



**Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры**

А. К. Кондаков

Основы эргономики и дизайна РЭСБН

Учебное пособие

ТОМСК 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра конструирования и производства
радиоаппаратуры

А. К. Кондаков

**Основы эргономики
и дизайна радиоэлектронных
средств бытового назначения**

Учебное пособие

2012

Рецензент: доцент кафедры КИПР, ТУСУРа,
кандидат технических наук Чернышев А. А.

Корректор: Миллер С.В.

Кондаков А.К.

Основы эргономики и дизайна радиоэлектронных средств бытового назначения: Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2012. – 199 с.

Данное пособие включает содержание курса «Основы эргономики и дизайна РЭС БН» и состоит из четырех разделов, в которые включены основные положения по эргономике, инженерной психологии, дизайну и теории композиции в технике. Изучение данного курса позволяет студентам грамотно ориентироваться в использовании и применении положений и рекомендаций эргономики, дизайна и инженерной психологии при выполнении проектных конструкторских работ, обеспечивая повышение потребительских качеств проектируемой техники.

Пособие написано для студентов специальности 210303, но может быть использовано и студентами других специальностей радиотехнического профиля.

© Кондаков А.К.,
© Томский межвузовский центр
дистанционного образования, 2012

Содержание

1. Основы эргономики

1 Введение	6
2 Возникновение эргономики и её современное состояние	10
3 Предмет эргономики и её задачи	11
4 Эргономические требования к РЭС.....	18
5 Сущность и структура трудовой деятельности.....	21
6 Принципы эргономического анализа трудовой деятельности.....	25
6.1 Классификация рабочих профессий.....	26
7 Основные характеристики человека - оператора.....	30
8 Эргономические основы проектирования техники	41
9 Эргономические основы организации рабочего места оператора.....	45
10 Эргономическое проектирование рабочего места оператора.....	47
11 Эргономические основы проектирования визуальных индикаторов	54
11.1 Стрелочные индикаторы	55
11.2 Интегральные индикаторы.....	56
11.3 Мнемосхемы	56
11.4 Табло коллективного пользования	58
11.5 Сигнализаторы звуковые.....	58
11.6 Словесные сигналы предупреждения.	58
12 Эргономические основы проектирования органов управления	59
12.1 Требования к отдельным видам органов управления.	60
13 Учет в эргономике факторов среды.....	62
14 Принципы и методы исследований в эргономике	64
15 Моделирование в эргономике.....	68

2. Основы инженерной психологии

16 Введение в инженерную психологию	69
17 Инженерная психология, её принципы и методы	72
18 Возможности и функции человека и машины	74
18.1 Распределение функций между человеком и машиной	78
19 Познавательные действия	80
20 Информационная подготовка решения.....	83
21 Исполнительные (перцептивно-моторные) действия человека.....	85
22 Факторы деятельности, вызывающие утомление	87
23 Характеристика эмоциональных состояний оператора	90
24 Деятельность оператора с информационными моделями.....	92
25 Пространственные характеристики зрительной информации.....	98
25.1 Размещение СОИ в оперативных залах.	98
25.2 Оптимальные размеры знаков и их элементов.....	99
25.3 Оптимальные характеристики компоновки знаков	99
25.4 Яркостные характеристики зрительной информации	100
25.5 Временные характеристики зрительной информации	102
25.6 Кодирование зрительной информации	102
26 Показатели работы оператора	103
26.1 Временные характеристики действий оператора	103
26.2 Точность работы оператора	105
26.3 Надежность работы оператора.....	106

3. Основы дизайна

27 Введение в дизайн (художественное конструирование).....	109
28 Факторы, обуславливающие художественно-конструкторскую проработку изделий.....	114
29 Эстетическая деятельность в системе промышленного производства.....	116
30 Задачи художественного конструирования	127
31 Особенности художественного конструирования РЭА	128
32 Последовательность художественного конструирования РЭА.....	131

4. Основы композиции

33 Теория композиции в технике	138
33.1 Свойства и качества композиции	140
33.2 Закономерности композиции	141
33.3 Средства композиции	143
34 Категории композиции	145
34.1 Тектоника.....	145
34.2 Объёмно-пространственная структура	147
35 Свойства и качества композиции.....	152
35.1 Гармоничная целостность.	152
35.2 Соподчиненность элементов.....	154
35.3 Композиционное равновесие.	155
35.4 Симметрия.	157
35.5 Проявления асимметрии в симметричных формах.	158
35.6 Асимметрия.	160
35.7 Динамичность.....	162
35.8 Статичность.	164
35.9 Единство характера формы.	165
36 Средства композиции	169
36.1 Композиционный прием.....	169
36.2 Пропорции и пропорционирование.....	170
36.3 Масштаб и масштабность.....	176
36.4 Взаимосвязь масштаба и пропорций.....	178
36.5 Контраст.....	180
36.6 Нюанс и нюансировка	184
36.7 Метрический повтор.....	185
36.8 Ритм.....	188
36.9 Цвет	191
36.10 Тени и пластика	192
37 Особенности художественного конструирования РЭС бытового и профессионального назначения.....	195
38 Заключение	200
39 Список используемой литературы.....	200

1. ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ

1.1 Введение

По мере перехода к комплексной автоматизации производства возрастает роль человека как субъекта труда и управления. Человек несет ответственность за эффективную работу всей технической системы и допущенная им ошибка может привести в некоторых случаях к очень тяжелым последствиям.

Изучение и проектирование таких систем создали необходимые предпосылки для объединения технических дисциплин и наук о человеке и его трудовой деятельности, обусловили появление новых исследовательских задач. Во-первых, это задачи, связанные с описанием характеристик человека как компонента автоматизированной системы. Речь идет о процессах восприятия информации, памяти, принятия решений, исследованиях движений и других процессах, проблемах мотивации, готовности к деятельности, стресса, коллективной деятельности операторов. С точки зрения обеспечения эффективности деятельности человека важное значение имеют такие факторы, как утомление, монотонность операций, интеллектуальная нагрузка, условия работы, физические факторы окружающей среды, биомеханические и физиологические факторы. Во-вторых, это задачи проектирования новых средств деятельности, относящихся преимущественно к обеспечению взаимодействия человека и машины. К таким средствам относят визуальные и слуховые индикаторы, органы управления, специальные входные системы ЭВМ, новые инструменты и приборы. В-третьих, это задачи системного характера, связанные с распределением функций между оператором и машиной, с организацией рабочего процесса, а также задачи подготовки, тренировки и отбора операторов.

Эргономика занимается комплексным изучением и проектированием трудовой деятельности с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда, а также профессионального мастерства. Ее предметом является трудовая деятельность, а объектом исследования - системы "человек - орудие труда - предмет труда - производственная среда".

Повышение эффективности и качества труда является одним из важнейших средств достижения высокой эффективности производства. Более успешное решение этой задачи требует научного теоретического исследования проблем трудовой деятельности человека, его роли в современном производстве.

Так как в основе трудовой деятельности человека лежат его психические и физиологические процессы, поэтому большую роль в решении задачи повышения производительности труда играют науки, изучающие деятельность и функции человека.

С развитием производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают изменения функции, роль и место человека в процессе труда.

Раньше преимущественно преобладал энергетический подход в изучении этого процесса, обусловленный, прежде всего, преобладанием ручного труда. В настоящее время технический прогресс вызвал появление сложных видов трудовой деятельности (особенно это касается управления сложными системами), что предъявило серьёзные требования к скорости реакции, восприятию и другим психическим процессам человека. В реальной трудовой деятельности психологические компоненты не отделены от физиологических компонентов. Более того, трудовую деятельность человека нельзя понять, не изучая её во взаимодействии с функционированием технических устройств, посредством которых человек решает ту или иную трудовую задачу. На основе накопленных знаний о труде возникла потребность в целостной системе представлений о работающем человеке, о его трудовой деятельности, о его взаимоотношениях с машиной и с окружающей средой.

Решающую роль в системном подходе к изучению работающего человека, его трудовой деятельности сыграли те объективные процессы, которые вызваны научно-техническим прогрессом (НТП).

Автоматизация производства коренным образом изменила содержание труда человека; в трудовой деятельности всё более стали проявляться человеческие творческие функции.

Но в современном производстве, которое широко оснащено сложными техническими системами, к человеку предъявляются резко возросшие требования, вынуждающие его иногда работать на пределе психологических возможностей и в крайне усложнённых условиях труда.

При этом человек несёт ещё и огромную ответственность за эффективное функционирование больших систем управления производством, транспортом, связью, космическими полётами и т.п. Технический прогресс со всей остротой сформулировал проблему «человек-машина».

Возможности человека расширяются за счёт развития орудий труда, но орудия труда часто оказываются настолько сложными или нерационально сконструированными, что становится трудно ими пользоваться. Возникла задача согласования конструкции машин и условий их функционирования с характеристиками работающего с ними человека.

В настоящее время происходит мощное усложнение (структурное и функциональное) технических средств и технологических процессов, централизация управления крупными комплексами. Анализ эффективности АСУ показывает, что именно ошибки оператора зачастую оказываются причиной отказов в системе.

Тенденции развития современного производства таковы, что основные трудности в их проектировании, вероятно, будут связаны уже не с исследованием характеристик оборудования, а с определением путей и средств оптимизации взаимодействия человека и техники.

Машина должна быть во всех отношениях удобной для обслуживания её человеком, она должна соответствовать его психологическим характеристикам.

В процессе проектирования сложных комплексов возникает также проблема прогнозирования деятельности человека, которую нельзя решить старым правилом: «построим машину – потом посмотрим, почему она не работает».

Современное развитие техники характеризуется резко возросшей стоимостью технических средств, особенно при управлении сложными системами. Поэтому при проектировании новой и модернизации существующей техники необходимо заранее и с максимально доступной полнотой учитывать возможности и особенности людей, которые будут управлять и пользоваться ею.

Показатели физической среды на производстве также должны быть согласованы с характеристиками человека, только при этом условии можно рассчитывать на высокую эффективность его труда.

Часто человек в течение рабочего дня должен находиться в помещении с искусственным освещением, с определённым химическим составом воздуха, повышенным или пониженным атмосферным давлением. Некоторые профессии связаны с ускорением, изменением гравитации, шумами, вибрацией и т.д. Создание новых машин и разработка новых технических процессов есть создание дополнительной новой среды для человека. Иногда эта среда представляет собой сочетание естественных и искусственных условий, иногда может быть полностью искусственной. Поэтому, когда создаётся новая машина, речь должна идти не о машине как таковой, а о системе «человек - машина - производственная среда».

Комплексный, системный подход к изучению перечисленных проблем, установление взаимосвязи параметров человека и машины явились основой рождения новой отрасли знаний – эргономики (от греческого *ergon*-работа, *nomos*-закон) и её раздела – инженерной психологии. Термин "эргономика" был принят в Англии в 1949 г., когда группа английских ученых положила начало организации Эргономического исследовательского общества. В СССР в 20-е годы предлагался термин "эргология", но в настоящее время принят английский термин. В некоторых странах эта научная дисциплина имеет иные названия, в США - "исследование человеческих факторов", в ФРГ - "антропотехника" и др.

Эргономика – научная дисциплина, комплексно изучающая человека (группу людей) в конкретных условиях его (их) деятельности, связанной с использованием машин (технических средств). Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное, функциональное целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку.

Изучение процесса проектирования систем «человек - машина - производственная среда» создали предпосылки для объединения технических дисциплин и наук, появления новой психофизиологической проблематики. Эргономика сложилась на стыке психологии, физиологии, гигиены труда и технических наук.

Если раньше развитие техники обеспечивалось в основном успехами физико-математических, химических и технических наук, то в настоящее

время к решению задач, возникающих в технике, привлекаются данные биологических, психологических, социально-экономических наук.

Предметом научного исследования в области трудовой деятельности становится не сама техника, и не только человек как субъект производства, а согласование его физических и психологических возможностей, эстетических вкусов и других социальных качеств со свойствами современных технических систем.

Надо также правильно понимать, что сколь бы техника не развивалась, она всегда остаётся «продолжением» естественных органов человека, его рук и мозга. Бесконечность технического прогресса, принципиальная возможность «передачи» трудовых функций субъекта технике ограничена целями человека, её назначением быть средством человеческого труда.

В эргономике по-иному рассматривают проблему качества труда. Качество представляет интегральную характеристику данного вида труда, в которой фиксируются показатели качества и количества производимой продукции, взятые в отношении к трудовым затратам, психологической и физиологической «цене» деятельности, а также по отношению к показателям здоровья и развития личности работника.

В условиях все ускоряющегося обновления запаса знаний, а соответственно техники и технологии, эргономическое совершенствование отдельных сторон производства должно быть включено в программу образования человека, при этом более эффективно будут решаться не только задачи приспособления техники к человеку, но и активного формирования способностей человека, в соответствии с требованиями, которые предъявляет к нему технический прогресс, и возможностями, которые перед ним открываются с развитием техники.

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

Сегодня одна из наиболее новых сфер применения результатов эргономических исследований – проектирование технически сложных промышленных изделий, а также изделий культурно-бытового назначения. Эргономика в тесном содружестве с технической эстетикой и инженерной психологией обеспечивает высокие потребительские свойства этих изделий, их красивый внешний вид и повышенное удобство эксплуатации. Эргономика призвана способствовать не только созданию оптимальных условий для труда, быта и отдыха людей, но и формированию новых культурных ценностей, созданию условий для всестороннего развития личности.

Эргономика относится к тем наукам, которые можно различать по предмету и специфическому сочетанию методов, применяемых в них. Она в значительной мере использует методы исследований, сложившиеся в психологии, физиологии и гигиене труда. Проблема состоит в координации различных методических приемов при решении той или иной эргономической задачи, в последующем обобщении и синтезировании полученных с их помощью результатов. В ряде случаев этот процесс приводит к созданию новых

методов исследований в эргономике, отличных от методов тех дисциплин, из которых она возникла. Эргономика так или иначе связана со всеми науками, предметом исследования которых является человек как субъект труда, познания и общения.

1.2 Возникновение эргономики и её современное состояние

В годы Великой Отечественной войны был дан мощный толчок междисциплинарным исследованиям, направленным на выявление оптимальных условий деятельности человека, а также его предельных возможностей. Произошло это потому, что сложная военная техника зачастую не могла эффективно использоваться, т.к. предъявляла к обслуживающему персоналу требования, которые превосходили психофизиологические возможности человека.

Быстрое развитие техники, такой как радарная, высокоточная авиация привело к появлению ситуаций, в которых никакой отбор и никакая тренировка не гарантируют полного использования оператором всех возможностей оборудования. Поэтому стало необходимым приспособить «работу к человеку», т.е. проектировать такое оборудование, в котором были бы учтены границы человеческих возможностей.

Психологи в массовом порядке были привлечены к проектированию новой военной техники, новых сложных систем, эксплуатация которых характеризовалась резко возросшими требованиями к психическим свойствам человека. Под проектированием и исследованием понимается выявление с помощью физиологических и психологических методов путей повышения эффективности деятельности, безопасности и комфорта операторов в различных условиях окружающей среды; а также приспособление кораблей, боевых транспортных средств, самолётов, вооружения, другой техники, а также операторских пультов различных систем к психофизиологическим возможностям тех людей, которые должны их использовать.

Конечно, возникновение и развитие эргономики не следует жестко связывать с войной, т.к. предпосылки эргономики были заложены ещё раньше, но как самостоятельное направление она оформилась после войны.

Начиная с 1945 года, возникают различные организации в странах, где изучаются вопросы психологии и эргономики. Так в 1945 году возникла лаборатория инженерной психологии в военно-воздушных силах США, затем лаборатория человеческой инженерии в ВМС США. С 1921 года функционирует научно-исследовательский институт труда в Японии; однако бурное развитие эргономики в Японии отмечается после второй мировой войны, когда в стране происходит энергичный рост промышленности и осуществляется перевооружение производства на высоком техническом уровне. С 1964 года в Японии создаётся множество эргономических групп в развитых отраслях промышленности, на транспорте, в университетах, в НИИ.

Эргономика быстро развивается в ФРГ, Франции, Италии, Швеции и в других промышленно развитых странах.

Как самостоятельная научная дисциплина эргономика начала развиваться в социалистических странах в 50-е годы. Это было обусловлено благодаря широкой реконструкции народного хозяйства. В 1959 году в Ленинградском университете была организована лаборатория инженерной психологии, а в 1966 создана кафедра инженерной психологии и эргономики. В 1962 году создаётся всесоюзный НИИ технической эстетики – координирующий орган всех работ по эргономике, инженерной психологии и технической эстетике в нашей стране. В СССР интенсивно разрабатываются теоретические и методические проблемы эргономики и инженерной психологии. Многие исследования посвящаются разработке эргономических проблем проектирования, создания и эксплуатации АСУ и контроля, вопросам взаимодействия человека и ЭВМ.

Возрастают исследования эргономических задач при решении технических и научных задач в области пилотируемых космических полетов. Много общего с космической эргономикой имеет авиационная эргономика, которая решает одновременно задачи проектирования и управления систем управления воздушным движением. На достаточно высоком уровне решаются проблемы человеческого фактора при проектировании судов, эргономические работы в станкостроении, радио- и электронной промышленности, на железнодорожном транспорте и в автомобильной промышленности, в сельскохозяйственном машиностроении, в строительной индустрии, полиграфическом производстве и многих других отраслях.

Много усилий направлено эргономистами и инженерами-психологами на модернизацию существующей техники и улучшение условий труда, для того чтобы устранить и ослабить действие отрицательных явлений, обусловленных монотонным и малосодержательным характером труда, а также трудом, связанным с использованием несовершенных автоматических устройств.

Одним из важнейших направлений внедрения достижений эргономики, инженерной психологии, технической эстетики в народное хозяйство является стандартизация эргономических норм продукции. Разрабатываются нормативно-технические документы на эргономические требования к промышленным изделиям, рабочим ГОСТам систем управления и другим объектам, сюда же включаются и нормативные материалы по НОТ и стандарты безопасности труда.

В классификацию свойств технических изделий включается новый показатель, отражающий соответствие изделий эргономическим требованиям.

1.3 Предмет эргономики и её задачи

Эргономика – научная дисциплина, комплексно изучающая человека (группу людей) в конкретных условиях его (их) деятельности, связанной с использованием машин (технических средств).

Человек, машина, среда рассматривается в эргономике как сложное, функционирующее целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку.

Эргономика является и научной и проектной дисциплиной, т.к. в её задачу входит разработка методов учёта человеческих факторов при модернизации действующей и создании новой техники и технологий, а также соответствующих условий труда.

Эргономика возникла в середине XX в. и обусловлена тем, что в качестве объектов технологического проектирования и конструирования стали выступать различного рода сложные системы управления производством, транспортом, связью, космическими полётами и т.п., эффективность функционирования которых во многом определяется деятельностью включаемого в них в качестве ведущего звена – человека. Сочетание способностей человека и возможностей машины (или совокупности технических средств) существенно повышает эффективность управления, причём эффективность функционирования такой системы в целом определяется тем, в какой степени при её создании были выявлены и учтены присущие человеку и машине особенности, в том числе как ограничения, так и потенциальные возможности.

Эргономика может существовать и добиваться определённых успехов в решении прикладных задач, если имеет место движение одновременно в двух направлениях: от требований человека к технике и условиям её функционирования, и от требований техники и условий её функционирования к человеку. Для нахождения оптимальных условий решения задач эргономики надо использовать все рекомендации психологов, физиологов, гигиенистов, антропологов, но, кроме того, ещё и необходимо согласовать эти рекомендации между собой и увязать в единую систему требований к конкретному виду деятельности и условиям её осуществления. Важны знания не отдельных функциональных возможностей восприятия, мышления и действий работающего человека, а его деятельность в целом, с учётом всех обстоятельств, от которых зависит успех деятельности. Эта целостность вырастает из ряда эргономических свойств техники: управляемости, обслуживаемости, осваиваемости и обитаемости.

Первые три характеризуют органичность включения техники в соответствующие виды деятельности человека (группы людей).

Обитаемость техники характеризует приближение условий (среды) её функционирования к биологическим оптимальным параметрам внешней среды, при которых работающему человеку обеспечивается нормальное развитие, хорошее здоровье, высокая работоспособность, а также достигается уменьшение или ликвидация вредных последствий её эксплуатации для окружающей среды.

Каждое эргономическое свойство техники характеризуется комплексными показателями, которые формируются на основе совокупности единичных эргономических показателей: социально-психологических, физиологических, психологических, психофизиологических, антропометрических и гигиенических.

Различают два вида эргономики – коррективную и проективную, которые соответственно связывают с задачами модернизации существующих машин и систем и проектированием новых.

Принятый в коррективной эргономике подход предполагает оптимизацию деятельности поочередно по отдельным факторам: психологическому (другие не учитывают), физиологическому, гигиеническому и т.д. Затем данные суммируются, зачастую чисто механически.

Проективная эргономика предполагает использование комплексных факторов о человеке с учётом типичных видов и форм человеческой деятельности.

В связи с усиливающейся тенденцией технизации быта, эргономика уделяет внимание исследованию человеческого фактора применительно к задачам проектирования, создания и оценки технически сложных изделий культурно-бытового назначения.

По отношению к свойствам – качествам компонентов системы «человек – машина» (СЧМ) человеческие факторы представляют собой качества, возникающие как результат интеграции, воплощение в единое целое:

- природных качеств, характеризующих среду;
- предметных качеств, характеризующих машину (техническое средство);
- функциональных, в том числе социальных, качеств, характеризующих человека.

Эргономика должна обеспечить определение необходимой и достаточной номенклатуры функциональных связей между компонентами СЧМ, поскольку только в этом случае она может приобрести статус системы, обладающей заданной эффективностью и отвечающей определённым критериям.

Номенклатура функциональных связей должна быть конструктивной (а не бесконечной) и отвечать ряду критериев оценки СЧМ: как техническим (стабильность, надёжность, помехоустойчивость), так и социально-экономическим (эффективность).

Эргономика решает задачи рациональной организации деятельности людей в СЧМ, целесообразного распределения функций между человеком и машиной, определения критериев оптимизации СЧМ с учётом возможностей и способностей работающего человека (группы людей), разрабатывает типологии таких систем.

Все работы по эргономике можно классифицировать следующим образом: 1. Работы общего характера.

2. Человек как компонент системы:

- Перцептивные (входные) процессы (зрение, слух, и т.д.);
- Центральные процессы (кратковременная и долговременная память, принятие решения, внимание, и т.д.);
- Основные моторные процессы (слежение, двигательные навыки, ручная сноровка и т.д.);
- Характеристика перцептивно-моторной деятельности и факторы, влияющие на неё;
- Основные физиологические процессы;
- Условия работы (статическая и динамическая, нагрузка);
- Антропометрические и биохимические данные;

- Основные данные физиологии, органов чувств и факторы, влияющие на физиологические и биохимические функции (устомление, стресс и т.д.).

3. Проектирование средств взаимодействия между человеком и машиной:

- Визуальные, слуховые, кинестетические и тактильные индикаторы;
- Органы управления и специализированные входные устройства;
- Планирование рабочего пространства;
- Конструкция оборудования, инструментов, механизмов и машин, специального защитного снаряжения;
- Физические факторы среды (освещённость, шум, вибрация, температура, атмосферные условия и т.д.).

4. Проектирование и организация систем:

- Распределение функций между человеком и машиной;
- Проектирование и организация работ (темп, рабочие смены и т.д.);
- Тренировка;
- Отбор;
- Мотивация и отношение к работе.

5. Методы исследования и экспериментальная техника в эргономических исследованиях:

- Методы и приборы измерения, анализа и оценки данных;
- Программа тренировок, процедуры отбора, тестирование, методика опроса и т.п.;
- Моделирование, в т.ч. и на ЭВМ;
- Статистическая обработка данных и планирование эксперимента, в т.ч. на ЭВМ.

Эргономика не только изучает, но и проектирует целесообразные варианты конкретных видов человеческой деятельности, связанных с использованием новой техники. На основе проекта, разработанного в соответствии с основными целями создаваемой СЧМ, формируются требования к техническим средствам, которые используются в трудовой деятельности, и одновременно к профессиональному отбору и обучению людей, участвующих в этой деятельности, а также к техническим средствам подготовки.

Проектирование человеческой деятельности опирается на исследования и моделирование психических функций: восприятия, памяти, мышления (образного и понятийного). Эти функции являются по существу собственными средствами, или психологическими инструментами деятельности человека. К числу таких средств (способов) деятельности относятся также опыт, знания, программы и схемы поведения, навыки оператора.

На основе этих собственных средств деятельности формируются постоянные и оперативные образно-концептуальные модели (ОКМ), лежащие в основе процесса принятия решения и управляющей деятельности человека, которые подлежат специальному формированию и тренировке.

Работающий человек, использующий арсенал психологических инструментов деятельности, опирается на внешние средства, предоставляемые ему конструкторами машин и систем. К внешним средствам деятельности относятся также информационные модели, реализуемые на устройствах

отображения информации (экраны, табло, мнемосхемы, индикаторные приборы), средства математического обеспечения ЭВМ (при решении задач совместно с ЭВМ) и другие вспомогательные средства подготовки решения, органы управления и средства коммуникации. В разных условиях центр тяжести проектирования может приходиться либо на внешние, либо на собственные средства деятельности.

Проектирование некоторых видов человеческой деятельности как в сравнительно простых, так и в сложных человеко-машинных комплексах требует проведения самых разнообразных исследований.

Существует большое количество специальных публикаций и изданий в области эргономики, в которых представлены результаты исследования антропометрической, физиологической и психологической, познавательной и накопительной деятельности.

Грамотное проектирование внешних средств трудовой деятельности и формирования способов её осуществления требуют большого числа данных, относящихся к точности, скорости, устойчивости, оперативности выполнения различных видов деятельности. Получение таких данных возможно лишь на основе разработки методов экспериментальных исследований, создания специальных экспериментальных стендов. Их сложность бывает соизмеримой с реальной сложностью технических средств, с которыми приходится иметь дело операторам современных автоматизированных систем управления.

Эргономика как научная дисциплина, тесно связана с рядом других наук. Существует тесная связь эргономики с социологией (социологией труда), которая изучает характер и содержание труда, соотношение различных стимулов и факторов удовлетворенности трудом, социальные аспекты рациональной организации труда и т.д.

Для эргономики представляются важными связи с социальной психологией, которая изучает закономерности поведения и деятельности людей, обусловленные фактом их включения в социальные группы, а также психологические характеристики самих этих групп.

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

Существует связь эргономики с физиологией труда. Основная задача физиологии труда заключается в изучении закономерностей протекания физиологических процессов и особенностей их регуляции в ходе трудовой деятельности, т.е. в выявлении особенностей, характеризующих функционирование физиологических систем и всего организма в процессе трудовой деятельности.

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

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

Не менее значимы связи эргономики с психоневрологией, которая позволяет вскрыть патофизиологические механизмы невротических состояний, возникающих в отдельных случаях у работающих людей в процессе их деятельности, в частности в стрессовых ситуациях.

Эргономика не может развиваться вне связей с анатомией человека, наукой о форме и строении отдельных органов и организма в целом, особенностях и характере их функционирования.

Комплексный подход к изучению и проектированию деятельности человека обуславливает тесные отношения эргономики с психологией. Психологический фактор является составной частью человеческих факторов в технике. Эргономика связана со многими отраслями психологии: психологией труда и инженерной психологией, авиационной и космической психологией, психологией личности, военной психологией.

Будучи связанной с социологией труда, физиологией и гигиеной труда, функциональной анатомией и технической эстетикой, психология труда подготовила научную базу для возникновения эргономики.

По условиям своего возникновения, по задачам и методам ближайшей к эргономике отрасли психологии является инженерная психология. Обуславливается это тем, что предметом исследования инженерной психологии является деятельность оператора АСУ. Инженерная психология рассматривает аспекты взаимодействия человека и машины, и в этом отношении она выступает как один из основных разделов эргономики, в задачу которой входит комплексное изучение аспектов взаимодействия человека и машины, человеко-машинной системы (СЧМ) и среды.

Инженерная психология решает проблемы организации деятельности операторов СЧМ со средствами автоматизации. Это проблема сенсомоторного слежения, обнаружение и выделение полезного сигнала на экране оператора, усовершенствование мнемосхем (органов управления) и т.д. В связи с ростом НТП совершенствуется и инженерно-психологическая проблематика. Быстрая смена технических средств автоматизации приводит к появлению новых поколений вычислительной техники (ВТ), средств отображения информации (СОИ), органов управления. Совершенствуются и растут масштабы СЧМ, они становятся иерархическими; в памяти ЭВМ хранится значительно большой объём информации, повышается её доступность для операторов, появляются возможности вызова одной и той же информации в различной форме (текстовой, знаковой, графической и др.); резко улучшается качество её отображения, появляются широкие возможности использования цветового выделения и кодирования информации. Появляются возможности настройки СОИ на пользователя (яркость, контраст, размеры, начертания и т.п.), что значительно повышает эффективность деятельности оператора в СЧМ.

