из упорядоченной совокупности действий.

Дизайн-среда – проектирование комплексных объектов с позиций широкого охвата проблемы взаимоотношений человека с природой, предметно-пространственным и социокультурным окружением в целях создания гармоничной среды. Дизайн производственной среды – комплексное формирование предметно-пространственной среды промышленного производства. Дизайн жилой среды – комплексное формирование предметно-пространственной среды жилища с учетом образа жизни и эстетических потребностей человека.

Информация – сведения, являющиеся объектом хранения, передачи, преобразования. В дизайне – содержание документов и других источников, используемых в работе дизайнера. Визуальная информация – содержание, понятия и образы, воспринимаемые человеком зрительно. Эта информация имеет специфическое образное содержание, передаваемое через форму, расположение и соотношение предметов, характер начертания графических знаков и символов, форму шрифта, характеристики цвета, освещенности. Изобразительная – информация, выраженная языком зрительных образов и представленная визуальными средствами.

Инфраструктура транспорта – комплекс производственной среды, предприятий, машин, искусственных сооружений, обслуживающих отрасль.

Квалиметрия – наука об измерении качества – обобщенной характеристики объекта, которая отражает всю иерархическую совокупность свойств, имеющих значение с точки зрения потребителя этого объекта.

Компоновка – процесс поиска оптимальных соотношений различных элементов формы и пространственного объединения их в единое целое.

Комфорт – совокупность положительных психологических и физиологических ощущений человека в процессе его контактов с вещью или средой. Достижение так называемого функционального комфорта является одним из ведущих эргономических требований к проектированию. Особенно важны показатели комфорта, характеризующие образ жизни и качество жизни при проектировании предметно-пространственной среды.

Концепция в дизайне – основная структурированная идея, смысловая направленность целей, задач и средств проектирования.

Моделирование – процесс отображения, представления или описания целостного объекта (системы объектов), определенных аспектов структуры, ситуации или функционального процесса для выяснения их существенных сторон, тех или иных параметров в процессе создания образа проектирования объекта.

Проект в дизайне – описание объекта проектирования, зафиксированное в соответствующей художественно-конструкторской документации, необходимое для составления технической документации, производства и последующей эксплуатации продукции.

Пункт управления – комплекс помещений для работы оператора (группы операторов) и размещения оборудования, с помощью которого он (они) выполняет свои функции.

Система «человек – машина – среда» – система, состоящая из человека-оператора (группы операторов), машины (посредством которой он (они) осуществляют трудовую деятельность) и предметно-пространственной среды, в которой эта деятельность осуществляется.

Системный подход – рассмотрение сложного, разветвленного объекта дизайнерского проектирования как системы взаимосвязанных материально-функциональных и социокультурных элементов. Требует установления четких функциональных связей между средой, ее элементами, процессами протекающими в ней с участием человека.

Техническая эстетика – дисциплина, комплексно изучающая социальные, эстетические, функциональные, эргономические и технические аспекты формирования предметно-пространственной среды и создающая научно-методические основы дизайна.

Эклектика – отсутствие единства, целостности в произведении; сочетание в одном предмете (произведении) разнородных, несовместимых элементов, обладающих разными стилевыми признаками.

Эргономика – дисциплина, комплексно изучающая антропометрические, биомеханические, психофизиологические и психологические аспекты взаимодействия человека с техническими средствами, предметом деятельности и средой с целью придания системе «человек – машина – среда» таких свойств, которые обеспечивают наиболее эффективное функционирование.