Прогресс ЭВМ и совершенствование средств автоматизации ставит перед инженерами - психологами качественно новые задачи: объём данных, хранимых в памяти ЭВМ настолько велик, что он не может одновременно быть выведен на СОИ, а при систематическом последовательном выводе он становится плохо обозримым. Не спасает и обобщённая информационная модель. Объектом деятельности оператора (пользователя) становится не только информационная модель, хранимая в памяти ЭВМ, которая называется информационным массивом или совокупностью баз банка данных. Обращаясь к этим базам банка данных, оператор должен сам формировать оперативную информационную модель, что требует от него совершенно иной подготовки, знания совокупности баз банка данных, умения ориентироваться в них, знать возможные уровни обобщения информации и т.д.

При проектировании деятельности человека в системах управления одновременно решаются вопросы профессионального отбора, обучения и тренировки. Такая динамичная система уже призвана решать проблемы не только оптимального приспособления машины к человеку, но и активно формировать способности человека в соответствии с требованиями, предъявляемыми к нему научно-техническим прогрессом, и возможностями, которые открываются перед ним с развитием техники.

У научной организации труда (НОТ) и эргономики общие цели – способствовать повышению производительности труда, сохранению здоровья и развитию личности. Здесь много общих направлений исследований, связанных с изучением и проектированием трудовых процессов, совершенствованием организации и обслуживания рабочих мест, улучшение условий труда.

При одних и тех же общих целях эргономика и НОТ оперируют, однако, различными единицами анализа трудовой деятельности. В эргономике принята схема единиц анализа деятельности: отдельная деятельность, действие и операция. В НОТ единицами анализа трудового процесса являются операции, приёмы, действия, движения. Однако можно считать, что эргономика и НОТ представляют самостоятельные, но органически взаимосвязанные сферы научной и практической деятельности.

Эргономика играет все возрастающую роль в обеспечении безопасных условий труда. Проблема критериев оценки тяжести и напряжённости труда, решение которой возможно лишь при системном подходе и опоре на достижения гигиены, физиологии, психологии труда, в наибольшей степени отражает взаимосвязь охраны труда и эргономики.

Многие проблемы и практические задачи эргономика решает в тесном содружестве с дизайном (технической эстетикой), который позволяет наиболее полно реализовать её принципы и требования. Эргономика рассматривается как естественнонаучная основа дизайна.

В практическом плане учёт человеческих факторов является неотъемлемой частью всего процесса художественного конструирования промышленных изделий и соответствующего преобразования производственной и предметно-пространственной среды. Дизайн в принципе не может существовать и развиваться вне связи с эргономикой.

Эргономика решает ряд проблем, поставленных в системотехнике: оценку надёжности, точности, стабильности работы, влияние психической напряжённости, утомления, эмоциональных факторов и особенностей нервно-психической организации оператора на эффективность его деятельности в системе «человек – машина», приспособительные и творческие возможности человека. На практике взаимоотношение эргономики и системотехники – это проблема организации всестороннего и профессионального учёта человеческих факторов на различных этапах создания систем и их эксплуатации. Учёт человеческого фактора является обязательным компонентом разработки структурных и функциональных схем как системы в целом, так и её отдельных компонентов.

1.4 Эргономические требования к РЭС

Для эффективного функционирования системы человек-машина необходимо согласование конструкций машин и условий их применения с психофизиологическими характеристиками человека. Это требование как раз и выполняет новая отрасль знаний — эргономика. Предметом эргономики как науки является исследование человеко-машинных систем, т. е. изучение системных закономерностей взаимодействия человека с техническими средствами, предметом деятельности и средой в системе «человек — машина — предметы деятельности — среда». Рассматривая человека, предмет деятельности и среду как единую систему, эргономика изучает проблемы и оптимального распределения функций между человеком и машиной, проектирует процесс деятельности, обосновывает оптимальные требования к ее машинным средствам и разрабатывает методы их учета при создании новых машин.

В соответствии с целями и задачами системы «человек-машина» формулируются общие эргономические требования к техническим средствам. Перечень требований приведен в таблице эргономических свойств и показателей системы «человек-машина» (таблица 1).

Высший уровень рассматриваемой структуры (эргономичность системы человек-машина) представляет собой целостную характеристику, организационно связанную показателями производительности, надежности и экономичности эксплуатации машины, и основывается на эргономических свойствах, таких как управляемость, обслуживаемость, осваиваемость и обитаемость.

Первые три описывают свойства системы, при которых техника органично включается в оптимальную психофизиологическую структуру деятельности человека по управлению машиной, ее обслуживанию и освоению. Под обитаемостью понимается эргономическое свойство системы, при котором условия функционирования техники являются оптимальными в отношении обеспечения жизнедеятельности работающего человека. Из рассмотрения структурной схемы эргономических свойств следует, что комплексные показатели машины обеспечиваются как выбором ее технических параметров, так и в равной степени (а в ряде случаев преимущественно) ее конструкционной системой, определяющей ее внутреннюю компоновку,

внешний облик и форму. Более детальные эргономические требования к РЭС и методы их обеспечения будут рассмотрены ниже.

Таблица 1 - Структурная схема эргономических свойств и показателей системы человек-машина

Целостная эргономическая характеристика	Эргономичность системы «человек-машина»			
Эргономические свойства	Управляемость	Обслуживаемость	Освояемость	Обитаемость

Комплексные показатели			
Соответствие организации и конструкции машины: -оптимальной структуре распределения функций между человеком и машиной; -оптимальному уровню сложности и разнообразию действий человека; -минимальной напряженности деятельности человека, при которой достигается наивысшая эффективность управления -соответствие режима работы машины точностным, скоростным и надежностным возможностям человека	Соответствие конструкции машины оптимальной психофизиологической структуре человека по ее эксплуатации, обслуживанию и ремонту	Соответствие конструкции и организации машины, а также эксплуатационной документации быстрейшему её освоению и приобретению человеком необходимых знаний по её обслуживанию и управлению	Соответствие условий функционирования машины биологически оптимальным параметрам рабочей среды, обеспечивающим человеку комфортные условия и высокую работоспособность

При существующих в настоящее время методах проектирования техники в лучшем случае осуществляется лишь только учет требований эргономики на различных стадиях ее разработки, что позволяет добиваться определенной оптимизации деятельности человека (группы людей) в системе «человек – машина» и соответственно повышать эффективность функционирования системы в целом.

Эргономические требования в технике определяются психологическими, физиологическими, антропометрическими и биомеханическими характеристиками человека и устанавливаются с целью оптимизации его деятельности. Под эргономическими требованиями понимаются такие характеристики, которые, будучи воплощенными в технике, становятся её свойствами и показателями.

Учет эргономических требований должен пронизывать все этапы проектных решений. На стадии технического задания (ТЗ) должны быть определены эргономические требования к объекту проектирования. Очень важно корректно осуществить перевод задачи с языка инженерного конструирования на язык эргономики путем анализа данной задачи проекта в контексте специфической проблематики человеческого фактора. Для этой цели проводится анализ назначения проектируемого изделия (объекта) и связанных с этим требований к его функционированию, определяется место и роль человека в решении задачи.

Входя в состав проектировщиков и принимая участие в проектировании техники, специалист по эргономике имеет дело с особым объектом проектирования – человеком и его деятельностью, средством которого выступают знания о человеке и соответствующие специальные методы и процедуры.

Уже на начальной стадии проектирования составляется ориентировочная профессиограмма, определяющая цели и задачи трудовой деятельности, психофизиологическую характеристику её условий, состав и содержание входящих в неё операций, а также конкретные требования, предъявляемые к человеку и технике.

Профессиограмма (поведение) – исходный пункт эргономического исследования и основа всей работы по учету соответствующих требований при проектировании техники.

Анализ аналогов и прототипов уточняет знания о назначении, принципах действия и конструктивных особенностях техники, а также определяет их характеристики применительно к целям трудовой деятельности и её оптимизации, включая создание наилучших условий для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта проектируемых объектов.

Важной задачей проектирования является распределение функций между человеком и техникой.

Анализ возможностей человека и машины показывает, что машине следует отдавать предпочтение: при выработке частных решений на основе общих правил; при математических расчётах по определённым формулам или правилам; при выполнении стандартных и повторяющихся движений или действий (особенно при дефиците времени и в некомфортных условиях); при

необходимости сохранения в памяти (особенно оперативной) большого количества информации; когда необходимо опознать объект при отсутствии больших помех; когда требуется быстрая реакция и значительные силовые воздействия в процессе управления реальным объектом.

Человеку следует отдавать предпочтение, если необходимо: делать сообщения или принимать решение на основе ограниченного числа факторов (неполной информации); опознавать объект в условиях значительных помех; реагировать на случайные и непредвиденные обстоятельства; решать задачи, которые не могут быть алгоритмизированы, или задачи большой ответственности (из-за высокой стоимости ошибки).

Таким образом, человек и машина дополняют друг друга по своим возможностям. Если при совместной работе параметры машины не соответствуют параметрам человека, то повышается его утомляемость в управлении такой машиной, растёт число его ошибок в принятии решения при её управлении.

Проблема выбора степени автоматизации или механизации функций достаточно сложная и ответственная задача. Совершенно очевидно, что решение этой проблемы должно основываться на четкой квалификации решаемых задач и анализе их компонентов, и тех конкретных операций, выполнение которых и составляет процесс деятельности по управлению техникой.

После того как будет установлена последовательность выполняемых оператором функций (по подзадачам, блокам операций, основным операциям) и определены необходимые объем и формы представления информации, а также выявлены в общих чертах надежные, временные и точностные требования к деятельности человека, можно давать обоснованные ответы на следующие вопросы разработчиков систем «человек – машина – среда»:

- сколько человек и какой квалификации нужно для решения задач системы СЧМ и какие именно функции они должны выполнять;
- какие алгоритмы и программы для ЭВМ должны быть разработаны;
- какое оборудование должно быть спроектировано или взято из готовых систем.

Далее определяется:

- окончательный для системы СЧМ состав специалистов, их функциональные обязанности и организация работ;
- состав коллективных и индивидуальных средств отображения информации, органов управления, рабочих мест и пультов управления;
- компоновка средств СЧМ и органов управления;
- размещение рабочих мест в производственных помещениях.

Осуществив, таким образом, эргономический анализ трудовой деятельности и распределение функций между человеком и техникой, переходят к непосредственной разработке эргономических требований к технике и условиям её функционирования, отдельным её элементам и рабочим местам, которые затем воплощаются в конструкции и организации всех названных объектов.

1.5 Сущность и структура трудовой деятельности

С позиций эргономики трудовая деятельность рассматривается как процесс преобразования информации и энергии, происходящий в системе "человек - орудие труда - предмет труда - окружающая среда". Следовательно, эргономические исследования и рекомендации должны основываться на выяснении закономерностей психических и физиологических процессов, лежащих в основе определенных видов трудовой деятельности, с предметом труда и окружающей физико-химической и психологической средой.

В последние годы много новых идей возникло в связи с рассмотрением трудовой деятельности как процесса взаимодействия человека с машиной и более сложными системами управления. Некоторые из этих идей конструктивны в смысле перехода от качественных к структурно-количественным представлениям в разработке теории деятельности. Значительный вклад в понимание психофизиологического содержания трудовой деятельности внесли исследования по физиологии труда.

Деятельность - это реализация личностных свойств человека. Эти свойства имеют также определенную структуру, рассматриваемую в теориях личности. Окружающая среда и сама деятельность могут приводить к изменению состояния человека. Процесс деятельности регулируется не только внутренними, но и внешними факторами, к которым относятся взаимодействующий субъект (или коллектив) и сам предмет труда. В качестве взаимодействующего компонента деятельности может выступать и орудие труда, если оно относится к классу автоматических устройств.

В более формализованном виде трудовую деятельность можно представить как динамическую структуру, осуществляющую преобразование информации и энергии.

Работающий человек имеет трудовую цель, т.е. субъективную модель состояния предмета труда, в которое необходимо перевести этот предмет из исходного состояния посредством трудовых, информационных и энергетических воздействий. Эти воздействия человек может осуществлять непосредственно на предмет труда или через промежуточное устройство - орудие труда. При этом человек воспринимает информацию через сигналы от предмета труда, промежуточного устройства и среды. Цель труда у человека формируется на основе мотивов, потребностей, установок (своих или получаемых извне).

Воспринимаемая и извлекаемая из памяти информация преобразуется по одному из трех типов переработки информации человеком: прямого замыкания (прямая, закреплённая ассоциативная связь, автоматизированное действие), репродуктивного мышления (принятие решения путем пошагового преобразования информации по известным правилам), продуктивного (или творческого) мышления. С помощью этих преобразований формируется прогнозируемый результат трудового воздействия и программа (план, стратегия) действий для его достижения.

Существенное влияние на характер протекания процессов восприятия, мышления, воспроизведения сведений в памяти оказывают активаци-

онные воздействия, обусловленные уровнем бодрствования, эмоциональным и волевым напряжением, функцией внимания. В основе информационных и энергетических преобразований, представляющих собой суть трудового воздействия на предмет труда, лежат физико-логические процессы. В целом вся описанная функциональная структура представляет собой систему "человек - орудие труда - среда".

Специфика взаимоотношений человека с предметом труда через промежуточное устройство определяется главным образом тем, какие свои функции как преобразователя информации и энергии человек передал этому устройству. Различают два типа систем "человек - орудие труда - среда": с промежуточными устройствами в виде простых орудий труда и в виде машин.

При работе с *простыми орудиями* труда весь поток информации, необходимый для управления воздействием на предмет труда, преобразует человек и он, таким образом, во всех отношениях и в любой момент осуществляет и контролирует процесс воздействия.

Машина в интересующем нас аспекте является преобразователем информации, а не только энергии, т.е. она частично без участия человека формирует командные сигналы и регулирует воздействие. В результате принципиальная особенность работы человека с машиной заключается в неполном контроле с его стороны за протекающим процессом воздействия на предмет труда.

Первый тип систем, которые можно называть системами "человек - инструмент", делится на четыре класса в зависимости от того, какую функцию человека реализует орудие труда.

1. *С эффективными орудиями* (инструментами). Психофизиологическая особенность этого класса заключается в изменении характера воздействия на предмет труда по сравнению с естественными двигательными реакциями человека.

2. *С афферентными орудиями*. С помощью таких орудий естественный образ предмета труда превращается в измененный образ, который можно рассматривать как простейшую информационную модель предмета. Искусственного кода здесь нет, а есть изменение масштаба, ракурса, выпадение отдельных признаков и появление новых (например, при работе с микроскопом). В результате человек должен в процессе обучения выработать специальный (отличный от жизненного опыта) набор диаграмм - эталонов, необходимых для восприятия.

3. *С орудиями памяти* (например, чертеж, фотография, запись). В этом случае используется искусственный код. Перекодирование как специфический психический процесс становится важным компонентом деятельности человека.

4. *С орудиями преобразования информации* (счеты, логарифмическая линейка). В результате использования таких орудий происходит изменение психологической структуры принятия решений. Ряд операций продуктивного мышления человек может превратить в простые операции прямого замыкания, высвобождая тем самым свой мозг для творческого мышления.

Второй тип систем, или систем "человек - машина", делится на три класса:

1. С *простой машиной*, в которой совершается преобразование информации по элементарной линейной программе (передача от человека части реакций прямого замыкания). Обратная информация от предмета труда поступает почти полностью к человеку, и он сам вносит коррективы в программу машины.

2. С *репродуктивно - преобразующей* машиной (обычные ЭВМ). В этом классе характерным является существенное, почти полное отчуждение человека от предмета труда и его преобразования. Если человеку понадобится включиться в рабочий процесс, он должен будет по искусственному коду реконструировать как состояние предмета труда, так и процессы, которыми управляет машина.

3. С *продуктивно - преобразующей машиной* (самоорганизующиеся кибернетические устройства). Взаимодействие человека с такой машиной уже носит характер информационного обмена между относительно замкнутыми системами информации.

Человека, работающего с помощью машины, будем называть *оператором*. Ввиду того, что именно этот тип деятельности является основным предметом эргономического исследования, рассмотрим его психофизиологическую сущность более подробно.

Наиболее характерной чертой деятельности оператора является то, что он лишен возможности непосредственно наблюдать за управляемыми объектами и вынужден пользоваться информацией, которая поступает к нему по каналам связи. Деятельность человека, совершаемая не с реальными объектами, а с их заместителями или имитирующими их образами, называют деятельностью с информационными моделями реальных объектов.

Информационная модель - совокупность информации о состоянии и функционировании объекта управления и внешней среды. Она является для оператора своеобразным имитатором, отражающим все существенно важные для управления свойства реальных объектов, т.е. тех источников информации, на основе которого он формирует образ реальной обстановки, производит анализ и оценку сложившейся ситуации, планирует управляющие воздействия, принимает решения, обеспечивающие правильную работу системы и выполнение возложенных на нее задач, а также наблюдает и оценивает результаты их реализации.

Объем информации, включенной в модель, и правила ее организации должны соответствовать задачам и способам управления. Физически информационная модель реализуется с помощью устройств отображения информации. Наиболее существенной особенностью деятельности человека с информационной моделью является необходимость соотнесения сведений, получаемых с помощью приборов, экранов, табло как между собой, так и с реальными управляемыми объектами. Именно на основании соотнесения этих сведений строится вся деятельность оператора. Рассмотрим основные этапы деятельности оператора при решении определенной технологической задачи или выполнении операции в СЧМ.

Первый этап - *восприятие информации* - процесс, включающий следующие качественно различные операции: обнаружение объекта восприятия; выделение в объекте отдельных признаков, отвечающих стоящей перед оператором задаче; ознакомление с выделенными признаками и опознавание объекта восприятия.

Различия между операциями обнаружения и выделения информативных признаков определяются тем, что явления, связанные с обнаружением объекта восприятия, протекают на уровне рецепторных полей воспринимающих систем, в то время как способность к выделению информативного содержания формируется на основе прошлого опыта и требует специального обучения.

В процессе ознакомления с выделенными признаками оператор устанавливает связи между отдельными свойствами объекта восприятия, формирует собственные системы эталонов, на основании которых он может впоследствии опознать объект или ситуацию. Процессам ознакомления и опознавания сопутствуют обычно укрупнение признаков, объединяющих их в структуры, которые затем выступают как единые оперативные единицы восприятия.

Оперативная единица восприятия - это семантически целостное образование, формирующееся в результате рецептивного обучения и создающее возможность практически одномоментного, симультанного и целостного восприятия объектов внешнего мира, независимо от числа содержащихся в них признаков. Формирование оперативных единиц восприятия обеспечивает не только целостность и предметность восприятия, но и возможность в дальнейшем мысленного реконструирования ряда особенностей объекта, не нашедших непосредственного отражения в информации, предъявленной оператору, равно как и возможность выделения полезной информации в помехах.

Второй этап - *оценка информации, ее анализ и обобщение на основе заранее заданных или сформированных критериях оценки*. Оценка производится на основе сопоставления воспринятой информационной модели со сложившейся у оператора внутренней образно-концептуальной моделью обстановки (системы управления). Концептуальная модель представляет собой продукт осмысливания оператором сложившейся ситуации с учетом стоящих перед ним задач. В отличие от информационной модели она относится к внутренним психологическим способам - средствам деятельности оператора.

1.6 Принципы эргономического анализа трудовой деятельности

Категория трудовой деятельности является важнейшей в системе эргономических знаний. Труд осуществляется в различных формах: предметно – практической, производственной, познавательной и управляющей деятельности.

Деятельность есть специфически человеческая форма отношения к окружающему миру, содержание которой составляет целесообразное изменение и преобразование этого мира.

Для человека объекты природы утрачивают свою непосредственность и выступают как предметы и, прежде всего, как средства изготовления орудий. Использование орудий труда предполагает постановку цели и руководство ею как идеальным образом требуемого продукта. Эту основную особенность трудовой деятельности можно охарактеризовать следующим образом: «В конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в представлении человека, т.е. идеально. Человек не только изменяет форму того, что дано природой; в том, что дано также природой; он осуществляет вместе с тем свою сознательную цель, которая как закон определяет способ и характер действий и которой он должен подчинять свою волю».

Здесь отчетливо указаны основные структурные компоненты трудовой деятельности: цель как идеальное представление результата, способ или средство её достижения и воля человека.

Трудовая деятельность в эргономике выступает в качестве предмета объективного научного изучения. Деятельность в эргономике выступает и как предмет управления, т.е. то, что подлежит организации в слаженную систему функционирования и развития на основе совокупности фиксированных принципов, которые должны быть сформулированы в эргономике, в социальной психологии и социологии труда.

Деятельность в эргономике выступает и как предмет проектирования, т.е. перед эргономикой стоит задача выявления способов и условий оптимальной реализации определенных видов трудовой (и профессионально – учебной) деятельности.

Наконец, деятельность в эргономике выступает и как предмет оценки, которая должна осуществляться в соответствии с различными критериями, такими как эффективность, надежность, удовлетворенность работой, комфортность и т.п.

Глобальной задачей эргономики является необходимость разработки методов анализа и выявления функциональных структур различных видов трудовой деятельности: от сравнительно элементарных до предельно сложных, порожденных научно – технической революцией. Таково обязательное условие оптимизации трудовой деятельности, рационального проектирования её новых видов и форм.

В противном случае задачи эти решаются либо на основании здравого смысла, либо путем эмпирического перебора множества факторов, так или иначе влияющих на эффективность трудовой деятельности, т.е. методом последовательных приближений.

1.6.1 Классификация рабочих профессий

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

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

Все эти виды труда имеют место в современном производстве. Эргономика, возникнув на стадии автоматизированного труда, имеет однако отношение ко всем трем его типам. Существующая сегодня классификация современных видов труда выделяет пять групп рабочих профессий по признаку механизации трудовой деятельности.

Первая группа – рабочие, выполняющие работу при помощи автоматов, автоматизированных аппаратов и устройств. Это рабочие, наблюдающие за работой автоматических и полуавтоматических блоков, агрегатов, аппаратов, станков и т.п., регулирующие их режим работы, настраивающие и налаживающие их.

Вторая группа – рабочие, выполняющие работу при помощи машин, станков, механизмов, аппаратов, механизированного инструмента (станочники, машинисты, шофера, аппаратчики, забойщики с отбойным молотком, электросварщики и т.д.). Для них характерна прежде всего функция непосредственного управления машиной, аппаратом.

Третья группа – рабочие, выполняющие работу вручную при машинах и механизмах, дополняющие своим ручным трудом работу машины (подсобные рабочие): грузчики, упаковщики, сортировщики, мойщики и т.п.). Для рабочих этой группы характерен малоквалифицированный, обычно монотонный труд.

Четвертая группа – рабочие, выполняющие работу вручную, или с помощью немеханизированного инструмента, занятые не при машинах и механизмах, т.е. на чисто ручных работах (малоквалифицированные рабочие ремесленного труда, рабочие на ручной сборке и подладке сложно сборочных изделий).

Пятая группа – рабочие, выполняющие работу по ремонту машин и механизмов (слесари, электромонтеры, ремонтники, наладчики станков, установщики инструментов и т.д.).

В приведенной квалификации переплетаются работы, связанные с ручным, машинным и автоматизированным производством.

Для целей эргономического анализа осуществляется более дробное деление профессий, а также преимущественно включаются виды трудовой деятельности, которые связаны с использованием технических средств.

Так, рабочие автоматизированных систем управления, или операторы, подразделяются на пять классов операторской деятельности:

Оператор – технолог. Он непосредственно включен в технологический процесс, работает в основном в режиме немедленного обслуживания, совершает преимущественно исполнительские действия, руководствуясь при этом четко регламентирующими действия инструкциями, которые, как правило, содержат полный набор ситуаций и решений.

Оператор – манипулятор. Для этих операторов основную роль играют механизмы сенсомоторной деятельности. К числу функций оператора – манипулятора относятся управление манипуляторами, роботами, машинами – усилителями мышечной энергии.

Оператор – наблюдатель, контроллер. Это классический тип оператора (диспетчер транспортной системы, оператор слежения РЛС и т.п.). Для деятельности таких операторов характерен большой «вес» информационных и концептуальных моделей. Он работает как в режиме немедленного, так и в режиме отсроченного обслуживания. Этот тип деятельности является массовым для операторов технических систем, работающих в режиме реального масштаба времени.

Оператор – исследователь. Этот оператор в основном использует аппарат понятийного мышления и опыт, заложенные в образно – концептуальных моделях. Это исследователи любого профиля – пользователи вычислительных средств и систем, дешифровщики объектов и т.д.

Оператор – руководитель. Он управляет не техническими компонентами системы или машины, а другими людьми. Это управление как непосредственное, так и через технические средства и каналы связи. К таким операторам относятся руководители различных уровней, лица, принимающие ответственные решения, обладающие знаниями, опытом, тактом, волей, навыками принятия решений и интуицией. Основной режим их работы – оперативное мышление.

Объектами эргономики являются:

- производственная техника (машины, механизмы, инструменты, аппараты управления машинами и технологическими процессами, средствами транспорта, коммуникации, связи и т.д.).

- непроизводственная техника (средства коммунальной и бытовой техники, техника передвижения, техника образования и культуры и т.д.).

- военная техника (танки, ракетные установки, летательные аппараты, подводные и надводные суда).

Для целей эргономического анализа представляет интерес классификация орудий и средств труда по степени их автоматизации:

- ручной инструмент и простейшие приспособления;

- машины без принудительной связи рабочего органа с предметом труда;

- механизированный и электрифицированный инструмент;

- одиночные полуавтоматы, в которых осуществляется принудительная связь рабочего органа с предметом труда, но без автоматической загрузки и выгрузки материалов и продукции;

- одиночные автоматы, в которых предусмотрена автоматизация всех процессов рабочего цикла, снабжение материалов и вывод готового продукта;

- полуавтоматические блоки (агрегаты, комбайны), в которых все процессы автоматизированы, кроме загрузки материала и съема готовой продукции;

- автоматические блоки, в которых автоматизированы все процессы вплоть до поддержания заданного режима и способов введения регулирующих программ.

Как видим, эргономическая классификация видов трудовой деятельности не совпадает ни с классификацией видов труда, ни с классификацией профессий, ни с классификацией орудий труда и т.д.

Поэтому на настоящем этапе развития эргономики приходится ограничиваться обобщенной характеристикой трудовой деятельности с различными средствами труда, обращая внимание на наиболее существенные психологические особенности этих процессов.

Особенно отчетливо обнаруживаются психологические особенности трудовой деятельности человека с такими средствами производства как инструменты, механизированные системы или машины и АСУ.

Наиболее непосредственное взаимодействие субъекта и объекта труда происходит при использовании орудий или различного рода инструментов. Примером таких видов деятельности может служить не только труд слесаря – инструментальщика, строителя, труд врача и конструктора, но и также работников искусств – художников, скульпторов.

Объект в этом случае предстает перед субъектом во всем многообразии своих свойств, а субъект обладает многообразными возможностями их изменения и использования с целью получения желаемого результата.

Для использования этих возможностей он должен осуществлять не только исполнительные, но и различные аналитические и познавательные действия. В этом случае само средство производства – орудие, инструмент в своей идее или конструкции – отражает как свойства объекта (форму, фактуру и т.д.), так и функциональные особенности способа действий человека с объектом: усилия, которые тот может приложить, требования точности и скорости действий.

Многие давно созданные орудия и инструменты до сих пор поражают своей «разумностью», удобством и простотой их использования, а главное, возможностью с их помощью создавать новые формы объектов или преобразовывать один и тот же объект совершенно различным образом с разными результатами.

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

Иначе протекает деятельность при использовании механизированных средств производства в системе «человек – машина». Объект труда (исходный материал, заготовка и т.д.) выступает здесь только ограниченным количеством своих свойств, так как машина не способна учесть все свойства материала.

Обеднению качественного содержания взаимодействия с объектом сопутствует и рост требований к количественным характеристикам взаимодей-

ствий, 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 с наименьшими затратами.

При таких условиях трудовой деятельности становится постоянной необходимостью повышение четкости, организованности и стереотипности исполнительных действий. Производство требует от человека приложения только ограниченного круга его способностей, главным образом определенных навыков и их эффективной координации с временным режимом работы машины. По существу получается, что оператор должен приспособить свои действия к пространственным и временным особенностям машины.

Наконец, в условиях использования автоматизированных средств производства функциональная направленность действий человека ещё более дифференцируется, повышаются требования к срокам или скорости выполнения действий, ещё более жесткой становится их организация в целом. Жесткая, алгоритмизированная организация действий не всегда позволяет оператору сформировать наиболее удобный для него способ действия и не создает непосредственно потребностей в улучшении качества конечного результата. Как бы уже отсутствует результат воздействия человека на объект управления, а результатом воздействия человека становятся изменения 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 в такой системе становится само средство производства, его рабочий режим или состояние.

Таким образом, предметом эргономики, как мы уже отмечали, является всякая деятельность постольку, поскольку она включена в достаточно широкий контекст технических средств. Это, однако, не означает, что эргономика тождественна общей теории деятельности – у эргономики более узкие задачи, связанные прежде всего с анализом и целенаправленным конструированием существующих видов трудовой деятельности.

1.7 Основные характеристики человека - оператора

Взаимодействие человека-оператора с РЭС связано с выполнением следующих функций:

- избирательного выбора и приема информации;
- переработки информации;
- принятия решения;
- проверки результатов путем принятия новой информации.

Человек-оператор осуществляет эти функции с помощью органов чувств и центральной нервной системы. Эти свойства человека необходимо учитывать при конструировании РЭС и в особенности органов управления ее работой.

Систему человека-оператора и РЭС можно рассматривать как двухзвенный комплекс с прямыми и обратными связями, требующими оптимального согласования. В случае управляющей машины система дополняется третьим звеном — объектом управления, который также связан с комплексом прямыми и обратными связями.

Анализ возможностей человека и машины показывает, что в зависимости от характера задач и функций в одних случаях предпочтение отдается машине, в других — человеку. Остановимся ниже на основных характеристиках человека-оператора.

При эргономическом конструировании в максимальной степени учитываются эргономические характеристики человека-оператора, которые используются для оценки согласованности его возможностей с требованиями, обусловленными особенностями техники и средой обитания. Обычно оператор выполняет свои функции на рабочем месте, под которым понимается зона, оснащенная необходимыми техническими средствами.

Рабочее место должно быть приспособлено для конкретного вида труда и для работников определенной квалификации с учетом их антропометрических, физиологических, психофизиологических и психологических возможностей и способностей. При этом следует иметь в виду, что для надежной и эффективной работы оператора и, следовательно, всей системы человек-машина необходимо обеспечить комфортные гигиенические условия для оператора на рабочем месте. Гигиенические параметры среды для различных условий работы человека-оператора приведены на диаграмме рис. 1.

Наибольшей работоспособностью человек обладает только при определенных условиях окружающей среды, одновременно воздействующих на все органы чувств человека. Главными являются следующие воздействия: освещенность и цветность помещения, акустические шумы, механические вибрации, атмосферное давление, температура и влажность воздуха.

Совокупность комфортных условий, представленных на диаграмме рис. 1, имеет место только в том случае, если полностью учтены следующие факторы: удобство рабочего места, достаточное пространство для необходимых движений и перемещения, достаточный обзор, хорошая архитектурная форма, рациональное расположение органов управления, необходимые бытовые устройства, оптимальная освещенность.

Для нормальной работы оператора освещенность на рабочем месте должна быть в пределах 100...400 лк при использовании ламп накаливания и комбинированного освещения. Рекомендуется, чтобы потолок отражал до 90 % падающего на него света, стены - до 60 %, панели - до 20 %, пол - до 30 %.

Исходя из этих рекомендаций, в рабочем помещении для потолка наиболее подходящими цветами будут белый, очень светлый кремовый, серый и желтые тона, для стен — желтый, салатовый, светло-голубой и серый. Для панелей и пола — темно-серые, темно-красные и коричневые тона. При применении тех или иных цветов необходимо учитывать их психофизиологическое действие. Применение теплых тонов (красный, оранжевый, желтый) создает впечатление бодрости, возбуждения и замедленного течения време-

ни. При длительном воздействии красного цвета у человека возможно повышение частоты пульса и кровяного давления. Применение холодных тонов (синий, зеленый, фиолетовый) создает состояние покоя, а использование одновременно теплых и холодных тонов вызывает ощущение растерянности и беспокойства.

Воздействие шумов и механических вибраций на психику и работоспособность человека очень велико. Физиологическое воздействие шума проявляется в притуплении остроты зрения, замедлении различных реакций на внешние раздражители, повышении кровяного давления и ослаблении внимания. Для комфортных условий шум не должен превышать 85 дБ. При

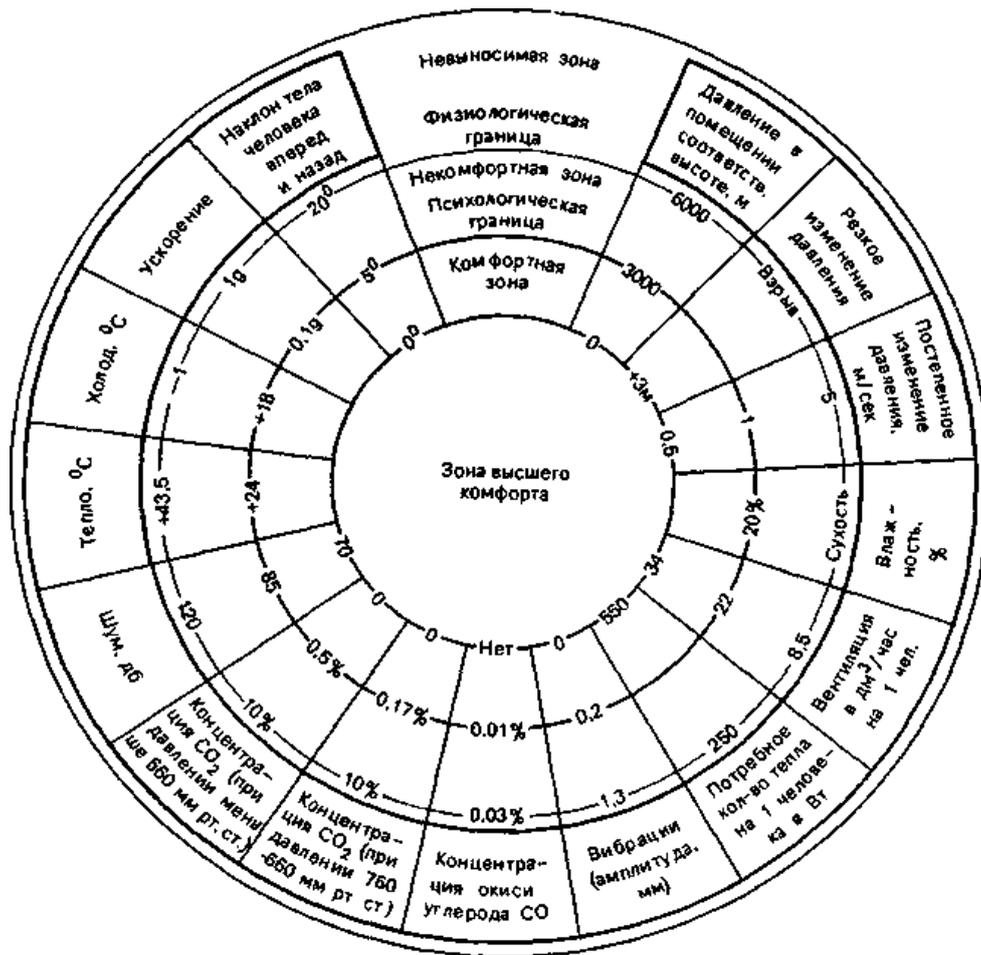


Рисунок 1 - Гигиенические показатели окружающей среды

вибрации понижается острота зрения, появляется ощущение дискомфорта, особенно на частотах, близких к резонансным частотам частей тела человека, лежащих в пределах 6...9 Гц.

Организм человека, защищенный легкой одеждой, нормально функционирует в очень узких областях изменения температур. Для человека, находящегося в состоянии покоя (расход энергии 120 Вт), требуемая температура воздуха равна +21, +24, +26°C при скорости движения воздуха 0,1; 0,5 и 0,9 м/с соответственно. Для человека, выполняющего работу средней активности (расход энергии 300 Вт), температура должна быть снижена до +14,5; +16 и

+18°C соответственно. При сильной активности (расход энергии до 1200 Вт) должно быть обеспечено еще большее снижение температуры. Зонами комфорта принято считать для зимних условий +17...+21°C и для летних условий +18...+24°C при относительной влажности воздуха от 30... 70 %.

К *антропометрическим* показателям человека-оператора относятся геометрические пропорции его тела, которые необходимо учитывать при конструировании пультов управления РЭС и АСУ. Антропометрические показатели определяют положение элементов индикации и управления, размеры пульта, размеры и форму рабочего кресла. Учёт формы и размеров человеческого тела особенно актуальны при проектировании сидений, когда выбираются форма и профиль сиденья, спинки, подлокотников. Антропометрические показатели изменяются во времени и различаются в зависимости от пола, возраста, профессии, национальности человека-оператора.

В таблице 2 приведены усредненные антропометрические данные, полученные при обмере мужчин и женщин в возрасте от 20 до 59 лет. Как видно из таблицы, разброс показателей довольно большой, что усложняет задачу конструирования рабочего места оператора и РЭС в целом.

К *физиологическим* показателям относятся силовые параметры различных органов движения человека. Так как человек-оператор, работая с РЭС, большинство манипуляций производит руками, есть необходимость рассмотреть их предельные *двигательные возможности*. Правой рукой удобнее осуществлять движение в горизонтальной плоскости против часовой стрелки, левой рукой — по часовой стрелке. Прерывистое движение совершается медленнее, чем непрерывное.

Плавность движения рук, как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной нарушается вследствие их дрожания. Наименьшее дрожание соответствует углам перемещения 135° и 315°. Время реакции движения руки на внешний раздражитель лежит в пределах 0,2...0,3 с. Диапазоны движения рук в различных плоскостях ограничены: в плоскости тела от 0° до +130° (первоначально руки опущены вдоль туловища), перпендикулярно плоскости тела от —30° до +170° (первоначально руки опущены вниз, ладони параллельны плоскости тела), в горизонтальной плоскости от —40° до +140° (первоначально руки вытянуты в стороны на уровне плеч в плоскости тела, ладони повернуты вниз). Кисть в плоскости ладони может поворачиваться на ±10°, а в перпендикулярной плоскости на —80° в сторону ладони и на +40° в противоположную сторону.

Усилие, развиваемое руками, различно при различных положениях. Мгновенная сила притяжения к корпусу двумя руками может достигать 1000 Н, в то время как статическое усилие в этом же направлении не превышает 300 Н. Сила разгибания руки в крайних положениях достигает 60 Н, а согнутой под прямым углом руки 14 Н. Мгновенная сила сжатия кистью достигает 45 Н, а статическое усилие сжатия — до 15 Н.

К *психологическим* относится показатель соответствия изделия возможностям восприятия и переработки информации человеком, а также вновь формируемым навыкам. Восприятие и переработка информации зависят от

психологических возможностей человека и нервно-психической напряжённости работы. При большой нервно-психической напряжённости работы особое внимание должно быть обращено на концентрацию внимания, должны быть сведены к минимуму отвлечения оператора и обеспечены наилучшие условия восприятия и переработки информации, реализации исполнительных функций (выдачи управляющих команд).

К психофизиологическим показателям относятся скорость и темп движения частей тела, характеристики зрения. Эти показатели необходимо учитывать при выборе конструкции элементов управления (ручек, кнопок, тумблеров и т. д.), элементов индикации (цифровых табло и пр.). Так, среднее время вращательного движения руки с преодолением сопротивления составляет 0,72 с, а без преодоления сопротивления - 0.22 с.

Антропометрический признак	Мужчины		Женщины	
	<i>M</i> , мм	<i>a</i> , мм	<i>M</i> , мм	<i>a</i> , мм
Положение стоя				
Рост	1680	58	1567	57
Длина тела с вытянутой рукой	2138	84	1981	76
Ширина плеч	446	21	418	24
Длина руки, вытянутой в сторону	723	33	661	30
Длина руки со сжатым кулаком	622	30	568	26
Длина плеча	327	17	302	16
Ширина расставленных ног	826	72	726	72
Длина руки, вытянутой вперед	743	33	686	31
Высота плечевой точки	1373	55	1281	52
Высота пальцевой точки	619	33	584	36
Длина ноги	901	43	835	41
Ширина колен	230	18	226	18
Высота глаз	1559	58	1458	55
Высота сосковой точки груди	1213	51	-	-
Высота линии талии	1035	47	976	43
Положение сидя				
Высота тела	1309	43	1211	45
Высота глаз	1180	43	1095	45
Локтевая ширина	448	32	452	44
Наибольший диаметр бедер	344	21	388	31
Высота от подошвы до сиденья	422	22	370	22
Высота глаз над сиденьем	769	30	725	28
Высота локтя над полом	654	33	605	35
Высота плеча над сиденьем	386	27	560	27
Высота локтя над сиденьем	232	25	235	25
Высота колена	506	24	467	24
Предплечье- кисть	465	21	427	18
Длина бедер	590	27	568	28
Длина вытянутой вперед ноги	1042	48	983	47
Диаметр бедра	135	12	142	13
Поясничный диаметр	231	28	255	40
<i>M</i> — среднее значение,				
<i>a</i> — среднее квадратичное отклонение				

Таблица 2 - Некоторые антропометрические данные человека-оператора

При функционировании в системе человек-машина оператор испытывает воздействие различных информационных источников. Восприятие информации человеком происходит через посредство органов чувств, являющихся для него «входом». «Выходом» для человека служат его органы речи и двигательные реакции, посредством которых также передается определенное количество информации. В свете изложенного оператор может быть представлен в виде сложной системы, охваченной обратными связями и предназначенной для приема, переработки и выдачи информации (рис.2).

Каждый из эквивалентных блоков представленной системы, характеризуется временем реакции τ_i и вероятностью получения правильного результата P_i . Правомерность применения вероятностных характеристик функционирования блоков системы связана с тем, что входная информация бывает не всегда исчерпывающей, а целенаправленные действия человека по переработке и передаче информации зависят от внешних воздействий, степени утомленности человека, его квалификации, т.е. не всегда могут быть достоверными и безошибочными.

Сумма времен реакций τ_i , каждого блока составляет общее время сенсорномоторной реакции, протекающее с момента появления информации на



Рис.2 - Эквивалентная схема сложной системы «человек-оператор».

I - приемное устройство (τ_1 , P_1), II — решающее устройство (τ_2 , P_2), III — выходное устройство (τ_3 , P_3)

входе системы до окончания выполнения движения или действия. Для простоты время сенсорномоторной реакции рассматривается как время задержки, состоящее из двух составляющих. Первая составляющая представляет собой так называемый латентный период реакции, длящийся от момента появления сигнала до начала ответного на него действия со стороны человека-оператора. Это время затрачивается на восприятие сигнала органами чувств человека, осмысление его значения и выработки человеком ответной реакции на сигнал в виде движения или другого рода действия. Вторая часть называется длительностью моторного действия, представляющая собой время исполнения действия с момента принятия решения до окончания действия. Опыт функционирования человека в качестве оператора показывает, что латентный период зависит главным образом от характеристик органов чувств, через которые первоначальный сигнал действует на оператора. При увеличении уровня сигнала время реакции может уменьшиться в несколько раз. При

этом необходимо учитывать, что ощущение человека усиливается пропорционально не абсолютному, а относительному приросту уровня сигнала. При одновременном воздействии по нескольким каналам (звук, свет, давление, запах и д. т.) скорость реакции увеличивается.

В таблице 3 приведены средние значения латентного периода при воздействии раздражителей умеренной интенсивности на различные анализаторы человека. Из таблицы следует, что наибольшим быстродействием обладают тактильный, слуховой и зрительный анализаторы человека. Длительность моторного действия труднее поддается измерению, так как зависит от многих факторов, в том числе от места нахождения оператора, его позы, степени усталости, квалификации, конструкции пульта управления и т. п.

Таблица 3 - Длительность латентного периода различных анализаторов человека

Анализатор	Латентный период, с
Тактильный (прикосновение)	0,09...0,22
Слуховой (звук)	0,12...0,18
Зрительный (свет)	0,15...0,22
Обонятельный (запах)	0,31...0,39
Температурный (тепло-холод)	0,28...1,6
Болевой	0,13...0,89
Вестибулярный аппарат	0,4...0,8

Важным параметром, характеризующим способность человека воспринимать поступающую информацию, является его *пропускная способность* или скорость переработки информации в битах в секунду. Установлено, что максимальная пропускная способность человека не превышает 40 бит/с, а номинальная — 2...6 бит/с (для сравнения укажем, что телевизионный канал имеет пропускную способность $3 \cdot 10^4$ бит/с, телетайпный канал — 60 бит/с). Высокий темп подачи входной информации приводит к резкому росту числа ошибок и отказу человека-оператора от выполнения задачи.

С помощью *слуховых ощущений* человек воспринимает звуковые колебания от источников звука. Слух здорового человека способен воспринимать звуковые частоты 16...20000 Гц. Звуки с частотой ниже 16 Гц называют инфразвуковыми, выше 20000 Гц — ультразвуковыми. Степень восприятия звука человеком зависит от уровня громкости и окружающих условий. Минимальное значение звукового давления, необходимого для того, чтобы звук был слышимым, называют порогом слышимости. Самый громкий звук, который ухо воспринимает без болевых ощущений, в несколько миллиардов раз больше порога слышимости. В таблице 4 приведены данные оценки действия звука различной интенсивности на человека.

Тактильная чувствительность человека — это способность человека воспринимать механические раздражения кожи через нервные окончания, расположенные у ее поверхности. При легком прикосновении к предмету по-

является ощущение контакта с предметом, при более сильном давлении появляется боль. Кожа ладоней рук и кончиков пальцев наиболее восприимчива к внешним механическим раздражениям участков тела человека.

Как и другие органы чувств, тактильная чувствительность зависит от ряда объективных и субъективных факторов. Так, она повышается при нагревании кожи и уменьшается при охлаждении. При продолжительной неизменной стимуляции чувствительность может адаптироваться к определенным раздражителям и снизить эффективность данного канала восприятия информации. Тактильная чувствительность обеспечивает распознавание оператором элементов управления по форме и размерам на ощупь.

Таблица 4 - Оценка действия звука различной интенсивности на человека

Уровень звука, дБ	Сила звука, Вт/см ²	Субъективная оценка действия шума на человека
0	10 ⁻¹⁶	Порог слышимости
80	10 ⁻⁸	Шум заметен
90	10 ⁻⁷	Шум беспокоит, разговор требует повышенного голоса
100	10 ⁻⁶	Шум мешает
110	10 ⁻⁵	Разговор невозможен
120	10 ⁻⁴	Шум подавляет и раздражает
130	10 ⁻³	Болевые ощущения

Особую роль по приему информации от внешних источников играет *зрение человека*. Через посредство зрения человек воспринимает более 80 % информации из окружающей среды. Цвет ассоциируется у человека с понятием тепла и холода, приближения и отдаления, лёгкости и тяжести. Цвета, находящиеся на противоположных сторонах цветового круга, называются взаимодополняющими (например, красный и зелёный). Разные цвета оказывают разное физиологическое воздействие. Кроме цвета, глаз реагирует на яркость и контраст.

Яркость - это такая характеристика зрительного раздражения, которая непосредственно оценивается глазом. Диапазон яркостей, при котором возможна работа глаза, очень широк: от 10⁻⁴ до 10⁸ кд/м². Оптимальная яркость фона, при которой отмечается наибольшая разрешающая способность зрения, составляет 10⁴ кд/м². Для восприятия необходима не только оптимальная яркость, но и оптимальное соотношение яркостей предметов – *контраст*. Рекомендуются следующие соотношения яркостей: 2:1 – между рабочим полем и ближним фоном; 10:1 – между рабочим полем и дальним фоном; 50:1 – между самым светлым и самым тёмным пятнами, попадающими в поле зрения.

Точное восприятие цвета зависит от его контрастности к цветовому фону. Наибольшей разрешающей способностью по цвету отличаются следующие комбинации при восприятии знаков: синий на белом, чёрный на жёлтом, зелёный на белом, чёрный на белом, зелёный на красном, красный на жёлтом. Восприятие изображения глазом – процесс не просто физический (оптический), а более сложный – психофизиологический.

Зрительные способности человека характеризуются полем зрения обоих глаз, остротой зрения, аккомодацией, адаптацией, стробоскопичностью, стереоскопичностью, конвергенцией и цветовым восприятием.

Поле зрения обоих глаз при неподвижном положении головы показано на рис.3. По горизонтали суммарное поле составляет 180° , по вертикали $120..130^\circ$ (по 60° вверх и вниз от горизонтальной плоскости, проходящей через глаз). При повороте головы и туловища поле зрения существенно увеличивается. При концентрации внимания поле зрения сужается до 30° как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости.

Острота зрения определяется способностью глаза различать детали предметов, характеризуется угловыми единицами и зависит от рабочей области глаза, освещённости и подвижности предмета. Это свойство сильно изменяется в зависимости от вида объекта, спектрального распределения энергии светового излучения, освещённости, фона контраста между объектом и фоном, продолжительности действия зрительных раздражителей и некоторых других факторов. Для движущихся объектов острота зрения зависит от их скорости движения. Порог восприятия минимальных движений в угловых единицах составляет на свету при наличии неподвижных объектов 21 угловую секунду в секунду, в темноте без неподвижных объектов от $1'15''$ до $1'55''$ в секунду.

Аккомодация представляет собой способность хрусталика глаза изменять фокусное расстояние с целью фокусировки на ближние и дальние объекты. С возрастом хрусталик глаза теряет свою эластичность. Например, если глаз ребенка способен аккомодироваться к предмету, отстоящему от глаза на расстоянии 60 мм, то для глаза взрослого человека в возрасте 20 лет это расстояние увеличивается до 100 мм, в возрасте 40 лет — до 220 мм, в возрасте 60 лет — до 1000 мм. Объекты, расположенные на расстоянии более 6 м от глаза, не требуют для своего восприятия аккомодации.

Скорость ориентации в поле зрения проявляется при наблюдении предметов, расположенных на различных расстояниях от наблюдателя. Например, требуется от 0,6 до 1,2 с для чёткого различия предметов, если расстояние до них меняется от 0,1 до 0,5 м.

Адаптация представляет собой свойство глаза человека изменять чувствительность в зависимости от интенсивности воздействия раздражителя.

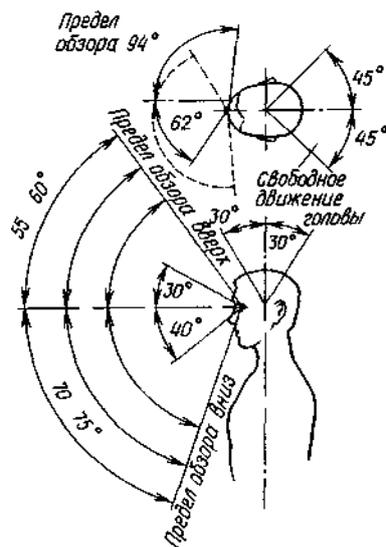


Рис. 3 - Поле зрения глаза человека

Приспособляемость глаза к темноте называют темновой адаптацией. При переходе из светлого помещения в темное, примерно через час пребывания в темноте, чувствительность глаз увеличивается в 200 тыс. раз. Для адаптации к темноте требуется примерно 20 мин. Однако, взглянув на яркий источник света, человек уже через 5...6 с может в темноте различать предметы.

Конвергенция — нацеливание глаз на одну точку с помощью совместного действия глазных мышц и хрусталика.

Среднее время, необходимое для нацеливания глаз и на их фокусировку на новую точку, смещенную на некоторое расстояние, составляет порядка 165 мс. При чтении это время уменьшается до 20 мс.

Стробоскопичность глаз обусловлена задержкой в восприятии информации. Если информация поступает чаще, чем она может восприниматься, то отдельные её порции становятся неразличимыми. Глаз различает до 15...20 мерцаний в секунду. Меньшая скорость мерцаний фиксируется глазом как отдельные вспышки, большая — как непрерывный свет. Мерцание изображения утомляет глаза.

Стереоскопичность глаз проявляется в том, что человек воспринимает две отдельные картины, хотя при этом может действовать только одно световое раздражение. Стереоскопическое изображение имеет «порог глубины», соответствующий бинокулярному параллаксу 5 угл. с. Радиус стереоскопического зрения 1350...2600 см.

Цветовое восприятие глаза человека, с одной стороны, используется для обеспечения эффективности его функционирования в системе человек-машина и для обоснования рекомендаций по художественному конструированию, с другой стороны, человеческий глаз способен воспринимать электромагнитное излучение в диапазоне 380...760 нм, называемом видимым диапазоном света. Цвета излучений, длины волн которых располагаются в определенных интервалах диапазона видимого света, относительно длины волны какого-либо монохроматического излучения, называются спектральными цветами. Излучения с длинами волн от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвета, от 480 до 500 нм — сине-зеленый, от 510 до 560 нм — зеленый; от 570 до 590 нм — желто-оранжевый, от 600 до 760 нм — красный. Понятие «белый цвет» связывают с поверхностью несамосветящегося объекта. И в этом случае белый цвет — это цвет поверхности, на всех участках которой во всем видимом диапазоне поглощение света минимально и по относительной интенсивности одинаково. Суммарная спектральная чувствительность глаза максимальна в зеленой области длин волн (около 555 нм). При качественном описании цвета используют три его субъективных атрибута — цветовой тон, насыщенность и светлоту.

Насыщенность характеризует степень, уровень и силу выражения цветового тона. Этот атрибут в человеческом сознании связан с количеством пигмента, краски, красителя. Серые тона называются ахроматическими (бесцветными) и считается, что они не имеют насыщенности. *Светлота* представляет собой безразмерную количественную оценку различия по яркости двух смежных одноцветных поверхностей.

Цветовой тон характеризуется доминирующей длиной волны. Разрешающая способность глаза по изменению цветового тона лежит в пределах 1...22 нм.

Для выбора цветовой гаммы внешней окраски изделий рекомендуются четыре нормы *яркостного контраста*, выражаемого в процентах. Малоаметный контраст до 20...25 % (означает, что яркость двух сравниваемых цветных пятен отличается на указанную величину в процентах). Заметный контраст — от 25 до 50 %, хорошо заметный — от 50 до 75 % и резко заметный — выше 75 %.

Малоаметный контраст используется тогда, когда не требуется выделение предмета. При многоцветной окраске производственных интерьеров и машин используют диапазон заметных контрастов, обеспечивающий спокойные, но четко видимые градации яркости.

Зона хорошо заметных контрастов используется для выделения обычных органов управления, а резко заметные контрасты используются только в индикаторных устройствах и для ответственных (аварийных) органов управления.

Известно, что человеческий глаз лучше всего воспринимает желто-зеленую часть видимого света. При этом понижается внутриглазное давление, обостряется слух, обеспечиваются нормальные условия для работы глаз. При значительной насыщенности фиолетовые и красные цвета вызывают наибольшую утомляемость глаз и раздражение нервной системы. Поэтому эти цвета рекомендуется использовать при малой насыщенности, т.е. в смеси с белым цветом. Однако делать вывод о том, что в силу указанных выше причин, следует использовать только желто-зеленую часть спектра было бы неправильным. Глаз человека физиологически приспособлен к многоцветности окружающего мира и поэтому использование однотонной окраски оборудования и интерьера ухудшает эстетическую выразительность объекта, управляемого человеком, и может дать обратный эффект, из-за чего возрастает утомляемость человека. В настоящее время для окраски оборудования и помещений рекомендуется гамма цветов, содержащая более 60 тонов. Их можно разделить на три группы.

Группа оптимальных цветов, состоящая из 27 цветовых оттенков от оранжевого до голубого (490...592 нм) с насыщенностью 12...50 % и высокими значениями коэффициента отражения (35...70 %). Их рекомендуется максимально использовать для покраски оборудования с большими рабочими поверхностями и для отделки производственных помещений.

Цвета третьей группы являются максимально насыщенными и используются для предохранительной окраски особо опасных узлов или частей изделий и устройств аварийной сигнализации.

Элементы оборудования, которые должны казаться более легкими, следует окрашивать в светлые оттенки цветов, а для подчеркивания тяжести элементов их следует окрашивать в темные тона.

Более насыщенные оттенки цветов зрительно приближают поверхности, а менее насыщенные, с большим коэффициентом отражения, как бы

удаляются от наблюдателя. Это обстоятельство используется в художественном конструировании для подчеркивания выразительности внешнего вида оборудования или интерьера помещений.

Устройства для включения, сигнальные устройства тревоги, оборудование и внутренность защитных кожухов с движущимися элементами окрашиваются в красный цвет. Знаки и обозначения перемещающихся частей выполняются желтым или комбинацией желтого и черного цветов. Группа вспомогательных цветов состоит из 36 цветовых оттенков. Они делятся на две подгруппы: собственно вспомогательные (18 цветов) и предохранительные (18 цветов). Последние предназначены для окраски малых поверхностей изделий с целью создания необходимой контрастности.