Эргономические требования – требования, которые предъявляются к системе «человек – машина – среда» исходя из задач оптимизации деятельности человека-оператора с учетом его антропологических, психофизиологических характеристик и возможностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **ГОСТ 12.2.032–78.** Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. 1979–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 12 с.
- 2 **ГОСТ 12.2.033–78.** Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – Введ. 1979–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 12 с.
- 3 **ГОСТ 12.2.049–80.** Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – Введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 20 с.
- 4 **ГОСТ 12.2.130–91.** Система стандартов безопасности труда. Экскаваторы одноковшовые. Общие требования безопасности и эргономики к рабочему месту машиниста и методы их контроля. – Введ. 1993–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 24 с.
- 5 **ГОСТ 20.39.108–85.** Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 20 с.
- 6 **ГОСТ 29.05.002–82.** Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Индикаторы цифровые знаковсинтезирующие. Общие эргономические требования. – Введ. 1984–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 50 с.
- 7 **ГОСТ 29.05.006–85.** Система стандартов эргономических требований эргономического обеспечения. Трубки электронно-лучевые приемные. Общие эргономические требования. – введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
- 8 **ГОСТ 30.001–83.** Система стандартов эргономики и технической эстетики. Основные положения. – Введ. 1984–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 8 с.
- 9 **ГОСТ 21480–76.** Система «человек – машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования. – Введ. 1977–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.
- 10 **ГОСТ 21889–76.** Система «человек – машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. – Введ. 1977–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 15 с.
- 11 **ГОСТ 21958–76.** Система «человек – машина». Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования. – Введ. 1977–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 7 с.
- 12 **ГОСТ 22269–76.** Система «человек – машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. введ. 1978–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 5 с
- 13 **ГОСТ 22613–77.** Система «человек – машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования. – Введ. 1978–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 7 с.
- 14 **ГОСТ 22614–77.** Система «человек – машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования. – Введ. 1978–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 10 с.
- 15 **ГОСТ 22615–77.** Система «человек – машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования. – Введ. 1978–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 7 с.
- 16 **ГОСТ 22902–78.** Система «человек – машина». Отсчетные устройства инди-

каторов визуальных. Общие эргономические требования. – Введ. 1979–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 7 с.

17 **ГОСТ 23000–78.** Система «человек – машина». Пульты управления. Общие эргономические требования. – Введ. 1979–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 12 с.

18 **Абрамов, А. А.** Основы эргономики : учеб. пособие / А. А. Абрамов. – М. : РГОТУПС, 2001. – 264 с.

19 Эргономика : учеб. пособие для вузов / В. В. Адамчук [и др.]. – М. : Юнити-Дана, 1999. – 254 с.

20 Эргономика и безопасность труда / Л. П. Боброва-Голикова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1995. – 112 с.

21 **Борисовский, Г. Б.** Эстетика и стандарт / Г. Б. Борисовский. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 191 с.

22 **Варгунин, В. И.** Основы эргономики на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. И. Варунин. – Куйбышев : КИИТ, 1988. – 99 с.

23 **Гардан, И.** Машинная графика и автоматизация конструирования / И. Гардан, М. Люка. – М. : Мир, 1987. – 272 с.

24 **Зараковский, Г. М.** Закономерности функционирования эргономических систем / Г. М. Зараковский, В. В. Павлов. – М. : Радио и связь, 1987. – 232 с.

25 **Зараковский, Г. М.** Эргономика в вопросах и ответах. Материалы понятийной базы эргономики / Г. М. Зараковский, В. М. Мунипов, П. Я. Шлаен. – Тверь : Эргоцентр, 1993. – 68 с.

26 **Каплун, А. И.** Стиль и архитектура / А. И. Каплун. – М. : Стройиздат, 1985. – 232 с.

27 **Кириллов, Е. А.** Цветоведение / Е. А. Кириллов. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 128 с.

28 Охрана труда на железнодорожном транспорте / В. С. Крутяков [и др.]; под ред. В. С. Крутякова. – М. : Транспорт, 1988. – 311 с.

29 **Кузнецов, В. Г.** Основы эргономики : учеб. пособие. Ч.1/ В. Г. Кузнецов, С. В. Гавриков. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 160 с.

30 **Логвиенко, А. Д.** Зрительное восприятие пространства / А. Д. Логвиенко. – М. : Изд-во. МГУ, 1981. – 224 с.

31 **Мунипов, В. М.** Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учеб. / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – М. : Логос, 2001. – 356 с.

32 **Платонов, Г. А.** Эргономика на железнодорожном транспорте / Г. А. Платонов. – М. : Транспорт, 1986. – 296 с.

33 **Сомов, Ю.С.** Композиция в технике / Ю. С. Сомов. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.

34 **Трофимов, В. С.** Дизайн в инфраструктуре железнодорожного транспорта / В. С. Трофимов. – М. : Маршрут, 2006. – 268 с.

35 **Шибанов, Г. П.** Количественная оценка деятельности человека в системах «человек – техника» / Г. П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.

36 **Широков, А. П.** Оптимизация функционирования эргатических систем : метод. указ. / А. П. Широков. – Хабаровск : ДВГУПС, 1998. – 23 с.

37 **Широков, А. П.** Основы эргономики на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие / А. П. Широков. – Хабаровск : ДВГУПС, 2000. – 80 с.