При проектировании системы человек – машина необходимо учитывать взаимное влияние человека и машины при оценке точности системы. Неправильно выбранная конструкция уменьшает точность работы оператора; от неквалифицированного оператора нельзя получить высокую точность работы системы человек – машина даже при совершенной конструкции машины. Однако влияние ошибок оператора на точность системы сильнее, чем влияние несовершенства конструкции РЭС. При эргономическом обосновании конструкции конкретного рабочего места человека-оператора широко используются рекомендуемые показатели, отраженные в действующих государственных и отраслевых стандартах.

1.8 Эргономические основы проектирования техники

До недавнего времени считалось, что достаточно решать вопросы проектирования новой техники, исходя из соображений её производительности, надежности и экономичности в эксплуатации. Теперь эта точка зрения уточняется и более того, даже расширяется.

В изменившихся условиях общественного развития резко возросло значение качественных показателей и характеристик трудовой деятельности и соответственно повысились требования к совершенствованию потребительских качеств новой техники.

Все чаще предлагается дополнить традиционно используемые основные показатели техники (производительность, надежность и экономичность эксплуатации) показателями эргономичности, экологичности и эстетичности, которые обеспечивают достижения результатов, связанных с сохранением здоровья людей и развитием человеческой личности и т.д.

Обеспечить эффективность новой техники можно только при условии, если показатели эргономичности, экологичности и эстетичности наряду с традиционными показателями будут определять общую функциональную структуру создаваемых систем «человек – техника». При этом речь идет не о том, чтобы утвердить приоритет человека или техники в системах управления, а о том, чтобы построение и проектирование систем «человек – техника» осуществлялось на основе знания о предметных, структурных закономерностях процессов взаимодействия человека и техники. Только в этом слу-

чае техника будет решать комплексные задачи – выполнять определенные технические производственные задания и способствовать созданию оптимальных условий трудовой деятельности, предотвращать отрицательные результаты от использования новой техники в производстве.

Использование достижений эргономики при проектировании техники и условий её функционирования способствует повышению привлекательности труда, сохранению здоровья, созданию условий, благоприятствующих развитию личности человека – труженика. При этом обеспечивается повышение эффективности и качества труда, удобство эксплуатации и обслуживания техники, сокращение сроков её производства и освоения, улучшение условий труда, экономия затрат физической и нервно-психической энергии работающего человека, поддержание его высокой работоспособности.

Раскроем содержание понятия «эргономичность техники», которое является конкретным проявлением деятельностного подхода в эргономике. Ниже приводятся основные составляющие структурной схемы эргономических свойств и показателей техники.

Целостная эргономическая характеристика: Эргономичность.

Эргономические свойства: Управляемость. Обслуживаемость. Освояемость. Обитаемость.

Комплексные показатели:

- *Управляемость:*

Соответствие распределения функций между человеком (группой людей) и техникой оптимальной структуре их взаимодействия при достижении поставленной цели.

Соответствие конструкции технического объекта (или отдельных его элементов) и организации рабочего места оптимальной психофизиологической структуре деятельности по его управлению.

Соответствие содержания задаваемой техникой деятельности по управлению оптимальному уровню сложности и разнообразия действий человека.

Соответствие задаваемой техникой напряженности деятельности минимальной напряженности, при которой достигается наивысшая эффективность управления.

Соответствие задаваемой техникой требований к качеству деятельности по управлению оптимальным точностным, скоростным и надежностным возможностям человека.

Соответствие задаваемой техникой ритмов трудовых процессов оптимальной временной структуре действий работающих людей.

- *Обслуживаемость:*

Соответствие конструкции технического объекта (или отдельных его элементов) оптимальной психофизиологической структуре деятельности по его эксплуатации, обслуживанию и ремонту.

- *Освояемость:*

Заложенные в технике возможности быстрее её освоения (приобретения необходимых знаний, умений и навыков) управления.

Задаваемые техникой требования к уровню развития профессионально значимых психофизиологических и психологических функций человека.

Задаваемые техникой требования к характеру и степени группового взаимодействия при её управлении.

- *Обитаемость:*

Соответствие условий функционирования техники биологически оптимальным параметрам рабочей среды, обеспечивающим человеку нормальное развитие, хорошее здоровье и высокую работоспособность.

Возможность уменьшения или ликвидации вредных для природной среды условий функционирования техники.

Групповые показатели: Социально – психологические. Психологические. Физиологические и психофизиологические. Антропометрические. Гигиенические.

Единичные показатели:

- Социально – психологические:

Соответствие конструкции технического объекта и организации рабочих мест характеру и степени группового взаимодействия.

Степень опосредования межличностных отношений содержанием совместной деятельности по управлению техникой.

- Психологические:

Соответствие техники возможностям и особенностям восприятия, памяти, мышления, психомоторики закрепленным и вновь формируемым навыкам работающего человека.

- Физиологические, психофизиологические:

Соответствие техники силовым, скоростным, энергетическим, зрительным, слуховым, осязательным, обонятельным возможностям человека.

- Антропометрические:

Соответствие техники размерам и форме тела работающего человека, распределению его веса.

- Гигиенические:

Показатели освещенности, вентилируемости, температуры, влажности, давления, напряженности магнитного и электрического полей, запыленности, радиации, токсичности, шума, вибрации, гравитационной перегрузки и ускорения.

Высший уровень рассматриваемой иерархической структуры - эргономичность техники – целостная её характеристика, органично связанная с показателями производительности, надежности и экономичности эксплуатации. Эргономичность вырастает из ряда эргономических свойств, к которым относятся управляемость, обслуживаемость, осваиваемость и обитаемость.

Первые три описывают свойства техники, при которых она органично включается в оптимальную психофизиологическую структуру деятельности человека (группы людей) по управлению, обслуживанию и освоению техники.

Под обитаемостью понимается эргономическое свойство техники, при котором условия её функционирования приближаются к оптимальным с точ-

ки зрения жизнедеятельности работающего человека (группы людей), а также обеспечиваются уменьшение или ликвидация вредных последствий функционирования техники для окружающей среды. Эргономические свойства техники представляют собой определенные предпосылки, возможности деятельности человека, относящиеся к её объективным условиям.

Эргономические свойства формируются на основе комплексных эргономических показателей, которые представляют разные, но взаимосвязанные стороны указанных свойств. Комплексные эргономические показатели формируются на основе групповых эргономических показателей, которые представляют совокупность однородных единичных эргономических показателей: социально – психологических, психологических, физиологических, психофизиологических, антропометрических, гигиенических.

Для проектировщика новой техники важно знать не только номенклатуру и характеристики эргономических показателей (что приведено в таблице), но и то, как на их основе формируются эргономические свойства проектируемых объектов, т.е. создание реальных предпосылок для разработки научно – обоснованного инструмента целенаправленного формирования в процессе проектирования эргономических свойств техники. Другими словами: от решения отдельных частных задач, связанных с частичным улучшением трудовой деятельности в уже спроектированных технических системах, эргономика переходит к полноценному участию в построении общей функциональной структуры систем «человек – техника».

Речь идет о том, чтобы с самого начала проектировать человеко – машинную систему, а не только технические средства, которые лишь на стадии практической «подгонки» их к человеку становятся компонентами указанной системы.

Происхождение понятия «учет человеческого фактора» при создании систем не без основания связывают с тем, что системотехники рассматривают человека как внешний фактор и в качестве основного компонента системы берут ее техническую часть.

Структура эргономических свойств и показателей техники стимулирует процесс пересмотра установившихся представлений о методах её проектирования и тем самым способствует его переходу на новый, более высокий уровень.

Теперь следует думать при проектировании новой техники в другом направлении – в разработке ТЗ исходить из идеи вторичной, обслуживающей функции машин и учитывать, прежде всего, позитивные качества человека как действительного субъекта труда.

При рассмотрении проектирования как процесса, который кладет начало изменениям в искусственной среде, основное внимание начинает сдвигаться к изучению закономерностей оптимального взаимодействия человека с техникой. Проблема проектирования деятельности человека (группы людей) по управлению (использованию) техникой становится органической частью общего процесса её проектирования.

Удовлетворительное решение этой проблемы возможно при опоре на эргономику и другие науки, изучающие человека и его деятельность. Такое обогащение и усложнение проектирования отвечает сущности техники, которая по своему назначению должна быть «человечной».

Реальный процесс взаимодействия человека с техникой не укладывается в рамки общих рекомендаций и конкретных требований эргономики, однако, опираясь на них, в процессе проектирования техники необходимо решать задачу содержательного (конкретного) моделирования деятельности человека и условий её осуществления. Другими словами, необходимо достаточно четко и всесторонне представлять, что и как будет делать человек с данным видом техники и при каких условиях.

Разработка на этой основе проектных предложений, обеспечивающих создание удобной и безопасной техники, выделяется в особую область эргономического проектирования человеко-машинных систем.

1.9 Эргономические основы организации рабочего места оператора

Под рабочим местом оператора понимается зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу.

Организацией рабочего места называется система мероприятий по оснащению рабочего места средствами и предметами труда и их размещению в определенном порядке.

По уровню механизации рабочие места делятся на автоматизированные, механизированные и рабочие места, где выполняются ручные работы.

Рабочие места подразделяются на индивидуальные и коллективные.

В зависимости от специализации рабочие места могут быть универсальные, специализированные и специальные.

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

Рабочее место должно быть приспособлено для конкретного вида труда и для работников определенной квалификации с учетом их физических и психических возможностей и особенностей.

При проектировании рабочего места необходимо исходить из конкретного анализа трудового процесса человека на данном оборудовании и учитывать антропометрические данные, физиологические и психологические характеристики трудового процесса, санитарно – гигиенические условия работы. Пространственная организация рабочего места включает в свой состав учет антропометрических данных, выбор рационального расположения рабочих зон, рабочих поверхностей, физиологически рациональной рабочей позы, а также проектирование рациональных конструкций оргоснастки.

При конструировании рабочих мест должны быть соблюдены следующие основные эргономические условия:

- достаточное рабочее пространство для работающего человека, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;

- достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием, а также между людьми в процессе выполнения общей трудовой задачи;

- оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, а также безопасные и достаточные проходы для работающих людей;

- необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания;

- допустимый уровень акустического шума и вибраций, создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибраций;

- должны быть предусмотрены необходимые средства защиты работающих от действий опасных и вредных производственных факторов (физических, химических, биологических, психофизиологических).

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

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

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

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

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

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

При конструировании необходимо также обеспечивать оптимальную зону информационного поля рабочего места. Под информационным полем понимают пространство рабочего места с размещенными средствами СООИ и другими источниками сведений, используемые человеком в процессе трудовой деятельности.

Оптимальная зона – часть информационного поля рабочего места, обеспечивающая наилучшее восприятие информации. Важным критерием при организации рабочего места является угол обзора. По отношению к горизонтали он должен составлять $30...40^{\circ}$, а в вертикальной плоскости $0...30^{\circ}$ по отношению к горизонтали (15° вверх и 15° вниз от нормальной линии взора).

При проектировании оборудования необходимо предусматривать рациональное положение тела (стоя, сидя), которое должно быть удобным и свободным.

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

Положение «стоя» более естественное для человека, чем положение «сидя». Положение «сидя» имеет ряд преимуществ по сравнению с положением «стоя». Уменьшаются статические нагрузки для поддержания веса тела, происходит разгрузка органов кровообращения, что снижает энергетические затраты. Но длительная работа «сидя» может привести к расслаблению мышц живота и тазового дна, патологическим изменениям межпозвоночных дисков позвоночника, к образованию сутулости.

Выбор положения тела при работе (сидя, стоя, переменнo) определяет параметры оборудования рабочего места.

При конструировании производственного оборудования и организации рабочего места необходимо предусматривать возможность регулирования отдельных его элементов с тем, чтобы обеспечивать оптимальное положение работающего. Регулируемые параметры высоты рабочей поверхности, сидения и пространства для ног следует выбирать по номограмме (в зависимости от роста человека). Все элементы рабочего места, которые имеют непосредственное соприкосновение с телом человека, должны по возможности точно соответствовать его антропометрическим данным (размеры сидения, рабочей поверхности, подставки для ног, органов управления и т.п.).

1.10 Эргономическое проектирование рабочего места оператора

Проектирование и организация рабочего места оператора должны, прежде всего, основываться на учете антропометрических и психофизиологических данных персонала, который будет пользоваться разрабатываемым оборудованием. Исходными данными для конструирования являются:

- основные ограничения на размещение оборудования, изложенные в техническом задании;
- перечень элементов, узлов и блоков, органов контроля, доступных оператору во время обслуживания РЭС;
- перечень зрительных и звуковых информационных указателей;
- внешние условия эксплуатации (температура, освещение, уровень шума и т. д.).

С учетом приведенных данных конструктор устанавливает рабочую зону оператора на каждом рабочем месте, предназначенную для обслуживания и эксплуатации машины, проектирует рабочее место, размещает органы управления и индикации, конструирует кресло оператора, определяет предельные условия работы.

Рабочее пространство в зависимости от положения оператора делят на зоны для работы стоя и зоны для работы сидя. В особых случаях (в скоростных самолетах, космических объектах и др.) оператор может работать полусидя, полулежа, лежа. Зона расположения органов управления в этом случае ограничена и определяется в основном всем комплексом средств управления движущимся объектом. Таким образом, требования к конструкции пульта управления такими машинами сводятся к расположению органов управления и индикации в определенном порядке и их конструктивному исполнению.

При конструировании рабочего места для работы стоя все пределы досягаемости и максимальное поле зрения должны приниматься из расчета

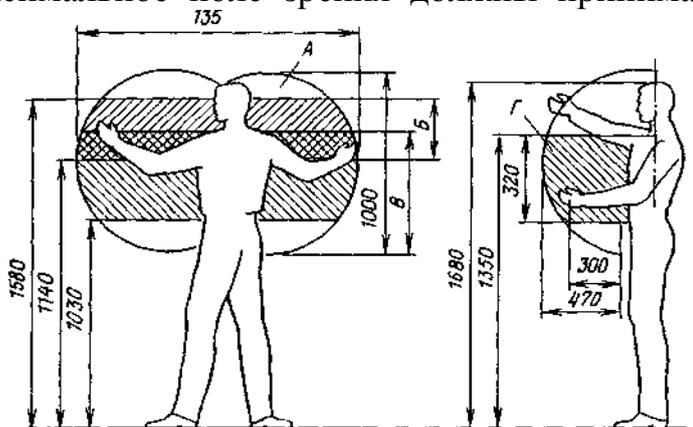


Рис.4 - Зоны досягаемости рук и рекомендуемые места расположения органов управления и индикации при работе оператора стоя: А — рабочее пространство; Б — оптимальная зона для зрительного наблюдения; В — оптимальная зона для размещения органов управления; Г — зона, удобная для размещения устройств, обслуживаемых руками.

нормальной работы оператора низкого роста. В этом случае высокий человек легко достанет любой орган управления.

В закрытом помещении его высота должна выбираться из расчета на

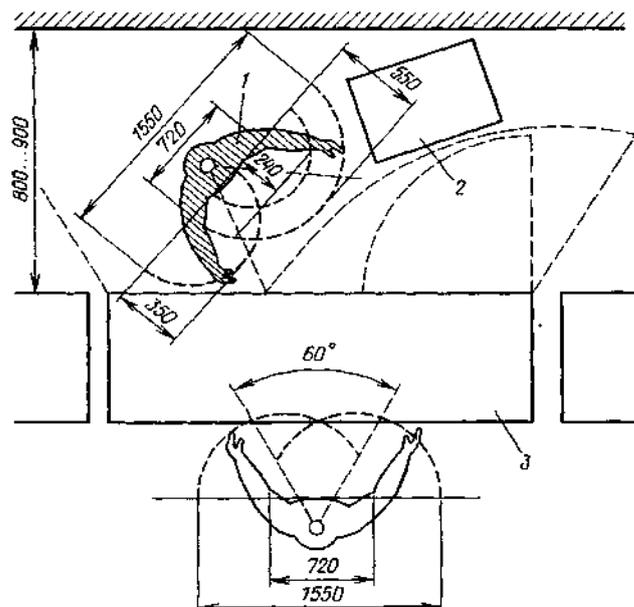


Рис.5 - Организация рабочего места человека-оператора при обслуживании шкафов: 1 — человек-оператор; 2 — измерительный прибор; 3 — стойка (шкаф)

оператора высокого роста. В связи с изложенным высоту шкафов не рекомендуется выбирать более 170 см.

Для работы стоя важным размером являются пределы досягаемости рук. Рекомендуемая зона представляет собой эллипс с вертикальной осью 100 см и горизонтальной 135 см. На рис.4 показаны зоны досягаемости и рекомендуемые места расположения органов управления и индикации при работе оператора стоя.

Примерная схема организации рабочего места оператора при об-

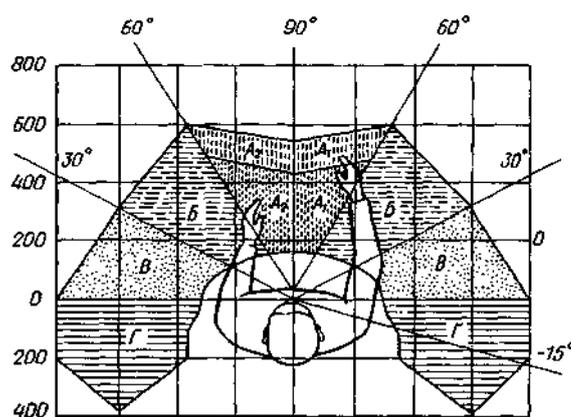


Рис.6 - Зоны досягаемости и зоны обзора оператора в положении сидя обслуживании стоек (шкафов), установленных параллельно неподвижной стенке, приведена на рис.5.

Работа стоя более утомительная для человека, чем работа сидя. Так, если нагрузку при прямой позе сидя принять за единицу, то при прямой позе

стоя мышечная работа возрастает в 1,6 раза, при наклонной позе сидя — в 4 раза, а при наклонной позе стоя — в 10 раз.

Зона свободной досягаемости органов управления руками и зона обзора оператора показаны на рис.6. В зонах обозначены несколько характерных участков. Участки А1, А2 и Б образуют сектора основных движений, в которых для проведения манипуляций руками не требуется поворота головы.

Для проведения манипуляций руками на участках В требуется движение всей руки, а на участке Г к движению руки добавляется поворот туловища. Обзор участков А1 и А2 не требует поворота головы, так как они располагаются в секторе сосредоточенного внимания глаз оператора, а для обзора участков Б необходим поворот головы примерно на 30° в обе стороны. Обзор участков В и Г требует поворота головы и туловища.

Очевидно, что для удобства работы оператора органы управления по возможности следует располагать в пределах участков А1, А2 и Б, а элементы индикации — в пределах участков А1 и А2. Размеры и конфигурация пультов управления зависят от избранной основной позы оператора при работе: стоя, стоя-сидя, сидя и конструируются с учетом зон досягаемости в этих положениях.

Рекомендуемые размеры зон досягаемости в различных положениях приведены на рис.7 и в таблице 5.

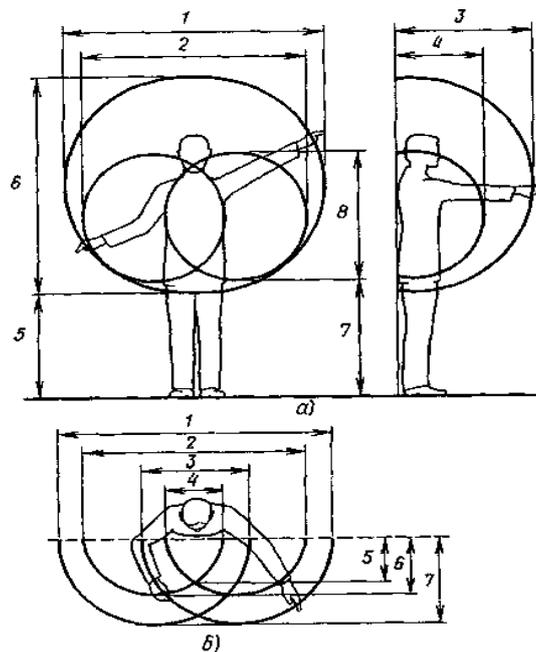


Рис.7 - Размеры зон досягаемости оператора стоя и сидя

Конфигурация пульта должна состоять из горизонтальной и слегка наклонной части в виде стола, служащей опорой для рук оператора и приборной лицевой панели, предназначенной для расположения органов управления и индикации.

Пульты управления для работы в положении сидя должны иметь пространство для ног оператора с размерами не менее 600 мм по высоте, 400 мм по глубине на уровне колен оператора, 600 мм по глубине на уровне пола и 500 мм по ширине. Для удобства работы оператора в положении сидя должна предусматриваться подставка для ног.

При необходимости обзора пространства поверх пульта управления его высота не должна быть более 1100 мм от пола. Основные размеры пультов и расположение панелей для работы сидя и сидя-стоя приведены на рис.8.

Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пультов для работы оператора сидя показаны на рис.9 и их размеры — в табл.6, а для положения стоя соответственно на рис 10 и в табл.7.

Поверхности пультов управления должны обладать диффузным или направленно-рассеянным отражением светового потока, исключая появление бликов в поле зрения оператора.

При расположении средств отображения информации и органов управления на панелях пульта необходимо учитывать следующие основные факторы приоритетность, возможность группировки в логические блоки, взаимосвязь между органами управления и средствами отображения информации.

Исходя из этого, наиболее важные и часто используемые органы управления и средства отображения информации должны быть расположены в зоне А (см. рис.6), называемой оптимальной, аварийные средства — в легко доступной зоне, но не в оптимальной (например, в зоне Б).

Таблица 5 - Размеры зон досягаемости оператора в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Номер позиции на рис. 7	Зоны досягаемости			
	в вертикальной плоско-		в горизонтальной плоско-	
	для женщин	для мужчин	для женщин	для мужчин
1	1400	1550	1370	1550
2	1100	1350	1100	1350
3				
4				
5				
6				
7				
8				

При установлении приоритета на место расположения необходимо учиты-

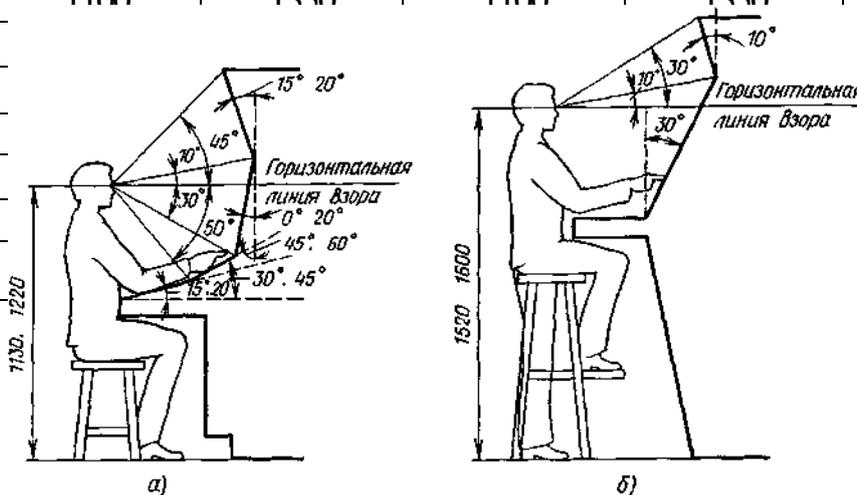


Рис.8 - Расположение и рекомендуемые значения углов наклона панелей пульта управления : а — для работы сидя, б — для работы стоя

вать как тот или иной орган управления или информационное средство воздействуют на работу системы, частоту и степень их использования, влияние ошибки считывания информации или запаздывания в выполнении операции, на надежность и безопасность работы системы, легкость манипулирования отдельными органами управления и т.п.

При групповом размещении индикаторов необходимо соблюдать определенные правила.

При наличии в группе шести и более индикаторов располагать их следует в виде двух параллельных горизонтальных рядов и вертикальных столбцов. В то же время число рядов или столбцов не должно превышать шести. Если на панели необходимо разместить более 30 индикаторов, то их следует предварительно скомпоновать в 2...3 зрительно отличные группы. Все органы управления для положения сидя располагаются в зоне досягаемости на высоте 600...1000 мм, а для работы в положении стоя — на высоте 1000..1400 мм.

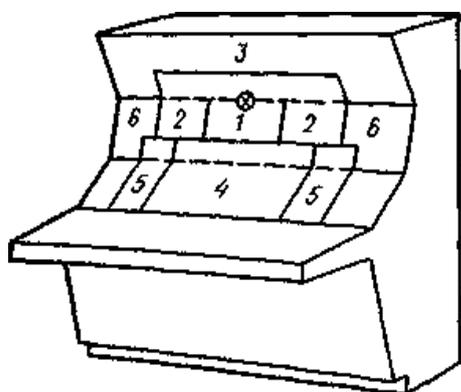


Рис.9 - Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта для работы оператора сидя

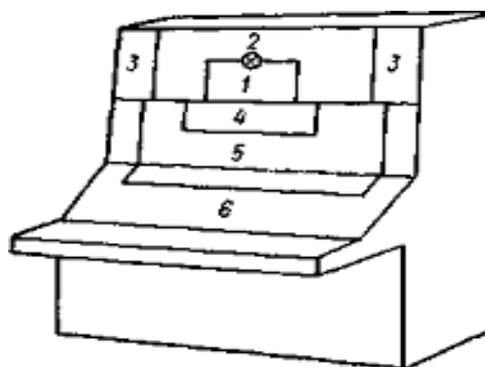


Рис.10 – Зоны расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта для работы оператора стоя

Таблица 6 - Размеры зон расположения средств отображения информации, органов управления на панелях пульта для работы оператора сидя

Номер зоны на рис. 9	Высота кромки над уровнем пола		Ширина зоны
	нижней	верхней	
1	970	1220	380
2	970	1310	1010
3	1220	1600	1520
4	750	970	610
5	750	970	250
6	750	1220	150

При этом необходимо обеспечить, чтобы количество траекторий движения рук оператора при пользовании органами управления было минимальным, а сами движения сводились в основном к движению кистей рук и предплечья. При необходимости работать двумя руками желательнее, чтобы их движения были симметричны и синхронны, а траектории не пересекались. При выполнении средств индикации с использованием электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) необходимо обеспечить размещение экрана ЭЛТ перпендикулярно линии зрения оператора.

Большое значение для обеспечения оптимальных условий работы оператора имеет правильный выбор формы и размеров рабочего кресла. В соответствии с ГОСТ 21889-76 кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в физиологически рациональном положении с сохранением естественных изгибов позвоночника (рис.11).

Таблица. 7 - Размеры зон расположения средств отображения информации и органов управления на панелях пульта для работы оператора стоя

Номер зоны на рис 10	Высота кромки над уровнем пола		Ширина зоны
	нижней	верхней	
1	1320	1630	380
2	1320	1780	1020
3	1220	1780	250
4	1170	1320	610
5	1110	1320	1120
6	1060	1320	1370

Конфигурация кресла должна включать следующие основные элементы: сиденье, спинку и подлокотники. В конструкцию кресла могут быть

включены также дополнительные элементы, необязательные для установки, такие как подголовник и подставка для ног.

В конструкции кресла должна регулироваться высота поверхности сидения и угол наклона спинки. При необходимости дополнительно могут регулироваться высота спинки, высота подлокотников, их угол наклона, высота подголовника и подставки для ног, а также угол ее наклона. Кресло должно способствовать

ослаблению вибрационных воздействий в полосе резонансных для человека частот и ударных воздействий до уровня допустимых. Подвижность кресла относительно пола или другой поверхности, на которой оно установлено, как правило, не ограничивается. В случае необходимости обеспечения строго определенного положения человека-оператора по отношению к средствам отображения информации и органам управления, а также в случае, если обязанности оператора связаны с силовыми и резкими движениями, кресло должно быть снабжено устройствами для фиксации в необходимом положении.

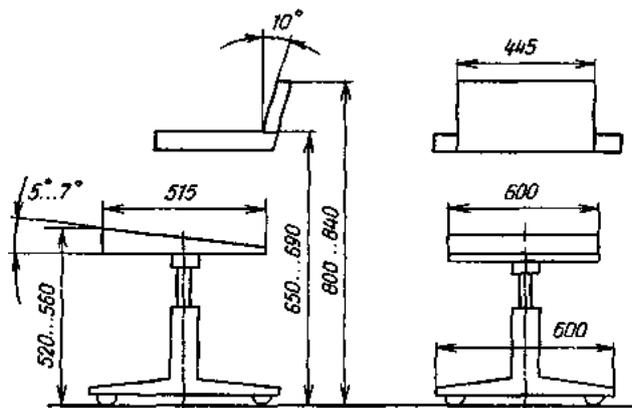


Рисунок 11 – Конструкция кресла оператора

1.11 Эргономические основы проектирования визуальных индикаторов

Индикаторы нужно конструировать так, чтобы выход их из строя становился немедленно очевидным для оператора.

Торговые знаки и наименования завода, фирмы – изготовителя, другие обозначения, не связанные с функциями индикатора, не должны находиться на лицевой панели.

Индикаторы надо конструировать и размещать так, чтобы оператор мог считывать информацию с требуемой точностью, чтобы избежать потери информации вследствие отражения внешнего освещения от поверхности индикатора.

Применяются индикаторы с подсветкой для отображения качественной информации (требующей немедленной реакции оператора).

Изменение состояние индикатора должно отображать изменение функционального состояния системы, а не только результаты действия органов управления.

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

Для критичных функций индикаторы нужно располагать в зоне оптимальной видимости.

Для индикаторных ламп надо предусматривать возможность контроля, смены ламп с лицевой панели без отключения питания, повреждения индикаторной цепи и, не подвергая опасности обслуживающий персонал.

Широко применяются лампы с надписями. Надпись должна читаться независимо от того, включен индикатор или выключен.

1.11.1 Стрелочные индикаторы

Стрелочные индикаторы имеются двух типов:

- с движущейся стрелкой;
- с движущейся шкалой.

Стрелочные индикаторы используют:

- для количественного чтения (точные числовые значения измеряемого параметра);
- для качественного чтения (когда необходимо фиксировать изменение параметра, тенденции);
- проверочное (контрольное) чтение (оператору важны контрольные показания: работает аппаратура в заданных пределах или нет);
- сравнение показателей (требует исключительно точного считывания - целесообразно применять счетчики).

Скорость и точность считывания стрелки индикатора во многом зависит от формы шкалы. Лучшие результаты дает круглая шкала, затем – полукруглая, потом – прямоугольная, затем – прямоугольная горизонтальная, и хуже читается - вертикальная шкала.

Форму шкалы иногда выбирают с учетом характера информации: параметры глубины, высоты, температуры - используют вертикальные шкалы.

Шкалы стрелочных приборов градуируются штриховыми отметками. Они делятся на главные, средние, малые. Оптимальная длина основного интервала между главными отметками 12,5 – 18 мм (с дистанции 750 мм).

Оптимальная величина малого промежутка 1,5 мм или 6 – 8 (для 750 мм).

Если стрелка находится между отметками, то точность считывания за счет интерполяции составляет $1/4 - 1/5$ часть отметки.

Существует зависимость между точностью считывания шкалы и диаметром шкалы. Оптимальные размеры 40 – 60 мм (расстояние 750 – 900 мм).

Постоянная точность наблюдается для шкал диаметром 35 ... 70 мм.

Наилучшие шкалы с ценой деления 1; 5; 10.

Длина отметок оцифрованных составляет 0,5...1 длины интервала между отметками. Длина неоцифрованных отметок - 0,5 длины основных. Толщина основных отметок - 5...10 % расстояния между неоцифрованными.

Цифры на шкале должны быть выполненными прямыми линиями только у главных основных отметок.

Важное значение при считывании показаний со шкал имеет форма и расположение стрелок и указателей. Стрелки должны быть простыми, не закрывать цифры.

Стрелки группы шкал должны быть нормально ориентированы в одном направлении. При этом наблюдается лучшее считывание. Допускаются на шкалах отметки дополнительных сигнализаторов, секторов.

Шкалы на одной панели должны иметь одинаковую оцифровку и систему делений.

Возможно применение других индикаторов:

- счетчики;
- печатающие устройства (запись количества чтения);
- графопостроители (непрерывные графические данные).

1.11.2 Интегральные индикаторы

Недостаточно только визуальных индикаторов, когда требуется сочетание количественной оценки и качественной оценки ситуации, параметры которой отображаются на приборах.

Пути решения – применение интегральных индикаторов, совмещающих информацию сразу о нескольких параметрах того или иного процесса или ситуации.

Особенности интегральных индикаторов заключаются в следующем:

- дают качественную оценку и обеспечивают наглядное сопоставление данных, тем самым помогают эффективно решать задачи управления;
- интегральные индикаторы дают более полное представление об общей ситуации, и оператор может прогнозировать события и ситуации, а не только фиксировать.

1.11.3 Мнемосхемы

Мнемосхемы представляют собой системы отображения информации (СОИ), условно показывающие структуру и динамику управляемого объекта, и алгоритм управления. Мнемосхемы служат для выполнения следующих функций:

- наглядно отображать функционально – техническую схему управляемого объекта с другими объектами и внешней средой;
- сигнализировать обо всех существующих нарушениях в работе объекта;
- обеспечивать быстрое выделение и выявление возможности локализации и ликвидации неисправности.

Мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом. Отдельные элементы или группа элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой и цветом.

При компоновке мнемосхемы должно быть обеспечено пространственное соответствие между расположением элементов на мнемосхеме и расположением управления на пульте оператора.

Допускается размещение на поле мнемосхемы приборов контроля и органов управления, которые при этом не должны закрывать от оператора другие элементы мнемосхемы.

При компоновке мнемосхемы должны учитываться привычные ассоциации оператора. Под привычной ассоциацией понимают связь между представлениями, возникающими у человека на основе опыта. Например, человек привык отображать какой-либо процесс, представляя его развитие слева направо. На мнемосхеме следует также отображать развитие технологического процесса слева направо.

Соединительные линии на мнемосхеме должны быть сплошными, простой конфигурации, минимальной длины и иметь наименьшее число пересечений.

Форма и размеры панелей мнемосхемы должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов. Предельными углами обзора фронтальной плоскости мнемосхемы должны быть: по вертикали угол 90 градусов, по горизонтали угол 90 градусов.

Если мнемосхема выходит за пределы этих углов, то она должна иметь дугообразную форму, или состоять из нескольких состыкованных плоскостей, повернутых к оператору.

Комплекс мнемознаков, используемых на одной мнемосхеме, должен быть разработан как единый алфавит. Под единым алфавитом понимают комплекс мнемознаков, отображающих систему взаимосвязанных частей управляемого объекта и характеризующихся единством изобразительного решения.

Мнемознаки сходных по функциям объектов должны быть максимально унифицированы. Форму знака допускается брать похожей на конструктивную форму объекта или его условное графическое обозначение, принятое в технической литературе.

Размеры мнемознака должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие и иметь угловые размеры не менее 20'. Угловые размеры сложного мнемознака должны быть не менее 35', а наименьшая деталь на мнемосхеме – не менее 6'.

Яркостный контраст между мнемознаками и фоном панели мнемосхемы должен быть не менее 65%.

Яркостный контраст $K = ((V_{\phi} - V_0) / V_{\phi}) \cdot 100$ (прямой),

где: K - яркостный контраст; V_{ϕ} - яркость фронта;

V_0 - яркость мнемознака.

Сигналы на мнемосхеме об изменении состояния объекта (вкл. – выкл.; откр. – закр.) должны различаться особенно чётко цветом, формой или другими признаками.

Специальные сигналы (предупредительные, аварийные, неплановой смены состояния и т.д.) должны отличаться большей интенсивностью (на 30-40%) по сравнению с сигналами нормального режима или быть прерывистыми (частота линии 3-5 мм и длительностью не менее 0,05 с).

1.11.4 Табло коллективного пользования

Табло коллективного пользования – устройство, предназначенное для отображения информации и восприятия её коллективом операторов с расстояния более 4 м.

Восприятие информации с индикаторов таких табло определяется рядом параметров, обеспечивающих оптимальное условие восприятия. К ним относятся: яркость знаков и их размеры; контраст знаков; внешняя освещенность; дистанция наблюдения; угол обзора; соотношения яркостей свечения рабочих и нерабочих элементов индикатора; равномерность яркости свечения индикатора в пределах информационного поля табло; цвет свечения индикаторов; коэффициент отражения рабочей поверхности индикатора и т.д.

Параметры имеют определённые значения, указанные в специальных справочниках или технической документации. Ими необходимо руководствоваться при проектировании таких систем.

1.11.5 Сигнализаторы звуковые

Сигнализаторы – это индикаторы, предназначенные для определения оператору сведений в случае специального привлечения его внимания. К звуковым сигнализаторам относятся источники звука, используемые для подачи аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов.

Такие сигнализаторы должны:

- обеспечивать привлечение внимания работающего оператора путём неожиданной подачи сигнала, изменением уровня звукового давления модуляцией по частоте и уровню звукового давления; увеличением длительности сигнала, частоты следования и т. д;

- 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 пугать.

В звуковых сигнализаторах должен быть автоматический возврат схемы в исходное положение для получения очередного управляющего сигнала. Частотная характеристика тональных сигналов должна быть в пределах 200...5000 Гц. Прерывистые сигналы должны иметь интервалы между ними 1-3 сек. Длительность отдельных сигналов и интервалов между ними должна быть не менее 0,2 сек.

1.11.6 Словесные сигналы предупреждения.

Такие сигналы даются официальным, беспристрастным и спокойным голосом. Слова должны быть разборчивыми, краткими, соответствующими смыслу ситуации.

Критические сигналы предостережения следует повторять с паузой не менее 3 сек., до тех пор, пока положение не будет исправлено.

Громкость звукового сигнала должна быть регулируемой, продолжительность должна определяться корректирующим действием оператора или автомата.

1.12 Эргономические основы проектирования органов управления

При проектировании средств деятельности человека в системе «человек-машина» (СЧМ) в эргономике и инженерной психологии основное внимание уделяется разработке требований к информационным моделям и средствам предъявления информации. Но немаловажную роль в системе «СЧМ» играют также требования к органам управления, которые представляют элементы рабочего места оператора, предназначенные для передачи управляющих воздействий от человека к машине.

Для комплексного решения проблемы одинаково важно проектирование на современном уровне как средств управления информацией, так и органов управления с учетом эргономических требований.

Характер, последовательность, темп и ритм рабочих движений во многом задаются формой и конструкцией инструментов, органов управления, машин и другого оборудования, а также организацией рабочих мест.

При конструировании и организации рабочих мест для оператора необходимо учитывать следующие правила движений:

- при работе двумя руками движения должны быть одновременными, симметричными и противоположными по направлению;

- проектируемые движения должны быть простыми, плавными, закругленными;

- движения должны отвечать анатомическим возможностям тела и осуществляться в зоне зрительного контроля;

- движения должны быть ритмичными, нельзя допускать слишком медленных и слишком быстрых ритмов;

- движения должны быть привычными для рабочего;

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

Не следует проектировать элементы оборудования, требующие приложения больших физических усилий. При проектировании оборудования и приборов необходимо создавать условия для обеспечения рациональных рабочих движений. Поэтому следует проектировать такие орудия труда, которые приспособлены к энергетическим, силовым и скоростным характеристикам и возможностям человека.

В справочной литературе по эргономике и инженерной психологии существуют многочисленные рекомендации по обеспечению оптимального выполнения: скорости рабочих движений; точности движений; зависимости пространственной точности движений от скорости их выполнения; экономии усилий.

Каждому типу исполнительных (управляющих) действий оператора свойственны свои биомеханические особенности, учет которых необходим при выборе конструкции органов управления.

Поэтому основное внимание уделяется органам управления, обеспечивающих реализацию решений, принимаемых операторами АСУ, то есть обеспечивающим ручной ввод информации, ее вызов на устройство отображения и контроля, установку измеряемых или отчитываемых величин, а также воздействие на исполнительные органы объектов управления (пуск и остановку механизмов, переключение режимов и т. п.).

При выборе органов управления следует учитывать удобство их эксплуатации, безопасность, технологичность конструкции, а также принципы технической эстетики.

К общим требованиям относятся следующие:

- Органы управления выбираются с таким расчетом, чтобы направление их движения соответствовало направлению движения связанного с ними индикатора, элемента оборудования или средства передвижения.

- Вращающие регуляторы должны открывать функцию при вращении против часовой стрелки. Закрывать – по часовой стрелке.

- Если воздействие на органы управления осуществляется в определенной последовательности, то органы управления должны быть соответствующим образом сгруппированы (сохраняя привычный порядок действия – слева направо и сверху вниз).

- Особо важные и часто используемые органы управления должны иметь наиболее удобное расположение для их досягаемости и захвата. Это особенно относится к вращающимся органам управления и требующим тонкой и точной установки и настройки.

- Органы управления, применяемые исключительно для технического обслуживания и регулировки, относятся к категории редко используемых и должны быть закрытыми, но легко достигаемыми.

- Органы управления, используемые исключительно для выполнения одних и тех же функций на различных панелях, должны быть одного и того же размера.

- Органы управления должны быть защищены от случайных воздействий.

- Для перемещения органов управления необходимо прилагать определенное усилие.

1.12.1 Требования к отдельным видам органов управления.

Вращающиеся селекторные переключатели. Их следует использовать для дискретного переключения, они должны снабжаться движущейся стрелкой и неподвижной шкалой. Оператор должен хорошо видеть шкалу и стрелку переключателя, деления на шкале не должны закрываться рукой. Вращающиеся селекторные переключатели следует размещать в оптимальной рабочей зоне.

Поверотные ручки. Используются для точной и плавной регулировки изменяющихся параметров. Сопротивление ручек вращения должно быть минимальным, но случайное прикосновение не должно изменять их положение.

Рукоятки и маховички – это, как правило, часть органа управления, которая захватывается рукой оператора. Форма рукояток может быть весьма разнообразной: плоские, удлиненные, в форме «клювика» и т.д. Сопротивление рукояток усилию оператора должно составлять 0,7-1,2 кг. Величина рукояток зависит от прилагаемого усилия. Максимальный диаметр – не более 140 мм, минимальный – 12 мм.

Рукоятки не должны перекрывать надписи и индикаторы.

Кнопки и клавиши. Служат для быстрого включения и выключения аппаратуры, для ввода цифровой информации и команд, в особенности при частом выполнении этих действий.

Поверхность кнопок должна иметь вогнутую форму, соответствующую строению пальца и рифленость и рельефность, для предотвращения соскальзывания. Конструкция кнопки должна предусматривать ощущение щелчка. Для предотвращения случайного нажатия на кнопку ее можно углубить в панель или снабдить защитной крышкой. Расстояние между кнопками должно быть не менее 12 мм. Минимальный размер кнопок – 9мм. Усилие нажатия для кнопок 280-1100 г.

Цвет кнопок должен контрастировать с фоном панели. Цвет кнопок (белый, серый, бежевый).

Для ввода логической и командной информации рекомендуется горизонтальная установка кнопок с расположением последовательности команд слева направо.

На кнопках должны быть краткие обозначения вводимой информации или команд. Особо важные и аварийные команды вводятся кнопками, отличными по форме, размеру и цвету. Размещаться они должны в верхней части оптимальной рабочей зоны.

При наличии на панели или пульте большого числа кнопок их рекомендуется группировать. Количество кнопок в группах следует выбирать кратным 5.

Выключатели типа «Тумблер». Эти органы управления служат для коммутации электрических цепей, приводимые в действие пальцем руки, для осуществления быстрого включения или выключения, когда необходим зрительный контроль положения переключателя.

Форма приводного элемента выключателя типа «Тумблер» должна быть конусообразной или цилиндрической. Допускается кодирование цветом на торце приводного элемента. Тумблер должен обладать щелчком.

При расположении «Тумблеров» в ряд не допускается их вертикальное расположение. Для обозначения функций переключателей необходимо применять символы, надписи и обозначения в непосредственной близости.

По прилагаемым усилиям тумблеры могут быть «легкими» - усилие до 0,7 кг и «тяжелые» - свыше 0,7 кг. Минимальное расстояние между тумблерами 12 мм.

Также существует целый ряд других органов управления, нашедших меньшее использование в радиоаппаратуре: рычаги, педали, маховики.

1.13 Учет в эргономике факторов среды

В эргономике, рассматривая человека (группу людей), машину и среду как сложное, функционирующее целое, уделяется большое внимание изучению факторов среды.

Эргономика рассматривает среду человек-машина (СЧМ) как интегральное целое и изучает ее влияние на функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека, от которых во многом зависит эффективность функционирования системы в целом.

Среда системы «СЧМ» имеет сложное строение.

Выделяют группу санитарно-технических элементов – уровней среды (микроклимат, освещенность, излучения, вибрации и др.). Они составляют характеристики внешней среды рабочей зоны, создающейся под воздействием функционирования орудий и предметов труда, а также технологических процессов.

Вторая группа – психофизиологические элементы (физиологическая нагрузка, нервно-психические напряжения, рабочая поза и др.), обусловленные условиями труда.

Третья группа – эстетические элементы, раскрывающие, какие элементы процесса производства и труда могут вызывать эстетическое отношение. Полный перечень эстетических элементов и их параметров выражает общую эстетическую составляющую условий труда.

Четвертую группу составляют социально-психологические элементы, характеризующие психологический климат, в котором протекает процесс труда, социально-экономические отношения в обществе, в том числе отношение к труду.

К общим эргономическим требованиям в системе «Ч – М» применяют термин «обитаемость», под которым понимают совокупность физических, химических, биологических и эстетических факторов внешней среды на рабочем месте, влияющих на функциональное состояние человека – оператора, его работоспособность и здоровье.

Комфортным называют состояние внешней среды на рабочем месте, обеспечивающее оптимальную динамику работоспособности, хорошее самочувствие и сохранение здоровья работающего человека.

Относительно дискомфортным называют состояние внешней среды на рабочем месте, которое при воздействии в течение определенного интервала времени обеспечивает заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы.

Экстремальным называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое приводит к снижению работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям.

Сверхэкстремальным называют состояние, приводящее к возникновению в организме патологических изменений (невозможности выполнения работы).

Оптимальным значением фактора среды называют такое, которое обеспечивает создание относительно комфортной внешней среды на рабочем месте.

При проектировании систем «СЧМ» ориентируются на оптимальные для жизнедеятельности и работоспособности человека параметры элементов, составляющие условия труда. Обязательным при этом является выполнение требований, содержащихся в системе стандартов безопасности труда (ССБТ), стандартов системы «человек – машина» (СЧМ), стандартов на термины и номенклатуру эргономических показателей качества продукции, санитарных нормах и правилах (СН 245-71):

Остановимся на некоторых факторах среды:

1. Основными факторами, создающими дискомфортные метеоусловия в производственных помещениях, являются повышенная и пониженная температура воздуха, лучистая энергия, часто в сочетании с высокой влажностью и интенсивным движением воздуха (сквозняки).

Для большинства людей комфортными являются условия при $t^0 = 20...25^{\circ}\text{C}$, влажности – 30...60% и скорости движения воздуха не более 0,2 м/с.

2. Факторами, ухудшающими на производстве воздушную среду, могут быть следующие:

- выделение тепла (конвекционного и лучистого);
- выделение влаги (водяные пары);
- выделение газов и паров химических веществ;
- выделение токсической пыли и радиоактивных веществ;
- различные комбинации указанных выделений.

3. Одним из важных факторов, от которого зависит эффективность трудовой деятельности человека, является освещенность производственных помещений. Задачей проектировщиков является создание рационального освещения (СНИП – строительные нормы и правила. Раздел II–А. 9-71. «Искусственное освещение. Нормы проектирования»).

4. Значительное влияние на условия труда оказывает производственный шум. Вредное влияние шума сказывается на реакции работающего человека, ведет к ослаблению его внимания. Нормы допустимых уровней шума регламентируются «Гигиеническими нормами допустимых уровней звука на рабочих местах» (МЗ. РФ №1004-73. 1973), а также ГОСТом 12.1.003-73. «Шум. Общие требования безопасности».

5. Для некоторых производственных помещений неблагоприятным фактором могут быть вибрации. Они приводят к появлению головных болей,

утомлению, напряжению зрения, быстро наступает сонливость, апатия, а отсюда появляются ошибки в восприятии и исполнения рабочих команд. Допустимые уровни вибраций приводятся в СНИП (СН 245-71), (№1102-73).

6. К числу неблагоприятных факторов внешней среды относятся электромагнитные поля СВЧ, воздействие которых может вызывать функциональные сдвиги в организме: быструю утомляемость, головные боли, раздражительность, утомление зрения и т.д. Ограничения воздействия СВЧ указаны в СНИП (№848-70).

Рассмотрение во взаимосвязи эргономических показателей физической среды на производстве и соответствующих характеристик машин и оборудования – неперенное условие комплексного подхода к оптимизации трудовой деятельности человека-оператора.

Оптимизация систем «СЧМ» предполагает совместный учет эргономических требований к техническим средствам и условиям трудовой деятельности человека.

1.14 Принципы и методы исследований в эргономике

Как уже отмечалось, общая цель эргономики формулируется как единство трех аспектов исследования и проектирования:

- повышение эффективности деятельности и соответственно функционирования человеко-машинных систем;
- охраны здоровья;
- развития личности людей, участвующих в трудовом процессе.

Таким образом, задается единство эргономических исследований, их системный характер. Конечно, в конкретных исследованиях тот или иной аспект может доминировать – это допустимо и практически неизбежно. Однако общая единая цель реализуется через совокупность и взаимодополняемость указанных аспектов.

Следующим принципиальным теоретическим положением эргономики является указание на то, что отношение «человек – машина» есть в первую очередь отношение «субъект труда – орудие труда». Не человек рассматривается как простое звено, включенное в техническую систему, а машина как средство, включенное в деятельность человека.

Мы уже отмечали, что возникновение эргономики обусловлено, прежде всего, коренными изменениями в самом процессе труда. Наблюдаются три этапа в определении характера связи человеческого и машинного компонентов при решении эргономических задач.

На первом этапе эта связь понималась как приспособление человека к машине; на втором – машины к человеку (его психологическим, физиологическим, антропометрическим и т.д. характеристикам). Для третьего этапа характерна более широкая трактовка «человеческого фактора», как фактора, формирующего (образующего) саму систему «человек – машина».

Таким образом, идеи системного подхода в исследованиях эргономики, как одной из ведущих современных общенаучных ориентаций – определяют

установки и положения эргономики. В их числе: стремление к целостному рассмотрению человеко-машинных систем; включение деятельности человека в предмет научных исследований; тенденция к научному синтезу различных аспектов исследований в эргономике; стремление выявить возможные последствия деятельности человека и т.п.

Использование принципов системного подхода позволяет по-новому ставить многие исследовательские задачи и теоретические положения, разработанные либо непосредственно в эргономике, либо в смежных с нею научных дисциплинах и органически вошедших в ее состав.

К ним относятся следующие: различение коррективной и проективной эргономики; раскрытие содержания понятия человеческого фактора в технике; постановка проблемы комплексного изучения и проектирования внешних средств и способов деятельности; гипотеза оперативного образа; эвристический подход к исследованию информационных процессов, включая процедуры принятия решения; и ряд других положений «системно – технической» эргономики.

Методологической базой эргономики следует считать системный подход. На его основе возможно использование в эргономических исследованиях методов, сложившихся в социологии, психологии, физиологии и гигиены труда; функциональной анатомии, кибернетике, системотехнике и др.

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

Как правило, каждая встающая перед эргономикой практическая задача подлежит в первую очередь анализу с точки зрения выявления специфики влияния человеческого фактора в заданных условиях. Умение квалифицированно анализировать производственную деятельность (производительность труда, передовой опыт, условия труда, брак, характерные ошибочные действия работающих людей, травматизм и др.) является непременным условием профессиональной деятельности специалиста в области эргономики.

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

Усовершенствование конструкции машины (технического средства) с целью наиболее полного учета в ней возможностей и особенностей работающего человека предполагает, во-первых, точное знание причин неудовлетворенности существующей конструкции с точки зрения эргономики; во-вторых, ясное представление о том, в каком направлении следует ее модифицировать. Ответы на эти вопросы можно получить, если в ходе предварительного анализа деятельности вскрыты недостатки в организации взаимодействия человека и машины и определены требования, которые данный вид

деятельности предъявляет к реализующим ее техническим средствам и психофизиологическим свойствам человека.

На аналитическом этапе эргономических исследований полезными являются многие современные методы проектного анализа. Большинство из них являются результатом «спонтанного» психологического анализа, выполненного инженерами или руководителями работ, как правило, наиболее талантливых проектировщиков, опытных, образованных, грамотных, добившихся выдающихся успехов в создании современных технических средств.

Использование экспериментальных методов эргономических исследований направлено на выявление таких особенностей организации взаимодействия человека с техническими средствами, которые не обнаруживаются непосредственно в процессе анализа.

В обычных производственных условиях к человеку зачастую предъявляются достаточно низкие требования, и имеющиеся недостатки технического устройства легко компенсируются им. В этой связи важным методическим приемом является усложнение деятельности (постановка дополнительных задач, моделирование аварийной ситуации и др.) как эффективный способ выявления преимуществ одного среди нескольких вариантов технических средств. Выполнение такой вторичной дополнительной задачи одновременно с выполнением основной деятельности используется для регистрации резервного времени, под которым понимается избыточное время (сверх минимально необходимого), которым может располагать человек – оператор для предотвращения отклонения регулируемого параметра за допустимые пределы.

В свою очередь, величина резервного времени, меняющаяся в зависимости от уровня мобилизации человека – оператора, служит одним из прогностических показателей, на основании которого предсказывается, при какой степени усложнения деятельности надежность работы человека – оператора резко упадет.

Следует отметить, что в экспериментальных исследованиях используют, как правило, экспериментальную и контрольную группы испытуемых. И тут необходимо учитывать при принятии решений – сложность такого составительного явления (или деморализация контрольной группы).

До настоящего времени четкая классификация методов исследования в эргономике отсутствует. Однако можно назвать некоторые из них.

В первую группу входят методы, условно названные *организационными*. К ним, прежде всего, относится система методологических средств, обеспечивающих комплексный подход к исследованию. Характерной чертой таких исследований является организация таких эргономических исследований, в ходе которых синтезируются представления различных дисциплин, периодически определяются и сопоставляются данные и они обобщаются, выявляются связи и взаимосвязи между явлениями разного рода.

Вторую группу методов исследования составляют существующие *эмпирические* способы получения научных данных. К этой группе относятся: наблюдения и самонаблюдения; экспериментальные методы (лабораторный,

производственный эксперимент); диагностические методики (различного рода тесты, анкеты, социометрия, интервью и беседы); приемы анализа процессов и продуктов деятельности (хронометраж, циклография); моделирование (предметное, математическое и т.п.).

Третью группу методов эргономических исследований составляют *приемы обработки данных*. К ним относятся различные способы качественного и количественного описания данных.

В четвертую группу методов входят различные способы *интерпретации* полученных данных в контексте целостного описания деятельности человека – машинных систем.

Наиболее обширной и разработанной является вторая группа методов:

- применяются экспериментальные методы изучения различных физиологических процессов (электроэнцефалография, электромиография (мышцы), регистрация кожногальванических реакций, электрокардиография, электроокулография (глаза);

- находят применение методы биомеханики (ускоренная киносъемка, циклография, тензометрия и т.д.);

- с целью изучения условий, в которых протекает производственная деятельность человека, в эргономике применяются методы описания микроклиматических условий (температурный режим, влажность, интенсивность облучения, измерение уровня шума, вибрации, содержание пыли в воздухе, определение токсичных веществ в воздухе, методы светового измерения и т.д.);

- используются методы антропометрических исследований - сомотография (положение тела).

Довольно часто в эргономике находит метод экспертных оценок, особенно в таких областях исследования как оценка компоновки пультов управления, средств отображения информации и других объектов, когда применение расчетных и экспериментальных методов затруднено.

В эргономике *наблюдение* часто является составной частью экспериментальных исследований.

Организация наблюдения включает решение следующих вопросов:

- определение задачи и цели наблюдения;
- выбор объекта, предмета и ситуации наблюдения;
- выбор способа наблюдения, наименее влияющего на исследуемый объект и обеспечивающий сбор необходимой информации;
- выбор способа регистрации наблюдаемых явлений;
- обработка и интерпретация полученной информации.

При организации наблюдения необходимо учитывать, что присутствие наблюдателя оказывает существенное влияние на протекание трудовой деятельности.

С помощью метода наблюдения, дополненного хронометражем, фотоили киносъемкой всех операций в порядке их следования, можно достаточно подробно описать трудовую деятельность.

Для сбора информации относительно структуры процесса трудовой деятельности, характера его протекания и отношения человека к работе широко используется в эргономических исследованиях *метод опроса*. Опрос должен быть регламентирован. Комплексный подход предполагает использование методов опроса в практике эргономических исследований в форме анкетирования и интервьюирования. Методы опроса, как и наблюдения, используются в эргономике для разработки рабочих гипотез и в целях дополнения данных, полученных с помощью других методов.

Все данные в эргономических исследованиях обрабатываются *статистически*.

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

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

При решении вопросов совершенствования организации труда и повышения его эффективности могут играть существенную роль данные о размерах производственного помещения, отдельных его элементов, о расположении окон, дверей; данные о габаритах оборудования, рабочих мест и т.п. Пространственная организация рабочего места влияет на характер и качество рабочих движений, рабочую позу и т.п.

1.15 Моделирование в эргономике

Моделирование структуры и функций систем «человек – машина» получило широкое применение в эргономике. Существуют различные виды моделирования:

- предметное;
- предметно – математическое;
- знаковое (его важнейшая форма – математическое).

Кроме того, применяется стохастическое моделирование, основанное на установлении вероятностных связей между событиями.

Предметное моделирование, в ходе которого исследование ведется на модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики «оригинала», является характерной особенностью многих эргономических работ. При этом используются как статические, так и функциональные макеты.

Статические макеты представляют собой, как правило, трехмерные, выполненные в натуральную величину, модели оборудования, его отдельных блоков, которые подвергаются испытаниям.

Статический макет используется:

- для выбора оптимального способа организации оборудования;

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

Функциональный макет представляет собой модель оборудования в натуральную величину, которая в отличие от статического может воспроизводить реальное функционирование аппаратуры в режимах ручного или автоматического управления. К этому виду макетов можно отнести тренажеры, предназначенные для профессиональной подготовки специалистов и используемые для изучения и решения задач проектирования соответствующего вида деятельности.

Возможности использования функциональных макетов в эргономике могут быть значительно расширены с применением в качестве программируемых и анализирующих устройств электронной и вычислительной техники (ВТ).

В современных экспериментальных работах на вычислительную технику возлагаются различные задачи: сбор данных, обработка их, управление большими комплексами устройств с соблюдением весьма жестких временных режимов; проведение адаптивных и даже самооптимизирующихся управляемых экспериментов и т.д. Однако есть и трудности использования ВТ в эргономических исследованиях – одной из труднопреодолимых задач является расшифровка данных эргономического и психофизиологического характера, для которых зачастую просто нет алгоритмов. Здесь напрашивается аналогия с теми проблемами, с которыми столкнулись исследователи, занимающиеся машинным переводом.

2. ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

2.1 Введение в инженерную психологию

Инженерная психология – это сравнительно молодая, бурно развивающаяся область психологии, возникшая на грани с техническими науками. Её появление принято связывать с научно – технической революцией (НТР), начавшейся в середине прошлого века.

НТР выдвинула на передний план проблему применения техники нового типа. Подобная техника – радиоэлектронные средства (РЭС), электронно-вычислительные машины (ЭВМ), автоматизированные системы управления

(АСУ) – в наше время проникли в самые разнообразные области хозяйства, производства, армии и науки. От эффекта ее практического использования и применения стали непосредственно зависеть успехи в развитии многих важнейших областей. Следует отметить, что развитие техники шло не только по пути ее усложнения, но также и в направлении повышения ее качества и надежности работы.

Однако конструкторы и другие специалисты, занимающиеся практическим использованием сложной техники, неожиданно столкнулись с явлением, когда весьма совершенные с точки зрения техники устройства при их применении на производстве, в военном деле и т.п., не давали ожидаемого эффекта. И непосредственной причиной этого было большое количество ошибок, которые допускали люди, управляющие такой техникой. Все те преимущества, которые были достигнуты благодаря техническому усовершенствованию машин, практически часто сводились на нет неточными, несвоевременными действиями человека.

Первой реакцией на такое несоответствие была попытка исключить ошибки человека за счет еще большей автоматизации и усложнения техники и замены в ней человека. Это период становления кибернетики, вера в неограниченные возможности этой новой области науки породила иллюзии, будто бы техника, доведенная до совершенства, сможет решать любые задачи, которые до этого решал человек. Однако практика показала, что техника способна замещать далеко не все функции человека; даже там, где можно полностью заменить человека автоматом, делать это не всегда целесообразно.

Другим путем разрешения названной проблемы был анализ причин столь большого числа ошибочных действий человека при управлении новой техникой. Изучение таких причин позволило вскрыть чрезвычайно важную особенность новой техники: эта техника делала возможным решение принципиально новых и сложных задач, но при этом создавала для взаимодействующего с ней человека и принципиально новые условия труда.

Присущие новой технике сложные быстротечные процессы с большим числом меняющихся параметров, которые нужно было контролировать и учитывать в ходе управления, требовали от человека такой скорости восприятия и переработки текущей информации, которая иногда превышала его пропускную способность, т.е. он просто физически не мог справиться со всеми возникающими перед ним задачами. А если учесть, что подобные задачи приходилось решать в необычных условиях жизнедеятельности (к примеру на самолете), в условиях высокой ответственности за успех работы, высокой цены ошибки, то станет очевидным, сколь существенно изменились условия деятельности человека в новых системах управления.

Правда, человеку и ранее, при работе со старой, более простой техникой приходилось сталкиваться с большим потоком информации, с ограничениями во времени, с необычными условиями жизнедеятельности. Однако благодаря большим приспособительным и творческим возможностям ему иногда удавалось успешно справляться со сложными ситуациями.

Но когда появились технические устройства, в которых требования задач управления стали превосходить возможности человека, это несоответствие стало обнаруживаться в большом числе ошибок.

Таким образом, с появлением новых, современных технических систем возникли условия, при которых человек, даже при мобилизации всех своих компенсаторных возможностей не мог успешно решать возложенные на него задачи. Однако следовал важный вывод, что причиной низкой эффективности новой техники являлся не человек, а сама техника, которая была создана без учета психофизиологических возможностей управляющего ею человека. Так возникла необходимость в специальном изучении психофизиологических особенностей деятельности человека с новыми сложными техническими системами, изучения его возможностей с целью учета этих данных при проектировании и конструировании таких систем и подготовке операторов для управления ими.

Так на грани психологической науки и техники возник целый комплекс специальных теоретических и прикладных проблем, для решения которых сформировалось новое научное направление – инженерная психология – область психологической науки, изучающая деятельность человека в системах управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем.

Основной задачей инженерной психологии является выявление психических закономерностей деятельности человека в указанных системах с целью их учета при конструировании оборудования таких систем, подготовке людей для их управления и обеспечения наиболее эффективного их применения.

В инженерной психологии изучается система «человек – машина» как сложная система, которая в отличие от обычной, несложной системы, отличается двумя признаками. Во-первых, в такой системе человек контролирует состояние управляемого объекта и воздействует на него дистанционно. Поэтому его информация об объекте и способы воздействия на него оказываются более ограниченными, чем при непосредственном взаимодействии с объектом. Во-вторых, в сложной системе у человека – оператора, как правило, нет заранее заданной жесткой программы действий, поскольку ему нельзя предвидеть, какие возникнут задачи, и нет однозначных способов их разрешения.

В развитии инженерной психологии исследования были направлены главным образом на анализ психофизиологических особенностей восприятия индикаторов, моторных действий, а также на выявление конструктивных ошибок в согласовании оборудования действующих систем с возможностями человека. Попутно решались проблемы коллективной деятельности малых групп людей, осуществляющих совместное управление сложной системой, и учета их взаимодействия при проектировании системы, проблемы получения обобщенных оценок функционирования систем «человек – машина», определения степени эффективности их работы.

2.2 Инженерная психология, её принципы и методы

Объектом инженерной психологии является человек – оператор, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с машиной, предметом труда и внешней средой посредством дистанционного управления.

Инженерная психология - отрасль науки, изучающая психическое состояние и психические свойства человека – оператора, изучающая деятельность человека в системе управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем, главным образом с точки зрения их влияния на рабочий процесс и результаты его деятельности.

Объектом изучения инженерной психологии, в частности, являются сенсорный вход (органы чувств), моторный выход (двигательный аппарат) человека-оператора, процессы переработки информации в нормальных и критических условиях его жизнедеятельности.

Исследования инженерной психологии ограничены не только определенным кругом видов деятельности, но и определенной категорией людей: в установленном диапазоне возрастов, здоровых, достаточно обученных, т.е. отвечающих требованиям пригодности к операторской деятельности.

Методы исследования в инженерной психологии, как и в эргономике – это лабораторный и естественный эксперимент, изучение результатов деятельности операторов, моделирование деятельности оператора и всей системы «человек – машина», а также методы наблюдения, методы бесед с операторами, методы экспертных оценок.

Инженерная психология непосредственно связана с эргономикой – наукой о законах труда. Хотя психологическая сторона и оказывается весьма важной в трудовой деятельности человека, на процесс и результат труда влияют также физиологические, гигиенические, эстетические и многие другие факторы. Поэтому, чтобы обеспечить эффективную деятельность человека в процессе труда, необходимо создавать такие конструкции систем, инструментов, машин, такие условия деятельности, при которых возможно было бы учитывать и психологические, и физиологические, и гигиенические, и антропометрические, и эстетические и прочие особенности человека в труде.

Иначе говоря, для создания достаточно сложных, совершенных инструментов, машин и систем, позволяющих человеку эффективно трудиться, наряду с инженерными и психологическими знаниями, должны использоваться также знания из области физиологии, гигиены труда, динамической антропологии, технической эстетики и других наук, изучающих человека в труде.

Из сопоставления целей и задач, стоящих перед эргономикой и инженерной психологией, следует, что инженерная психология фактически решает частные задачи эргономики применительно к сложным системам «человек – машина».

Раньше мы уже называли связь эргономики и кибернетики. Можно проследить связь кибернетики и инженерной психологии. Кибернетика - наука об управлении, связи и переработке информации. Любую кибернетиче-

скую систему схематически можно представить в виде двух блоков: управляющего и объекта управления, между которыми циркулирует информация по прямой и обратной связи. Системы, изучаемые в инженерной психологии, можно также изобразить в виде двух блоков – блока человека (субъект управления) и блока объекта управления, включающего в себя предмет труда и машину – его орудие (рис.12).

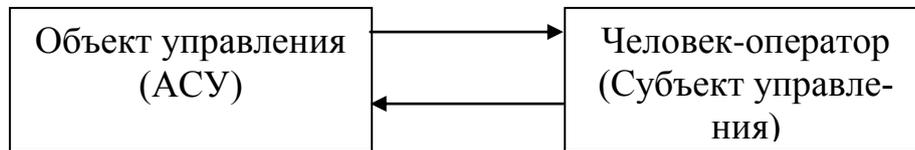


Рисунок 12 - Блок-схема системы управления АСУ

От человека к объекту управления по линии прямой связи поступает командная информация, а от блока к человеку по обратной связи - осведомительная.

Существенным в действии такой системы является тот факт, что человек здесь выступает не просто как ретранслятор информации, поступающей к нему от управляемого объекта – а выбором командного воздействия он вносит в управляемую систему свою дополнительную информацию.

Естественно предположить, что изучение предложенной сложной системы основывается на системном подходе. Сущность его заключается в следующем: путем всестороннего рассмотрения данного объекта (явления) в системах различных отношений, в которых он (оно) вступает, в его развитии представляется возможным получить полную систему знаний о данном объекте (явлении).

Продуктивность применения системного подхода к анализу деятельности человека – оператора в системе «человек – машина», и, в частности, к оценке её результата определяется надежностью его работы. Надежность работы оператора, обусловленная действием многочисленных факторов (разнородных систем), может быть выражена через два основных показателя (временных и точностных ограничений), которые позволяют одновременно учитывать психофизиологические возможности человека (вытекающие из его личных данных, профессиональных качеств, состояния, условий деятельности и пр.), технические особенности машины и решаемой посредством ее задачи. С помощью указанных показателей представляется возможным также учитывать влияние на надежность оператора его информационных процессов, эмоциональных проявлений и прочих характеристик.

Выделим основные принципы, на которых базируются исследования инженерной психологии:

1. Психика человека – оператора изучается в неразрывной связи с целями, которых он достигает в системе управления, с целями, которых он достигает посредством системы, а также в связи с условиями их достижения и ожидаемыми результатами.

2. Психика человека – оператора формируется и раскрывается в процессе его предметной деятельности, поэтому при изучении ее учитывается прошлый опыт, выполняемая деятельность и ожидаемые результаты.

3. Взаимодействие человека и машины изучается с позиции системного подхода – на основе анализа разнообразных связей, существующих между компонентами системы, а также взаимодействия этих компонентов и самой системы с другими системами.

4. Изучение работы системы «человек – машина» осуществляется на основе анализа информационного взаимодействия ее компонентов; синтез таких систем осуществляется посредством оптимизации циркулирующих в них информационных потоков.

5. Результаты инженерно – психологических исследований должны по возможности доводиться до соответствующего уровня формализации, позволяющего использовать их для проектирования или оценки работы системы.

Методы исследования инженерной психологии с учетом специфических задач в большей мере направлены на выявление количественных показателей деятельности оператора, на возможность ее моделирования и использования всех этих данных в ЭВМ.

Количественные показатели деятельности оператора в системе управления нужны еще и потому, что они позволяют выразить «человеческий фактор» в тех же показателях, в каких выражается работа машинного компонента и всей системы в целом. При этом открываются возможности для использования обычных процедур технического проектирования при разработке систем «человек – машина», для анализа и расчетов ее результирующих показателей.

В операторской деятельности человек решает довольно ограниченный круг технических задач, а его действия оказываются жестко детерминированными извне и техническими условиями.

В то же время для операторской деятельности отбирается определенный круг людей, психофизиологические показатели которых отвечают соответствующим требованиям.

Эти обстоятельства способствуют ограничению числа существующих психологических переменных, определяющих поведение оператора, и уменьшению различий в их поведении.

А это, в свою очередь, дает большее основание для формализованного описания психических закономерностей деятельности человека – оператора, а на их основании составлять план подготовки и обучения операторов, алгоритм их трудовой деятельности в системе управления сложными объектами.

2.3 Возможности и функции человека и машины

При анализе работы сложных систем «человек – машина» большой интерес представляет вопрос, насколько целесообразно организовано в них взаимодействие человека с техническими компонентами. В качестве технических компонентов таких систем в настоящее время выступают весьма совер-

шенные автоматы и вычислительные устройства, способные разрешать сложные задачи, возникающие в системе, и выполнять разнообразные управляющие функции. Подобные устройства могут во многих случаях успешно замещать человека, выполняя за него функции восприятия информации, ее хранения и переработки, функции принятия решения, управления и пр.. Таким образом, возможности технических устройств современной системы «человек – машина» по некоторым показателям существенно приблизились к возможностям человека, действующего в этой системе, а по некоторым даже превзошли его.

Сложилось такое положение, когда многие функции в системе «человек – машина» может успешно выполнять как человек, так и техническое устройство. Отсюда вытекает принципиальная проблема: какую функцию в системе управления поручить человеку, а какую – машине, чтобы обеспечить их целесообразное взаимодействие и эффективную работу системы?

Целесообразность организации той или иной действующей системы «человек – машина» сейчас оценивается по тому, насколько выполняемые в ней человеком и машиной функции соответствуют возможностям того и другого компонента. Однако наибольшее значение проблема распределения функций между человеком и машиной приобретает при проектировании новых систем «человек – машина».

Прежде чем рассматривать подходы к разрешению проблемы распределения функций и критерии распределения, остановимся на оценках и сопоставлении возможностей, которыми располагает человек и современное техническое устройство.

1. По скорости, точности и объему восприятия отдельных сигналов современная ЭВМ в значительной мере превосходит возможности человека. Если нервной клетке для восприятия единицы информации требуется 10^{-2} с, то элемент ЭВМ выполняет это действие за 10^{-7} с и менее. Однако способность человеческого мозга к параллельной обработке информации в значительной мере компенсирует это отставание и даже обеспечивает человеку превосходство в восприятии сложных комплексов сигналов и образов.

Термин «восприятие» в том смысле, в каком он используется в психологии, к ЭВМ не совсем применим. Под восприятием в психологии понимается отражение предметов и явлений в совокупности их свойств. В ЭВМ же отражаются главным образом лишь отдельные свойства явлений и предметов, причем обычно вне их взаимосвязи. Ограниченные возможности машины по объединению и обобщению принятых сигналов фактически сводят на нет все ее большие потенциальные возможности к восприятию.

Из множества свойств, характеризующих явление или предмет, ЭВМ воспринимает очень немногие – только те, на которые она настроена. Узкая избирательность «входа» является существенным недостатком машины.

Сенсорный же «вход» человека весьма широк: человек способен мгновенно воспринимать целые комплексы самых разнообразных признаков предмета, представленных сигналами различных модальностей (зрительный, слуховой, тактильный и пр.), а значительные способности человека к обоб-

щениям открывают перед ним неограниченные возможности выявления множества новых признаков и связей, существующих между сигналами.

Процесс восприятия (вначале как физическое раздражение, затем формирование перцептивного образа отражаемого объекта, его трансформация с позиции задачи) позволяет человеку приспосабливаться в процессе восприятия отдельно на каждый признак, что обеспечивает его гибкую адаптацию к полному отражению объекта. К тому же человек способен оценивать и тенденции изменения состояния объекта, воспринимать его по косвенным признакам. Он может легко преодолеть трудности при восприятии неопределенной информации, может успешно оценивать показатели вероятностного порядка.

Человеку присуща константность восприятия (размеры, форма, цвет), позволяющая ему, независимо от условий предъявления объекта (его удаление, расположение в поле зрения, освещения), узнавать данный объект. Машина на такое восприятие не способна.

2. Общий объем человеческой памяти исчисляется в сотнях миллионов единиц информации. Память современных ЭВМ по своему объему в общем уже приближается к предельным возможностям человека. ЭВМ способна сохранять такое количество однотипных данных о работе системы, какое не способен запомнить человек. В то же время в памяти человека каждый показатель работы системы включен в такое число различных связей, какое пока не способна учитывать ни одна машина. Преимущества машинной памяти проявляются лишь при хранении однотипных данных, на которые рассчитана машина, преимущества же человеческой памяти – в хранении большого числа связей.

Следы в машинной памяти можно стирать, а из памяти человека даже уже не нужные данные убрать невозможно. В то же время человек способен забывать необходимые для управления сведения, а машина сохраняет в памяти всю введенную информацию.

3. Сопоставляя возможности мышления человека с некоторым аналогом этого процесса в машине, следует учитывать условность применения термина «мышление» к машине. Психический процесс мышления у человека заключается в субъективном отражении предметов и явлений в их существенных признаках и взаимосвязях.

Низкие интегральные возможности восприятия и памяти машин, их недостаточная гибкость и пластичность в этих процессах определяют и низкие способности машин к воспроизведению процессов мышления. Машина не может располагать таким количеством различных программ преобразования и объединения информации, какими располагает человек, она не способна решать задачи высокой неопределенности, с какой справляется человек. Однако при решении отдельных задач с большим числом однородно и сложно взаимосвязанных данных машина значительно превосходит человека.

Поскольку в технических системах «человек – машина» возникает обычно много подобных задач, то это обстоятельство способствует широкой замене человека машиной.

4. По моторным функциям, таким как скорость, быстродействие, точность, сила современные машины безусловно превосходят человека. Машины способны обеспечивать точное отслеживание регулируемых параметров как по величине и скорости их изменения, так и по производным высших порядков. На это в общем не способен человек. Машины располагают значительным запасом энергии. Однако моторный «выход» машины ограничен только определенным набором ответов, человек же способен использовать значительно большее число вариантов ответных действий. Таким образом, «выход» человека, как и его «вход», значительно более пластичный и гибкий, чем у машины. В зависимости от задачи человек может использовать самые разнообразные комбинации, имеющиеся в его распоряжении ответных действий, какие практически невозможно предусмотреть в машине (роботы).

5. Человек в системе управления выступает в виде компонента, способного к высокой степени самоорганизации на различных уровнях. Движимый имеющейся у него целью, он постоянно контролирует и прогнозирует ход процесса, ее достижения, реализуя свои широкие функциональные возможности и используя резервы для преодоления препятствий на этом пути.

Современные автоматические устройства в некоторой степени способны к самоорганизации и использованию накапливаемого в их памяти «опыта» для улучшения отдельных показателей своей работы. Но эти возможности у них ограничены и невысоки. В случае возникновения «трудностей» в работе технического звена (условий, при которых его работа не предусмотрена) она прекращает свою работу, либо результат ее действий оказывается бессмысленным для системы.

Человек же в подобных случаях, как правило, изыскивает пути к сохранению нормальной работы системы и к достижению цели.

6. Как человек, так и машина в системе управления подвержены многообразным воздействиям внешнего и внутреннего порядка. Однако характер этих воздействий принципиально различный. Человек быстро устает, нуждается в периодическом отдыхе, он не способен длительное время сосредоточивать внимание на определенном объекте и может отвлекаться, он чувствителен к различным стрессовым ситуациям, подвержен влиянию разнообразных субъективных факторов. Всех этих недостатков нет у машины – она терпеливо и безумно решает свои задачи. Однако у нее имеются собственные недостатки: машина чувствительна к магнитным и электрическим полям, к внешней температуре.

Человек способен противостоять большинству внутренних нарушений, возникающих в организме, и сохранять при этом требуемые показатели функционирования системы. Нарушения же в работе технических устройств, как правило, ведут к нарушению работы всей системы.

На основании проведенного сопоставления возможностей в системе управления человека и машины можно сделать следующие обобщения:

На человека в системе АСУ следует возлагать выполнение следующих функций:

- распознавание ситуаций в целом по ее многим сложно связанным

характеристикам, а также при неполной информации о ней;

- интуитивное мышление, т.е. осуществление обобщений на основе отдельных фактов, особенно при неполной информации о задаче;

- решение задач, в которых отсутствует алгоритм или нет четко выраженных правил переработки информации;

- решение задач, в которых требуется гибкость и приспособляемость к изменяющимся условиям, особенно задач, которые заранее трудно предвидеть;

- решение задач высокой ответственности, в которых велика цена ошибки.

Машине целесообразно поручать следующие функции:

- выполнение всех видов математических расчетов, поскольку машина отличается быстродействием и точностью;

- выполнение однообразных, повторяющихся операций согласно заданному алгоритму;

- хранение в памяти большого объема однородной информации для использования ее при машинных расчетах и быстрой выдачи по запросу оператора;

- решение задач, требующих решений для частных случаев, полученных на основе общих правил;

- выполнение действий, требующих быстрой реакции на команду.

2.3.1 Распределение функций между человеком и машиной

Принцип распределения функций между человеком и машиной в системе АСУ заключается в том, чтобы распознать, в какой мере та или иная функция в АСУ является «человеческой» и в какой – «машинной». Такое распознавание осуществляется на основе специальных принципов:

Принцип преимущественных возможностей, логически вытекает из приведенного выше сравнения возможностей человека и машины: кто способен лучше выполнить данную задачу, тому и следует её поручить. Однако результаты выполнения любой задачи, возникающей в АСУ, характеризуются несколькими показателями.

Можно говорить о ряде показателей функционирования самой системы (точности, быстродействия, надежности), можно говорить и о стоимости этих результатов, и об их экономической эффективности. Причем по одним результирующим показателям преимущество может оказаться на стороне человека, а по другим – машины.

Поэтому данный принцип требует предварительного выбора определенных показателей, по которым оцениваются преимущества, - показателей, наиболее существенных при создании данной системы.

Принцип максимализации показателей всей системы «человек – машина» предусматривает такое распределение функций между человеком и машиной, при котором достигаются высокие показатели работы не отдельно человека или машины, а общего результата их совместного действия в системе. Этот принцип раскрывает как бы единый со стороны как человека так

и машины подход к достижению общей цели, на разрешение единой задачи как совместные партнеры, а не соперники в системе. И здесь тоже существуют критерии предпочтения: наиболее существенными критериями чаще всего считают «достижение максимального уровня тактико – технических данных с минимальными затратами времени и средств».

Принцип оптимизации информационного обмена в системе АСУ предусматривает такое распределение функций между человеком и машиной, при котором объем информации, поступающей к человеку и к машине, а также скорость её предъявления соответствует их возможностям по её восприятию и переработке, учитывая их загрузку в данный момент в системе управления.

Данный принцип предусматривает не просто создание оптимальных условий для восприятия, переработки и дальнейшей выдачи информации отдельно для человека и отдельно для машины, а оптимизацию общего информационного потока, циркулирующего в системе управления.

Принцип взаимного дополнения и резервирования человека и машины предполагает использование для решения отдельных задач, возникающих при работе системы АСУ, их совместных возможностей, а в случае необходимости и перераспределения между ними отдельных функций по ходу работы.

Внедрение в современные системы «человек – машина» средств и систем технического контроля за показателями жизнедеятельности оператора и его действиями открывает возможности разработки систем с адаптивным приспособлением машины к возможностям и состояниям человека. Такие системы могут отфильтровывать ошибочные действия оператора, включать техническое резервирование человека в случае возникновения у него затруднений, менять форму представления информации, её содержание в зависимости от его состояния и пр.

Принцип ответственности предусматривает учет при распределении функций между человеком и машиной степени ответственности разрешаемых задач. Введение этого принципа обусловлено, с одной стороны, ограниченной надежностью технических устройств; с другой – широтой и гибкостью приспособительных возможностей человека, его способностью находить оптимальное решение при неполноте информации и в непредвиденных ситуациях.

Основанием введения этого принципа является также способность человека к сохранению в изменяющихся условиях заданной надежности, а также его способность более надежно разрешать задачи более высокой важности и ответственности.

Исходя из этого принципа, наиболее ответственные задачи в системе АСУ следует возлагать на человека.

Принцип активности и удовлетворенности оператора исходит из положения о том, что человеку свойственно стремление к активному самопроявлению в деятельности, к самоутверждению на основе результатов своего труда. На основании этого принципа при распределении функций между че-

ловеком и машиной следует стремиться к передаче машине всех рутинных и нетворческих задач и обеспечению человека главным образом творческими задачами. Выполнение этого принципа обусловлено и реальными обстоятельствами: все однообразные, нетворческие задачи обычно легко поддаются алгоритмизации и поручаются машине; тогда как творческие задачи, требующие активности оператора, использование его резервных возможностей остаются у оператора. Приходится также учитывать, что иногда выполнение человеком управляющих функций связано с опасностью для его здоровья и жизни. В подобных случаях следует, независимо от других факторов, передавать эти функции машине.

Принцип легкости обучения оператора требует, чтобы при определении функций человека учитывался фактор затрат средств и времени, необходимых для отбора и подготовки операторов.

2.4 Познавательные действия

Специализация и дифференциация трудовой деятельности привели к тому, что функции работающего человека-оператора нередко ограничиваются преимущественно сферой восприятия, в результате чего процессы обнаружения, идентификации, опознания, информационного поиска, перекодировки, кратковременного хранения и передачи информации, принятия решения выступают в трудовом процессе как самостоятельные целенаправленные действия. Особенно это касается операторов АСУ.

Рассмотрим некоторые аспекты наиболее широко используемых процессов восприятия, памяти и мышления у человека. Ранее было показано большое значение образа ситуации или образа действий, руководствуясь которым человек осуществляет целенаправленные действия. Не менее важную роль понятие образа играет и при изучении восприятия, мышления и памяти.

Информационная модель реальной обстановки в системах “СЧМ” должна быть предварительно проанализирована оператором, он должен построить собственную образно-концептуальную модель (ОКМ) ситуации, принять решение и лишь затем осуществить исполнительное действие. Таким образом, целесообразное действие оператора, как правило, не осуществляется по схеме немедленного обслуживания. Оно осуществляется по схеме отсроченного обслуживания, то есть когда в интервале между воздействием и ответным действием системы “СЧМ” имеет место преобразование явлений в информационной модели, достигаемое техническими средствами, и преобразование этого явления в образно - концептуальной модели, достигаемое психологическими средствами.

Информационные образно - концептуальные модели выступают, конечно, как искусственные образования, позволяющие облегчить решение задачи управления сложными явлениями, процессами и т.п. Для понимания процессов формирования образно - концептуальных моделей, а также процессов преобразования, осуществляемых оператором с целью информационной подготовки и принятия решения, следует познакомиться с отдельными

психологическими действиями человека на этапах восприятия, памяти, мышления.

На информационной панели АСУ оператор воспринимает зрительный образ объекта управления, и далее, включая память и мышление соответственно, осуществляет исполнительный акт воздействия на систему управления, согласно программе задания.

Каждый человек имеет и хранит в голове множество образов самых различных пространств: комнаты, улицы города и т.д. Некоторые люди свободно ориентируются в микроскопическом пространстве, другие - в космосе и т.д. Образы внешнего окружения, как правило, включают в себя и “схему тела”. Схема тела – это обобщенное представление человека о своём теле – его контуре, габаритах, его границах, о его ориентации и состоянии движения в окружающем пространстве.

В восприятии так же, как и при регуляции движений, осознаётся в первую очередь предметное содержание, соответствующее смысловой стороне стоящей перед субъектом задачи. Для оператора это усложняется ещё и тем, что объекты, ситуации, события представлены в информационных моделях в закодированном виде (яркость, буквенно-цифровая информация, точки, линии на плоскости средств отображения). Операторы должны в этих случаях как бы восстанавливать ситуацию согласно предписанию управления – на что, естественно, уходит время, и появляются определённые трудности.

Сложность многих профессий, связанных с процессами восприятия, то есть приёмом и передачей информации, состоит в том, чтобы обнаружить в запутанной неясной картине отчётливые признаки определённых физических событий, то есть построить опять же образ этих событий, имеющих предметное значение, которое затем могло бы быть переведено в символическую или словесную форму. Согласно современным представлениям, восприятие представляет собой совокупность процессов, обеспечивающих субъективное и адекватное отражение действительности. Адекватность образа достигается благодаря тому, что при формировании образа восприятия происходит уподобление воспринимающих систем свойствам воздействия (настройка). Воспринимать - это, значит, решать задачу, создавая адекватное отражение ситуации. Восприятие – это активный, динамичный, регулируемый задачами деятельности процесс, обладающий механизмами обратной связи и предвосхищаемый особенностями обследуемого объекта.

Активность восприятия - это, прежде всего, реакция-движение рецепторных аппаратов и перемещений тела или его частей в пространстве. К рецепторным аппаратам относятся зрение, слух и т.д.

Движения (реакция) включают в себя:

Поисковые и установочные движения глаз в наиболее удобную для восприятия позицию и изменение этой позиции. Сюда же относится и движение головы, к примеру, на внезапно раздавшийся звук. Эти движения создают наиболее благоприятные условия для восприятия объекта, иногда участвуют в определении его пространственного положения.

Второй класс этих движений – собственно - гностические движения. Происходит оценка размеров, опознаются уже знакомые объекты, осуществляется сам процесс построения образа.

Важным свойством восприятия является возможность перестройки образов, возникающих в голове, и моделей внешнего мира. Один и тот же объект может быть прототипом разных моделей. Но в процессе их формирования они уточняются, из объекта извлекаются дополнительные признаки и свойства, что приводит, в конце концов, к тому, что мир воспринимается таким, как есть он на самом деле.

Важную роль в восприятии играет формирование эталонов, признаков, которые соответствуют не единичным свойствам окружающей действительности, а системам общественно выработанных сенсорных качеств (шкала музыкальных звуков, “решётка фонем” родного языка, система геометрических фигур и т.п.)

Результат индивидуальной деятельности человека по усвоению сенсорных эталонов, носит название оперативных единиц восприятия.

Оперативные единицы восприятия представляют собой компактные целостные семантические образования, формирующиеся в результате профессионального обучения и создающие возможность практически одномоментного, целостного восприятия объектов и ситуаций независимо от числа содержащихся в них признаков.

Развитие восприятия приводит к созданию у человека достаточно ёмкого алфавита оперативных единиц восприятия, то есть определённой совокупности схем, моделей окружения окружающего мира.

Следует отметить, что зрительная система, участвующая в основном в процессе восприятия окружающего мира, обладает ярко выраженной манипулятивной способностью. Способность манипулировать образом позволяет нам воспринимать стабильными и константными предметы, видимые под различным углом, с разного расстояния, в условиях относительного перемещения в поле зрения.

Восприятие зрительного образа объекта в традиционных исследованиях выявлялось через три-четыре фазы этого процесса.

На первой фазе ответы испытуемого характеризовались так: восприятие отсутствует, диффузный фон, смутное чувство наличия формы и т.п.

На второй фазе: аморфная форма, наличие линий, отдельные детали, упрощается форма (без деталей), дополнение воспринятого и т.п.

На третьей фазе: узнавание, уверенное восприятие формы, идентификация, интерпретация.

Восприятие объектов во времени происходит примерно в следующей последовательности:

Сначала осуществляется процессы локализации объекта в трёхмерном пространстве, а также оценка его размеров. На решение этих задач уходит примерно 50 мс.

При решении на второй стадии задач восприятия происходит оценка временной последовательности событий, на что тратиться ≈ 100 мс. За это же

время происходит процесс восприятия светлоты объекта и параметры его движения.

Наконец, третья стадия задач восприятия процесса - восприятие формы объекта. В течение 100...150 мс с момента предъявления стимула объект выступает в восприятии сначала как бесформенное образование. Требуется 200...300 мс, чтобы форма была воспринята как инвариантное целое, сохраняющее взаимное расположение своих частей во время разнообразных движений, наклонов, поворотов объекта в пространстве.

Таким образом, в процессе восприятия характеристик предметов отчетливо выделяются две самостоятельные стадии: на первой, более быстрой стадии происходит оценка общих очертаний, ориентация предметов в пространстве; на второй – оценка спецификаций внутренних деталей объекта.

2.5 Информационная подготовка решения

Итак, после восприятия окружающей обстановки у оператора возникает задача принять верное решение на соответствующее информационное представление системы «человек – машина» (СЧМ).

Практическое поведение системы СЧМ и её функционирование протекает в условиях, когда имеется большое число динамических и взаимосвязанных факторов, создающих в своей совокупности большую неопределенность в выборе оптимального действия.

Система СЧМ, как правило, работает в режиме реального времени и всегда в условиях его дефицита. Наконец, СЧМ работает ещё и в условиях изменяющейся внешней обстановки.

Поэтому СЧМ, основным звеном которой является человек, должна быть способна учитывать происходящие во внешней обстановке изменения, устанавливать (отображать) законы протекания этих изменений с целью их прогнозирования и приспособления к ним, либо парирования их. СЧМ (вместе с оператором) должна позволять создавать модель этих условий, или модель внешней обстановки и своего собственного состояния. Поскольку внешняя обстановка и состояние системы все время меняются, система СЧМ должна непрерывно строить, изменять, уточнять эти модели, причем адекватные, соответствующие конкретным задачам, т.е. приводить информацию к виду, удобному для принятия решения и осуществления правильных исполнительных действий.

Операторы, принимающие решения в этих ситуациях – это операторы, работающие в режиме оперативного мышления. Результатом оперативного мышления или принятия решения в СЧМ является построение образа ситуации и построение последовательности действий с управляемыми объектами, посредством которых наличная ситуация переводится в желаемое (соответственно программе управления) состояние.

Оперативное мышление тесно связано с практическим мышлением – т.е. решение должно быть положительным и наилучшим в данных конкрет-

ных условиях; решение должно быть конкретным; решение должно быть ограничено во времени.

При оперативном мышлении и принятии решения большое внимание уделяется интуиции человека – способности быстро разбираться в сложных ситуациях и почти мгновенно находить правильное решение.

Таким образом, информационная подготовка решения – это совокупность действий и операций оператора по приему и обработке информации о внешней среде, о состоянии системы управления, о ходе управляемого процесса, а также различной вспомогательной и служебной информации.

На *первом* этапе в ходе осуществления этих действий и операций, к числу которых относятся процессы информационного поиска, обнаружения, идентификации, опознания, перекодировки и трансформации всей информации, представленной на средствах отображения, оператор на первой стадии строит образную модель ситуации. Эта стадия деятельности характеризуется тем, что информация переводится на язык образов, схем, оперативных единиц восприятия информации и т.п., которыми владеет оператор.

Дальнейшая обработка информации осуществляется на языке собственной образной модели оператора.

На *второй* стадии оператор анализирует и сопоставляет ситуацию с имеющейся у него или специально представленной системой оценочных критериев и мер, которые определяют характер и направленность предпринимаемых мер по разрешению ситуации. Все это уже вполне сознательная работа.

На *третьей* стадии происходит напряженная работа над решением проблемы управления. Она протекает в виде целенаправленных действий в виде неосознанных и автоматизированных операций. На этой стадии большой вес занимают зрительно – пространственные движения и манипуляции элементами проблемной ситуации и ситуации в целом.

По мере оперирования создается в голове оператора и в реальности более полное представление о предметном содержании ситуации, возможных направлениях её развития. В результате решения могут возникать новые модели и образы решения задачи, новые визуальные формы. Часто этот тип деятельности называют визуальным мышлением. На этой стадии информационная подготовка решения переходит в процесс принятия решения.

Наконец, *четвертая* стадия – собственно принятие решения и реализация решения – стадия исполнительных действий.

В процессе решения задач информационной подготовки решения в зависимости от сложности задачи число и тип преобразований информации меняются, что явно отражается и выражается на длительности зрительных фиксаций. Это значит, что оператор при решении задач обладает способностью настраиваться на сложность информационного поля (сложные задачи, как правило, дольше решаются, разглядываются и т.д.).

Психологически перечисленные фазы информационной подготовки при решении операторских задач могут быть интерпретированы следующим образом.

На первых двух фазах осуществляются ознакомление с элементами ситуации и анализ свойств и отношений элементов. Иными словами эти фазы ответственны за построение модели проблемной ситуации.

Третья фаза может рассматриваться как фаза опознания ситуации, направленная на формирование и оценку пригодности программы действий при решении задачи.

Последняя фаза строится на основании ряда правил и способов деятельности, усвоенных в процессе обучения. На этой фазе осуществляется выбор варианта из ряда стандартных вариантов решения. Иногда в трудных случаях, на основе манипулирования и преобразования информационной модели может быть построена совершенно новая модель и новый вариант решения задачи, не предусмотренный в программе управления данной ситуацией.

2.6 Исполнительные (перцептивно-моторные) действия человека.

Исполнительное или управляющее действие в эргономике – это приобретённое в результате обучения и повторения умение (навык) решать трудовую задачу, оперируя орудиями труда (ручной инструмент, органы управления и т.п.) с заданной скоростью и точностью.

В зависимости от вида трудовой деятельности весомость исполнительных действий может быть весьма различна. Эти действия могут совершаться либо эпизодически, либо занимать всё рабочее время.

Для эргономического обеспечения исполнительных действий долгое время было достаточно представлений о двигательных навыках как об автоматических, стереотипных реакциях, возникающих при многократном повторении сенсомоторных и кинестетических актов.

Однако в условиях современного производства стереотипы трудовых действий постепенно уступают место выполнению целесообразных, разумных, произвольных исполнительных действий. Во многих видах трудовой деятельности всё чаще требуется защита от автоматизма, от импульсивных, рефлексорных реакций. Ошибочные действия, иногда приводящие к аварийным ситуациям, нередко происходят потому, что человек не успел, а потому он поторопился.

Это справедливо и по отношению к станочнику, и по отношению к лётчику. Современное механизированное и автоматизированное производство требует от человека выполнение не только заученных, усвоенных действий, но и действий, беспрецедентных, которых необходимо не вспоминать, а построить заново в возникшей ситуации.

Адаптация к реальным условиям особенно трудна, если выполнение действий требует совершенной сенсомоторной координации. Ярким примером подобных ситуаций может быть деятельность космонавтов. Не меньшую психическую нагрузку вызывает необходимость осуществления исполнительных действий в условиях задержанной обратной связи о результативности выполнения действия (луноход, супертанкер, роботы, технологические

операции сборки интегральных микросхем и т.д.). Многие исполнительные действия операторов-манипуляторов, технологов и т.п. требуют высокой пространственной и временной точности, повышенной напряжённости, прецизионных, тонкокоординированных двигательных актов, временной интервал может достигать 60-80 мс.

Исследователи разрабатывают для сложных двигательных задач структурный, целостный подход, ориентированный не только на усвоение, но и на построение движений, действий, моторных программ и схем. Тщательный анализ рисунка даже многократно повторяющихся в одной и той же ситуации движений свидетельствует об их уникальности и своеобразии. Действительный анализ моторного акта показывает, что его динамическая ткань неповторима как отпечаток пальца. Учёными неоднократно подчёркивалась роль даже “чувствования” движения.

Анализ кинематических характеристик точных движений рук привёл к заключению, что существует фаза движений, независимая от зрительной обратной связи, фаза, определяемая первоначальной программой. Наряду с этой фазой существует и фаза, совершаемая с учётом зрительной обратной связи и обеспечивающая точностные характеристики движения.

Анализ многочисленных данных приводит к заключению, что в человеческом поведении нет моторных программ, выполняющих движения без обратной связи. Моторная программа представляет двигательным системам все детали работы, необходимые для достижения этой цели. Если же появляется необходимость изменить цель движения в связи с происшедшими изменениями в окружающей среде, то программа продолжает выполняться по-прежнему в течение некоторого времени (около 150 мс), пока движение не перестроится на достижение новой цели.

В случае быстрого движения (≈ 200 мс) двигательный акт выполняется под полным контролем так называемой “вызывающей” памяти, в которой программа заранее определяет все детали движения. В случае медленных движений движение производится сразу с использованием “вызывания” и “узнавания”. Роль вызывающей памяти здесь заключается в производстве небольших уточняющих движений; а основным фактором, определяющим точность выполнения задания, является сравнение ожидаемой и действительной обратной связи.

Таким образом, представления о моторной программе и об обратной связи являются центральными в объяснении сложных координированных движений человека; хотя современные исследователи обращают внимание ещё и на роль сенсомоторного образа, возникающего в процессе действия с предметом. Не случайно, ещё И.М.Сеченов высказывал мысли о том, что “чувствования” служат источниками движений не прямо, а через психику, то есть через “образ”, который сам является не менее динамичным, чем регулируемое им движение.

Выполнение исполнительных двигательных задач ещё и сопровождается ориентировочно-исследовательским движением глаз. Функция ориентировочно-моторного образа пространства и планирования движения руки вы-

полняется по всему маршруту. Это возникающее по мере выработки двигательного навыка, так называемое “афферентирующее” движение глаз состоит из движения глаз, прослеживающих движение руки и далее попеременно опережающие движения руки скачка - взгляда на цель и обратно и т.д. Функция афферентирующих движений состоит в сличении, контроле, коррекции и установлении масштабного соответствия заданной программы с реальной задачей.

2.7 Факторы деятельности, вызывающие утомление

В процессе производственной деятельности оператор претерпевает многочисленные как внешние воздействия, так и внутренние переживания. Основным фактором, вызывающим утомление участвующего в рабочей деятельности человека, является интегральная экстенсивностная напряженность этой деятельности (нагрузка). Помимо абсолютной величины нагрузки на степени развития утомления сказывается еще ряд факторов, среди которых необходимо выделить следующие:

- 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:

1) микроклимат; 2) использование техники; 3) нарушение режима труда и отдыха.

К первой группе относятся факторы: 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 такие: изменение состава воздуха - загрязненность его различными газами (например, продуктами неполного сгорания топлива и др.); действие механических сил, ведущих к виб-

рации, тряске, ускорениям; воздействие электромагнитных колебаний, шумов и ультразвука; изменение освещенности; неудобство рабочей позы и многое другое.

Наконец 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; непродуманное планирование работы и отдыха.

На развитие утомления сильно влияют эмоциональные факторы, выраженность и время наступления утомления человека, его общего и специального физического развития 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 большинстве случаев определяется развитием сенсорной напряженности.

Сказанное 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 так называемая 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, вернее, оценки характера реакции организма на информационную структуру рабочего процесса управления является критерий адекватности. Такие напряженные состояния оператора были условно названы состоянием адекватной мобилизации и состоянием 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 вопрос: поскольку внешние признаки стадии адекватной мобилизации очень близки к той стадии работоспособности, которая была описана как фаза компенсации, то не является ли такое разделение искусственным? Конечно, 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 конце ее.

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.

Состояние динамического рассогласования. 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 работоспособно-

сти 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 основании 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 проявлялось более устойчивым, когда операторы находились в состоянии адекватной мобилизации, им предлагался тест на предмет запоминания шести цифр. В состоянии динамического рассогласования один из них мог запомнить только четыре цифры, а другой - лишь две.

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.

2.8 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 является как бы коррекцией, вносимой человеком в ответ, определяемый только информационной структурой раздражителя. Например, можно установить закономерное усиление эмоциональных состояний по мере возрастания цены решения. Доказано, что при фиксированной цене решения имеется прямая связь степени эмоции от величины энтропии, остающейся к моменту необходимой выдачи решения (недостаточность информации как эмоциогенный фактор по П.В. Симонову).

Это положение делает понятным и ту 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.

Из сказанного становится также ясно, что любой вид сознательной человеческой деятельности всегда в той или иной мере связан с развитием эмоциональных состояний.

При изучении эмоциональных реакций следует отчетливо различать две его формы: эмоциональное напряжение и эмоциональную напряжен-

ность. 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 ту 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.

Факторы, определяющие развитие эмоциональных состояний. На основании данного представления о сущности эмоциональных реакций становится ясным, что их развитие определяют две группы факторов: внешние и внутренние.

Внешние эмоциогенные факторы. К ним относятся прежде всего так называемые экстремальные факторы, т.е. такие, физические или информационные характеристики которых 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 эмоциогенные факторы. Сами по себе эти факторы не являются эмоциогенными, они лишь придают тому или иному внешнему фактору необходимую степень эмоциональности. К этим факторам относятся такие, как характеристики нервной деятельности, темперамент, уровень тревожности, фригидность личности, и т.п. - они, как правило, определяют уровень реакции.

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.

Если мы имеем дело с эмоциональной напряженностью, то здесь позиция становится иной, это состояние явно неблагоприятное, и все усилия должны быть направлены на перевод этого состояния в состояние эмоционального напряжения.

2.9 Деятельность оператора с информационными моделями

В ряде случаев существует большое число ситуаций, когда требуемая точность непосредственного наблюдения и оценки деятельности человек-оператор непосредственно при восприятии предмета труда или рабочего процесса, превосходит разрешающую способность органов чувств человека.

Для повышения точности непосредственного наблюдения стали использовать различные датчики, информация с которых поступает в аналоговой или дискретной форме, через, как правило, преобразователи (различные усилители, АЦП и т. п.) на пульт индикации. Приборная информация предъясняется оператору в более удобной для восприятия форме, однако человек начинает иметь дело не столько с непосредственно наблюдаемым (рабочим) явлением, сколько с инструментально измеренными свойствами предмета труда. По мере того как человек все больше удаляется от предмета труда в силу невозможности или опасности его непосредственного наблюдения, все шире стали использовать разнообразные средства дистанционного контроля и управления (СДУ), специальные средства отображения информации (СОИ). Эти средства отображения информации предназначены для представления оператору состояния объекта управления или его параметров, ход технологического процесса, наличие энергоресурсов, состояние средств автоматизации, каналов связи и пр. Эти данные предъясняются человеку в количественной, качественной, и в том числе картинной форме. Внедрение систем дистанционного контроля и управления привело к тому, что средства отображения информации (СОИ) стали в ряде случаев единственным источником информации об управляемом объекте, рабочем процессе и о состоянии самой СДУ или СЧМ.

Операторы таких систем действуют не с реальными объектами, а с имитирующими их образами, т. е. с информационными моделями (ИМ) реальных объектов.

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

Существует общепринятое положение о том, что слишком абстрактная модель бесплодна (бесполезна), а слишком детальная вводит в заблуждение. Объем информации, включенный в модель, и правила её организации должны соответствовать задачам и способам управления. Физически информационная модель реализуется с помощью разнообразных средств отображения информации (СОИ).

Наиболее существенной особенностью деятельности человека с информационной моделью является необходимость соотнесения сведений, получаемых посредством наблюдения приборов, экранов, мнемосхем, табло и т. п. как между собой, так и с реальными управляемыми объектами. Собственно, на процедурах соотнесения этих сведений строится вся деятельность оператора.

Отсюда понятно, что построение адекватной информационной модели является одной из важнейших эргономических и инженерно-психологических задач конструирования системы управления в целом.

В работе по созданию информационных моделей, предшествующей выбору технических средств её реализации, т. е. СОИ, необходимо руководствоваться следующими эргономическими требованиями:

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

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

- по форме и композиции: информационные модели должны соответствовать задачам по приему и анализу управляющих воздействий.

Всесторонний учет этих требований в процессе проектирования обеспечивает необходимую оперативность и точность трудовой деятельности человека, и эффективное выполнение функций системой “С-Ч-М”.

Информационные модели современных СЧМ в большинстве случаев адекватно отражают объекты управления и состояние системы управления.

Тем не менее работа оператора с ними часто не удовлетворяет требованиям оперативности и точности.

Операторы часто сталкиваются с трудностями, которые являются результатом того, что конструктор исходил из неправильных или неполных представлений о возможностях человека по приему и переработке информации. С этим связаны такие просчеты, как неудачный выбор системы кодирования, предъявление слишком больших объемов информации или слишком быстрая её смена, иногда игнорируются элементарные психофизиологические требования.

Главная причина этого заключается в том, что основу информационной модели нередко составляет система взаимосвязей реального объекта, не учитывающая специфических особенностей психологической структуры работы человека с этим объектом.

Предметное содержание деятельности оператора весьма многообразно. Это разнообразие мы уже отмечали в классификации АСУ.

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

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

Эргономика и инженерная психология изучают и проектируют именно психологическое содержание деятельности оператора с информационными (и исполнительными) моделями. В инженерной психологии часто употребляют термин "взаимодействие" человека с АСУ. Это как раз то информационное взаимодействие, информационный обмен, когда речь идет о диалоге человека и машины. Надо предполагать, что в диалоговом взаимоотношении человека и машины в АСУ оператор имеет значительно большую свободу оперирования с информационной моделью и принятием решения.

Проблематика психологического анализа и содержания деятельности оператора связана с содержанием, формой постоянных и оперативных образно-концептуальных моделей (ОКМ), реальной и прогнозируемой обстановки, самой системой АСУ, проблемных ситуаций, возникающих в процессе деятельности, включает в себя также систему оценки ценностей, оперативные способности, общее представление о времени и пространстве и определенный индивидуальный способ взаимодействия оператора с внешним миром.

Сложность рационального определения (и проектирования) деятельности оператора в системе "Ч-М" состоит в том, что его включают, как правило, в систему АСУ для выполнения таких функций, применительно к кото-

рым часто невозможны четкие и однозначные инструкции и правила. При этом оператору поручается выполнение и контроль наиболее важных и ответственных функций в системе. От оператора требуются разумные действия в непредвиденных обстоятельствах, зачастую в условиях недостаточной информации. Работа оператора, как и системы АСУ в целом, протекает в реальном масштабе времени, что налагает особые требования к её скорости и точности.

Проблемы оптимизации проектирования деятельности операторов с информационными моделями, разработка требований к информационным моделям, пути формирования постоянных и оперативных образно-концептуальных моделей (ОКМ) ситуаций все время находятся в центре внимания специалистов в области эргономики, инженерной психологии, техники отображения информации.

Значительное усовершенствование качества предъявления информации, достигнутое за последние пятнадцать лет, привело к уменьшению отдельных исследований (к примеру, восприятия знаковой и буквенно-цифровой информации); однако актуальность самого существа деятельности операторов АСУ ещё более возросла, т. к. это связано с постоянно растущей сложностью и многообразием отображаемой в моделях реальности. Учёт указанных обстоятельств, в которых протекает реальная деятельность оператора, требует ещё более интенсивного изучения мотивационных, целевых, личностных аспектов, перцептивной и мыслительной деятельности человека.

Именно поэтому деятельность оператора нередко называют творческой, и поэтому сложна оценка эффективности деятельности операторов СЧМ, сложно решение задач оптимизации и проектирования деятельности операторов.

Опыт разработки и эксплуатации информационных моделей (ИМ), а также специальный анализ деятельности операторов с ИМ позволяет сформулировать ряд важнейших характеристик информационных моделей.

1. В информационных моделях (ИМ) представлены лишь те свойства, отношения, связи управляемых объектов, которые существенны, имеют определенное значение. В этом смысле ИМ воспроизводит действительность в упрощенной форме. Степень и характер такого упрощения могут быть определены на основе анализа задач СЧМ в целом и анализ задач операторов СЧМ.

2. Модель должна быть наглядной, т. е. оператор должен иметь возможность воспринимать сведения быстро и без кропотливого анализа, тогда ему не потребуется много времени на информационную подготовку решения, включающую стадии формирования ОКМ и формирования в некоторых случаях проблемной ситуации. ИМ может быть наглядной в разных смыслах: в одном случае дает наглядное представление о таких свойствах управляемых объектов как расстояние между ними, или принадлежность к какой-либо территориальной группе; в другом случае другие свойства отображает, например, принадлежность к одному и тому же типу или состоянию.

Наглядность ИМ для оператора не всегда достижима, т.к. некоторые объекты управления, их свойства и взаимосвязи сами по себе не обладают наглядными признаками. В этих случаях приходится решать задачи визуализации понятий.

3. Одним из важных средств достижения легкой воспринимаемости, «читаемости» ИМ является правильная организация её структуры. Это означает, что в ИМ должны быть представлены не коллекция или набор сведений, так или иначе упорядоченных, а они должны быть и находиться в определённом и очевидном взаимодействии.

При «хорошей» структуре (или гештальте) ИМ оператор быстро и правильно воспринимает ситуацию в целом. Отклонения от неё воспринимаются оператором как дополнительные проблемы, конфликты и заставляют его производить детальный анализ ситуации на ИМ с целью обнаружения источника конфликта и поиска путей его устранения.

Одним из средств достижения хорошей структуры ИМ является правильная компоновка ИМ, когда она не перегружена деталями, нарушающими целостное восприятие ИМ. Тут важно проектировщику ИМ обеспечить отбор того существенного и тех информативных данных, которые должны быть предъявлены оператору об управляемом объекте в целом и правильно.

4. Восприятие ситуации на ИМ облегчается, если в ИМ предусмотрено:

- отображение конкретных изменений свойств элементов ситуации, которые происходят при их взаимодействия. В этих случаях изменение свойств отдельных элементов воспринимаются не изолированно, а в контексте ситуации в целом, позволяют прогнозировать дальнейшее поведения АСУ;

- отображение динамических отношений управляемых объектов. При этом связи и взаимодействия ИМ должны отображаться в развитии. Допустимо отображение тенденции развития элементов ситуации, связей или ситуации в целом;

- отображение конфликтных отношений, в которые вступают элементы ситуации.

5. Информация об объектах управления в АСУ предъявляется оператору не в натуральном, а в закодированном виде. При этом особенно важно подобрать язык представления информации, который был бы понятен человеку и, позволяющий согласовать «входы» и «выходы» человека и машины. То есть, при построении ИМ надо найти наиболее эффективный код, т.е. ту систему символов (алфавит), с помощью которого предъявляются сведения об управляемых объектах. Этот выбор кодирования тесно связан с возможностью быстрого осмысливания предъявляемой оператору информации.

6. Объем информации, предъявляемой оператору, чтобы он его хорошо усвоил, не может быть задан произвольно. Он должен быть определён для данных условий работы, или на основе имеющихся количественных оценок работы оператора, или путем эксперимента. Этот объем информации вместе с избранной системой кодирования помогает составить проектировщику ИМ представление о степени сложности ИМ, которая допустима в данных

условиях. Степень сложности ИМ обусловлена главным образом требованиями оперативности.

Перечисленные характеристики свойств ИМ в процессе конкретного проектирования могут учитываться не в одинаковой степени, а в зависимости от доминирующей функции оператора (обнаружение, поиск, решение задач, исполнение и т.д.).

Таким образом, при построении ИМ для АСУ необходимо учитывать очень многое. Все требования указать практически невозможно, но можно предложить следующий порядок работы по построению ИМ:

- определение задач системы АСУ и очередности их решения;
- определение источников информации, методов решения задач, времени на их решения, требуемой точности;
- составление перечня типов объектов управления, определение их количества и других параметров работы системы АСУ, которые необходимо учитывать при решении задач;
- составление перечня признаков объекта управления разных типов, учет которых необходим при решении;
- распределение объектов и признаков по степени важности, выбор критичных объектов и признаков, учет которых необходим в первую очередь;
- распределение функций между автоматикой и оператором, в частности, определение:
 - числа уровней управления и степени сложности каждого из них с целью не превышения пропускной способности оператора;
 - типов информационных моделей на каждом уровне;
 - автоматического оборудования, необходимого при намеченной структуре системы.

Эти названные этапы процесса проектирования системы АСУ должны быть проделаны несколько раз, чтобы найти оптимальное решение.

Затем можно перейти к следующим этапам:

- выбор системы кодирования объектов управления, их состояний и признаков для ИМ различных уровней управления, оптимальной с точки зрения функции возможностей операторов;
- разработка общей композиции ИМ, обеспечивающей преимущественное выделение наиболее важных объектов и критических для работы системы АСУ состояний и признаков;
- определение системы исполнительных действий операторов, которые необходимо осуществлять в процессе решения задач АСУ (запрос информации, передача сообщений и т. д.);
- создание макета, моделирующего ситуацию и проверка на нем степени эффективности избранных вариантов ИМ и системы кодирования информации. Критерием эффективности при работе на макете служат время и точность работы оператора, которые должны соответствовать условиям усиленной работы системы в целом;

- изменение по результатам экспериментов композиции ИМ и систем кодирования и проверка эффективности каждого нового варианта;
- определение на макете требуемой степени подготовки операторов, способов обучения и оптимального режима работы операторов в системе АСУ в соответствии с требованиями к скорости и точности работы операторов;
- составление инструкции по работе оператора в данной системе управления.

После выбора оптимального варианта ИМ и системы кодирования информации можно начинать работу по инженерному проектированию средств отображения, позволяющих предъявлять оператору информацию в требуемой форме.

На всех этапах работы над конструированием ИМ должны совместно работать специалисты, связанные с созданием систем управления (АСУ): системотехники, математики, разработчики средств отображения, инженеры - психологи, эргономисты и т.д.

2.10 Пространственные характеристики зрительной информации

При проектировании и эксплуатации систем отображения информации (СОИ) с учетом рекомендаций эргономики и инженерной психологии рассматриваются три группы факторов:

1. Размещение СОИ на рабочем месте и в оперативных залах.
2. Оптимальные размеры знаков и их элементов в разных СОИ.
3. Оптимальная компоновка знаков на СОИ.

2.10.1 Размещение СОИ в оперативных залах.

Размещение СОИ в поле зрения оператора должно производиться с учетом оптимальных углов обзора и зон наблюдения.

При рассмотрении объектов сложной конфигурации оптимальный угол обзора в горизонтальной плоскости должен составлять $30...40^{\circ}$. Для надежного восприятия изображений со сравнительно простой конфигурацией знаковых индикаторов угол обзора может составлять $50...60^{\circ}$ и включать зону неясного различения формы (в пределах этого угла оператор замечает изменения на панели периферическим зрением, а для точного рассмотрения объекта переводит на него взгляд).

Предельный угол обзора при одновременном движении глаз и головы составляет 180° .

В вертикальной плоскости оптимальный угол обзора составляет $0...30^{\circ}$ (15° вверх и 15° вниз от линии взора). Максимальный угол обзора в вертикальной плоскости при повороте только глаз составляет 70° , при одновременном движении глаз и головы 90° вверх и 55° вниз от горизонтали.

В соответствии с ними проектируются высота и ширина индикаторных устройств, их пропорции, расположение оператора, углы наклона индикаторных устройств, взаимное расположение индикаторных средств на рабочих местах и СОИ коллективного пользования в оперативном помещении.

Общие требования к организации оптимальных зон наблюдения применимы и при размещении индикаторов на пультах. При одновременном наблюдении коллективных СОВ и индикаторов на рабочих местах, расположение телевизоров, дисплеев для сидящих операторов должно быть ниже линии зрения. Для оптимальных условий наблюдения плоскость лицевых панелей индикаторов должно приближаться к перпендикулярному расположению по отношению к линии зрения. Это достигается наклоном лицевых панелей. Пространственное размещение индикаторов невозможно без учета светотехнических характеристик индикаторов, и, прежде всего, коэффициента яркости, определяющего видимую яркость изображения.

2.10.2 Оптимальные размеры знаков и их элементов.

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

Оптимальный размер знака, предъявляемый на СОВ, рассчитывается с учетом яркости знака, величины контраста, вида контраста, сложности графического начертания знака, используемого цвета.

Допустимый размер букв и цифр с учетом только точности считывания на фоне других знаков составляет $35' \dots 40'$.

Для читаемости цифр необходимо выдерживать оптимальное соотношение основных параметров знака: высоты, ширины, толщины обводки.

Толщина линий знаков, в свою очередь, связана с использованием цвета как оптимального кода при отображении информации. Правильная идентификация цвета возможна только при размерах цветовых полей не меньше критических, за которыми происходит искажение цвета.

Размер знака в $35' \dots 40'$ и при коэффициенте контрастности $K > 60\%$ обеспечивает хорошую читаемость и различимость с введением основных кодовых цветов.

Взаимное расположение линий, образующих знак, в соответствии с показателями остроты зрения, влияет на читаемость знаков. Лучшими из начертаний цифр считается шрифт Макворта и шрифт Бергера.

Для алфавита условных знаков оптимальная величина знака, обеспечивающая наиболее быстрое и точное восприятие, зависит от сложности их конфигурации.

Для отображения знаковой информации часто используются электронно - лучевые трубки (ЭЛТ) специального назначения. Отображаемые знаки на ЭЛТ komponуются из дискретных светящихся элементов, либо способом точечных матриц или строчного изображения. Число точек и линий минимально равно 10.

2.10.3 Оптимальные характеристики компоновки знаков

В процессе обработки сигналов глаз совершает движения от объекта к объекту с их последующей фиксацией.

Содержательная обработка информации осуществляется в момент фиксации, движение же глаз обеспечивает последовательность обработки воспринимаемой информации. В соответствии с закономерностями этих двух этапов «поведения глаза» формулируется требование к компоновке знаков и их взаимному расположению в контролируемом пространстве.

Требования к компоновке знаков определяются величиной оперативного поля зрения и разрешающей способностью двигательной системы глаза.

Величина оперативного поля зрения ограничивает количество объектов для одномоментной (200...300 мс) переработки зрительной информации.

Разрешающая же способность глаза определяет плотность расположения объектов.

В практике отображения возможны два способа представления информации: организованное и хаотическое.

К организованному относят формулярный и табличный способы организации знаковой информации.

Формуляр – это объединенные в компактную группу буквы, цифры, условные знаки, кодирующие данные о контролируемом параметре объекта.

Количество знаков в строке формуляра не должно превышать 4...5. Общее число знакомест в формуляре оптимально составляет 12. Существует требование и к расстоянию между элементами в формуляре, интервалам между элементами и т.д.

Табличный способ представления информации заключается в распределении знаков по столбцам и строчкам, имеющим самостоятельное значение. Считывание нужных данных обеспечивается безошибочным определением координат информации, извлекаемой из таблицы.

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

Соответствие размерам оперативного поля зрения достигается делением общего поля таблицы разграничительными линиями, уменьшающими её однородность.

2.10.4 Яркостные характеристики зрительной информации

В оценку оптимального яркостного режима включается уровень яркости и его перепадов в поле зрения наблюдателя для достижения заданных показателей эффективности обработки зрительной информации.

Для оценки качества изображения на индикаторных устройствах нормируются значения контраста и интервала яркостей, необходимых для передачи заданного числа градаций яркости и обеспечения четкости изображения, а также уровень и интервал яркости для правильной передачи в изображении светлотных характеристик отображаемых объектов.

Иногда яркость изображения используется в качестве кода.

Оптимальной *яркостью* считаются те её значения, при которых обеспечивается максимальное проявление контрастной чувствительности – ведущей функции глаза. Показателем максимального проявления функции – являются минимальные значения порогового контраста, когда обеспечивается наивысшая контрастная чувствительность глаза.

При оптимальной яркости объекта обеспечивается устойчивость эффективности его обнаружения и различения на уровне помех. Приведенные рекомендации оптимальной яркости относятся к операциям обнаружения объектов простой конфигурации. Острота различения для объектов по яркости зависит от прямого или обратного контраста, используемого для формирования объекта восприятия.

При установлении оптимального диапазона яркостей, одновременно находящихся в поле зрения оператора, необходимо исключить зону слепящей яркости и зону неразлично-черного. Максимально допустимый перепад яркостей для оператора не должен превышать 1 : 100. Оптимальное соотношение яркостей в поле зрения оператора, обеспечивающее высокий уровень контрастной чувствительности и быстроту различения, составляет 40 : 1 между самым светлым и самым темным участком изображения.

Градации яркости и качество изображения.

Для передачи изображения алфавита знаков, условной картинной обстановки и передачи реальных объектов (телевидение, кино) важной характеристикой является число элементов или признаков, необходимых для опознания объекта разных классов.

Для опознания алфавита буквенно – цифровых знаков это число составляет 4...10. Для сложных изображений – 12...17.

В зависимости от типа изображений эти опознавательные элементы передаются разным числом градаций яркости. Минимальное число при передаче изображения равно двум. Таким числом градаций высвечиваются знаковые, символические сообщения – темные знаки на светлом фоне (прямой контраст) и наоборот светлые знаки на темном (обратный контраст). Качество изображения оценивается величиной контраста (К), вычисляемого как отношение разности яркостей объекта и фона к большей яркости.

Контраст 20% - малый, 50% -средний, свыше 50% - высокий. Рекомендуемая зона величины контраста составляет 65...90%.

При отображении реальных объектов средствами телевидения и кино важно точно передать соотношение яркостей деталей объектов пропорционально их коэффициентам отражения. Обычно это 15...40 градаций.

Обеспечение заданного числа градаций яркости возможно лишь при достаточном уровне контрастности изображения т.е. при интервале яркостей, внутри которого распределены эти градации.

Минимально допустимое значение контрастности, создающее удовлетворительное изображение, создается в интервале 1 : 10.

Требуемая контрастность изображения зависит от содержания отображаемой информации и вида контраста. Сложные полутоновые изображения с сохранением деталей - контрастность составляет 1 :100. Печатные изображе-

ния, или изображения, образуемые штриховыми линиями, требуют контрастности 1 : 25.

Контрастность изображения снижается при внешнем освещении. Уровень внешней засветки не должен превышать 3...10% яркости экрана.

2.10.5 Временные характеристики зрительной информации

Основная особенность зрительного анализатора – наличие инерционности в работе глаза. Это связано со временем экспозиции зрительного сигнала для неизменности воспринимаемой интенсивности сигнала, определением временных интервалов для ощущения раздельности сигналов, следующих друг за другом и оптимального восприятия каждого из них, или, наоборот, определением временных интервалов для ощущения слитности последовательно предъявляемых сигналов. Субъективной характеристикой глаза, учитывающей эти факторы, является время зрительной инерции.

Время инерции определяется, прежде всего, яркостью фона. Для яркостей свыше 100 кд/м^2 время инерции составляет 50 мс. Для уровня яркостей, с которыми работает оператор на многих видах СОИ, время экспозиции для восприятия неизменной интенсивности сигнала должно быть $> 50 \text{ мс}$.

Для восприятия мелькающих сигналов слитными следует обеспечивать величину мелькания, большей критической частоты мелькания ($K_{\text{чм}}$).

Величину частоты мелькания необходимо учитывать и для создания качественного изображения на различных устройствах СОИ, основанных на технике дискретных сигналов (ТВ, ЭЛТ, кино). Мелькание утомляет зрение и отрицательно влияет на качество работы операторов. Для удовлетворительного восприятия таких сигналов $K_{\text{чм}}$ должен быть не менее 40 Гц. Величина $K_{\text{чм}}$ определяется не размерами отдельных знаков, а общей площадью изображения.

2.10.6 Кодирование зрительной информации

Под кодом понимают систему условных знаков (символов) для передачи, обработки и хранения различной информации.

При построении системы кодирования объекты и их характеристики делят на классификационные группы. Для этого устанавливают сходства и различия объектов, распределяют их по значимости.

Вид алфавита кода выбирают с учетом характера передаваемой информации и задач, решаемых оператором. Это могут быть: форма, размер, пространственная ориентация, длина и ориентация линий, количество точек, буквы, цифры, яркость, цвет, частота мелькания и т.п.

При передаче информации о нескольких признаках объекта используют многомерное кодирование. Это могут быть сочетания различных видов алфавита: форма и цвет, форма и пространственная ориентация и т.п.

При группировке знаков в кодовые обозначения (формуляры) следует отдавать предпочтение смешанным алфавитам кода. Предпочтительно, чтобы крайние знаки кодового обозначения передавали наиболее важную информацию. Оптимальное число знаков кодового обозначения – 8.

При конструировании кодовых знаков основной классификационный признак объекта должен кодироваться контуром.

В алфавитах кода следует использовать знаки симметричной формы с единообразием ориентации (предпочтение горизонтали и вертикали).

Кодирование размером используют для передачи информации, устанавливая соответствие между площадью или линейными размерами знака и характеристиками объекта (размеры, удаленность, высота и т.д.).

Пространственную ориентацию используют для передачи информации о направлении движения объекта, отклонения от курса и т.п.

Длину и ориентацию линий используют для передачи информации о скорости и направлении движения.

Буквенно - цифровой алфавит используют для передачи информации о дискретно изменяющихся количественных параметрах объектов.

Цветовой алфавит используют для передачи информации о состоянии и значимости объектов.

Частота мелькания может быть использована для привлечения внимания оператора: предупредительная сигнализация – 0,5...1 Гц; аварийная – 5...6 Гц.

Число одновременно мелькающих символов не должно превышать 3.

В цветовом алфавите следует отдавать предпочтение зеленому, красному, голубому, желтому и фиолетовому цветам.

Допустимая минимальная яркость цветных знаков – 10.

2.11 Показатели работы оператора

2.11.1 Временные характеристики действий оператора

Одной из наиболее показательных характеристик, отражающих психическую деятельность человека, является время его реагирования на внешний стимул. Интервал времени между моментом предъявления стимула и моментом ответа на него, отражающий скорость протекания психофизиологических процессов, стал одним из основных количественных показателей, используемых в инженерной психологии.

В трудовой деятельности показатель времени выступает в качестве главного критерия производительности и эффективности.

Ограничения, наложенные на систему, налагают в свою очередь, соответствующие ограничения на работу ее компонентов, в том числе и на человека. Поэтому, чтобы система выполняла возложенные на неё функции, выходные показатели деятельности человека должны также укладываться в пределах соответствующих норм. Все разнообразие ограничений в принципе можно свести к двум категориям: действия человека должны укладываться в технические нормы по своевременности и точности.

Таким образом, фактор времени – время реагирования, является количественным показателем скорости, с которой протекают у данного человека нервные процессы при решении конкретной задачи.

Вместе с тем, поскольку скорость реагирования зависит от физического и психического состояния человека, то она может служить также и показателем этих состояний.

Таким образом элементарной разновидностью реакции оператора является простая сенсомоторная реакция: человек с максимальной скоростью выполняет заданное ему движение (нажимает на кнопку, перемещает рычаг и т.п.) в ответ на заранее известный, но внезапно появляющийся сигнал. Время задержки с ответом складывается в этом случае из скрытого латентного периода (от момента появления сигнала до начала ответного движения) и времени моторного периода (длительность ответного действия), куда входит и время прохождения команды на моторный ответ по нервным путям (из центральной нервной системы к мышцам). Такие реакции принято называть реакции типа А.

Другим типом сенсомоторной реакции является реакция типа В, в которой осуществляется предельно быстрое различение поступившего сигнала среди ряда возможных и выбор из имеющихся способов ответных действий такого, который соответствует этому сигналу.

Третий тип сенсомоторной реакции – тип С – возникает в тех случаях, когда испытуемому предъявляют два или несколько сигналов и ему следует реагировать на какой – либо из них, оставляя без внимания остальные.

Практически в большинстве задач, прежде чем реагировать на сигнал, оператору приходится оценивать текущую ситуацию, на фоне которой возник данный сигнал; следует также добавить, что в большинстве задач, возникающих у оператора, не требуется отвечать на сигнал с максимальной скоростью (правда ответная реакция должна быть стабильной по времени на одинаковые внешние стимулы). Часто ошибочной реакцией оператора является не то, что оператор опоздал с ответным действием, а то, что он поторопился.

Чтобы отреагировать на сигнальный раздражитель, оператор должен прежде всего его воспринять. Органы чувств человека, как известно, воспринимают только те раздражители, которые лежат в пределах диапазона, ограниченного их чувствительностью, они способны дифференцировать сигналы тогда, когда различие между ними достигает определенного уровня.

Все эти данные о возможностях и особенностях восприятия оператором различных сигналов в значительной мере определяют временные характеристики действий оператора и системы.

Время реакции существенно зависит от модальности сигнала и может управляться посредством подбора модальностей (тактильный, слуховой, зрительный, температурный, болевой и т.д.).

Для сигналов любой модальности время реакции зависит от интенсивности действующего раздражителя и чем сильнее сигнал, тем короче латентная и моторная составляющие времени реакции.

Экспериментально было доказано, что на время реакции влияют не столько сами абсолютные характеристики раздражителя (интенсивность, размер), сколько их отношение к окружающему фону. С увеличением кон-

трастности раздражителя по отношению к фону время реакции на него сокращается.

Было также обнаружено, что в случае особой значимости для оператора слабого раздражителя (аварийный сигнал) время реакции на него может быть короче, чем на более сильный, но менее значимый сигнал.

2.11.2 Точность работы оператора

Для выполнения оператором возложенных на него функций необходимо, чтобы его действия отвечали установленным требованиям не только по времени, но и по точности. Поэтому характеристики точности работы оператора и вопросы их обеспечения оказываются в инженерной психологии столь же важными, как и проблемы времени реагирования.

Точность работы оператора – это показатель соответствия его действий заданной программе. Программа работы может задаваться оператору как в виде последовательности действий, которые нужно выполнять в установленном порядке, так и в виде некоторого результата, который должен быть достигнут.

Однако оператору наряду с заданием, приходится руководствоваться многочисленными правилами, указаниями, инструкциями, которые дополняют и уточняют программу деятельности. Благодаря этому у оператора складываются достаточно конкретные представления о показателях работы системы, которые должны быть достигнуты при выполнении отдельных действий, а также о тех изменениях, которые должны произойти в системе для получения требуемого результата.

Такие представления и являются теми образцами – эталонами, относительно которых оператор организывает свою деятельность и поддерживает ее точность в процессе реализации программы.

Таким образом, точность может служить показателем качества практической деятельности оператора, т.е. показывать, в какой мере ему удается выдерживать параметры работы системы в соответствии с заданной программой.

В инженерной психологии характеристика точности используется также как инструмент исследования психической деятельности оператора. Точность, как и время реагирования, весьма доступна для измерения показателя деятельности, позволяющая количественно оценить ход и результаты психических процессов.

Точность работы может также служить показателем индивидуальных различий операторов, индикатором их психических и физических состояний, показателем влияния различных внешних факторов (в том числе и технических) на их деятельность.

Характеристика точности, как и времени реагирования, выступает в качестве сугубо инженерно – психологического показателя, отражающего степень согласованности техники с психофизиологическими возможностями человека – оператора.

Проблема точности одинаково актуальна и для деятельности человека, и для работы техники, и при обеспечении их взаимодействия. В реальном процессе управления, как бы идеально он ни был организован, результаты действия человека, а также показатели работы техники будут иметь некоторые отклонения от заданных программных значений, которые принято называть погрешностями.

Пока погрешности находятся в допустимых пределах (а они задаются в программе, уточняются инструкциями, правилами), это является нормальным явлением. Когда же погрешность в работе оператора превышает установленное предельное значение, это событие уже нарушает нормальную работу системы и квалифицируется как ошибка оператора.

В тех случаях, когда погрешность в работе оператора достигает значения, при котором становится невозможным дальнейшее выполнение оператором его функций, такое событие определяется как отказ человека - оператора.

Чем уже пределы, в которых находится погрешность оператора или системы, тем выше точность их работы. При совместной работе человека – оператора и техники наблюдается возможность у оператора уменьшить или увеличить погрешности техники, и, наоборот, техника может компенсировать либо усугубить погрешности оператора. Управляя системой, оператор воздействует обычно на целый комплекс параметров, допуская при регулировании каждого из них определенную погрешность. Общая погрешность системы складывается из погрешности ее отдельных звеньев. Если звенья системы имеют различие в своей физической природе и измеряются в разных единицах, то погрешности определенных звеньев удобно расценивать не по их абсолютным значениям, а по тому удельному весу, который принадлежит каждой из них в общей результирующей системе.

При таком исходе имеется возможность оценивать роль отдельных звеньев системы в формировании ее результирующей погрешности, оценивать процесс накопления погрешностей в различных частях системы.

Опыт практического применения систем «человек – машина» показывает, что чаще всего погрешности превышают допустимые нормы в звене «человек». Так, в США публикуют данные, что вариации ошибки летчика обуславливают 50 % происшествий; выводят из строя 20...35% исправной ракетной техники.

Итак, проблема точности работы системы «человек – машина» оказывается весьма сложной. Если точность работы технических звеньев системы – чисто техническая задача, определяемая в процессе проектирования, конструирования и эксплуатации, то вопросы точности работы человека уже определяются точностями представляемой ему для переработки информацией и, главное, психическими процессами восприятия этой информации.

2.11.3 Надежность работы оператора

Показатели своевременности и точности работы характеризуют лишь её как отдельный результат, но еще не полностью отражают, как действует

человек – оператор в целом. Более полно деятельность оператора определяется степенью стабильности, с которой выдерживаются эти показатели в различных видах и условиях деятельности, - характеристикой, которую принято называть надежностью работы оператора.

Надежность была перенесена в инженерную психологию из техники, где она используется для определения способности устройства сохранять требуемое качество в установленных условиях работы. Это определение вполне применимо и для оценки деятельности оператора и работы системы «человек – машина».

От надежности работы техники, выступающей в системе как орудие труда человека, в значительной степени зависят результаты его труда. Неполадки и отказы в работе технических звеньев системы не только непосредственно нарушают работу системы, но и создают дополнительные трудности в целенаправленной деятельности оператора, влияют на него психологически, ухудшая тем самым и показатели работы человеческого компонента системы. Поэтому вопросы технической надежности уже сами по себе являются важными и представляют интерес для инженерной психологии.

Проблема надежности человека давно изучается в экспериментальной психологии. В опытах по исследованию времени реакции, измерению объема памяти, работоспособности человека и пр., наряду с другими показателями оценивались и характеристики стабильности получаемых результатов во времени, т.е. фактически надежность выполнения испытуемыми заданных функций.

О целесообразности создания некоторой обобщенной характеристики надежности работы человека – оператора, которая распространялась бы на всю его деятельность, говорили с самого начала появления человеко - машинных систем.

Было предложено оценивать надежность оператора по комплексу его внутренних свойств, обуславливающих способность оператора сохранять на заданном уровне показатели труда и поддерживать требуемые рабочие качества в условиях существенного усложнения деятельности.

Считается, что надежность человека – оператора в общем случае обусловлена тремя основными факторами:

- степенью инженерно – психологической согласованности техники с психофизиологическими возможностями оператора для решения возникающих у него задач;

- уровнем обученности и тренированности оператора при выполнении этих задач;

- его физиологическими данными, в частности, особенностями нервной системы, состоянием здоровья, порогами чувствительности, а также психологическими особенностями его личности.

Таким образом, надежность оператора рассматривается не только как функция его индивидуальных физиологических и психологических качеств, но и как функция возникающих у него задач и технических условий, в которых они разрешаются.

В основе теории технической надежности лежат методы оценки случайных процессов, нарушающих работу технических устройств. Подобный подход применим и к оценке деятельности оператора, поскольку она особенно подвержена воздействию множества случайных факторов, которые влияют также на работу машины и на взаимодействие с ней оператора.

Однако имеется ряд факторов, препятствующих простому переносу на человека положений теории технической надежности.

Выделим некоторые из них:

Во-первых, в теории надежности исходят из предпосылки, что машина состоит из дискретных элементов, каждый из которых может находиться в рабочем состоянии, либо в состоянии отказа. Выделить такие элементы в непрерывной психофизиологической деятельности человека невозможно.

Во-вторых, теория надежности предполагает, что элементы системы работают и отказывают независимо друг от друга. В человеческом же организме подобные элементы находятся в тесной взаимосвязи и под центральным управлением.

В-третьих, человек в процессе деятельности выступает как самоорганизующая и саморегулирующая система, способная решать сложные задачи так же хорошо, как и простые. В технических же устройствах с усложнением задачи в ее решении участвует большее число элементов, связей, что, конечно, понижает ее надежность.

По аналогии с определением отказа в технических устройствах в инженерной психологии отказ человека – оператора рассматривается как невыполнение им предписанных действий или снижение качества их выполнения за пределы, необходимые для достижения цели.

Если отказ технических устройств квалифицируется по отклонению его выходных параметров за установленные границы, то отказ оператора связан с отклонением за допустимые пределы выходных характеристик системы, - характеристик, за которые он ответственен.

Теперь можно дать следующее окончательное определение надежности человека – оператора – свойство, характеризующее его способность безотказно действовать в течение определенного интервала времени при заданных условиях.

Для оценки и прогнозирования надежности оператора используют показатели интенсивности (λ_i) отказов и вероятность безотказной работы $p(t)$, определяемые по формуле

$$\lambda(t) = \Delta n(t) / N_0(t) \cdot \Delta t, \quad p(t) = e^{-\lambda(t)};$$

где $\lambda(t)$ - интенсивность отказов; $\Delta n(t)$ число отказов оператора, проявляющееся в N_0 опытах за время t .

В качестве показателя надежности оператора, выполняющего действия, используется характеристика среднего времени безотказной работы (T_p). Если одновременно работают (m) операторов и оператор (i) за время (t_i) допускает (k_i) отказов, то средняя статистическая частота его отказов $f_i(t)$ составит

$$f_i(t) = k_i / t_i.$$

Среднее время (Δt_i) между отказами оператора i будет равно

$$\Delta t_i = 1 / f_i(t),$$

а среднее время безотказной работы для всех (m) операторов определится по формуле

$$T_p = \sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{f_i(t)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{k_i}.$$

В настоящее время разработан ряд конкретных практических методов прогнозирования прагматической надежности работы оператора в системе управления.

3. ОСНОВЫ ДИЗАЙНА

3.1 Введение в дизайн (художественное конструирование)

Под *художественным конструированием* понимается творческая проектная деятельность, направленная на совершенствование окружающей человека предметной среды, создаваемой средствами промышленного производства. Это достигается путем приведения в единую систему функцио-

нальных и композиционных связей предметных комплексов и отдельных изделий, их эстетических и эксплуатационных характеристик.

Художественное конструирование (часто отождествляемое с дизайном) — неотъемлемый процесс создания промышленной продукции, предназначенной для непосредственного использования человеком. Оно ведется дизайнерами в творческом контакте с инженерами-конструкторами и другими специалистами и призвано способствовать наиболее полному учету требований потребителя и повышению эффективности производства.

Художественное конструирование опирается на теорию, разрабатываемую технической эстетикой, а также на данные экономики, социологии, психологии, эргономики, семиотики (науки о знаках и знаковых системах), системотехники и других наук. Оно складывается из художественно-конструкторского анализа, включающего функционально-эргономический анализ, конструктивно-технологический анализ и композиционный анализ. По результатам анализа и исследования исходной ситуации по построению объекта проектирования осуществляется художественно-конструкторский синтез проектируемого объекта.

Особое значение художественное конструирование приобретает при разработке промышленных объектов в системе человек-машина. В этом процессе тесно переплетаются психологические аспекты деятельности человека, выступающего в роли конструктора, с психологическими и антропометрическими свойствами человека — будущего оператора в проектируемой системе человек-машина.

Психологические аспекты конструкторской и дизайнерской деятельности человека должны учитываться в первую очередь потому, что в современных условиях, несмотря на широкое внедрение РЭС в различные отрасли человеческой деятельности, процесс конструирования остается и, по-видимому, еще длительное время будет оставаться процессом индивидуального творчества конструктора.

Новая конструкция вначале формируется в сознании конструктора в виде мысленного образа изделия, который впоследствии отображается в графической форме как чертеж общего вида. Таким образом, изображение на чертеже является моделью - аналогом конструируемого изделия, дополняемой текстовыми пояснениями и расчетами.

В творческой работе конструктора можно выделить семь характерных стадий: аналитическую, поисковую, формулировочную, повторного анализа, оперативного анализа, вариационную и итоговую. Кратко рассмотрим эти стадии.

Аналитическая стадия связана с выполнением расчетов, определяющих параметры идеализированной конструкции в целом и ее характерных частей. На этой стадии проверяется соответствие характеристик конструкции требованиям технического задания, прорабатываются эскизные варианты конструкции, оцениваются факторы, препятствующие созданию идеальной конструкции изделия или его частей, выявляются варианты, позволяющие в максимальной степени уменьшить или компенсировать влияние отрицатель-

ных факторов. Конечный результат стадии — формулировка путей решения задач.

Поисковая стадия. На этой стадии конструирования осуществляется выбор наиболее целесообразных путей решений, уточняется конечная задача конструирования, определяются возможности решения данной задачи конструирования другим, более простым путем. Кроме того, оценивается эффективность выбираемых решений и всей конструкции изделия в целом, а также учитываются дополнительные требования. Итогом поисковой стадии является уточнение или замена исходной задачи на задачу с более четкой формулировкой ее внутреннего технического противоречия.

Формулировочная стадия необходима для уточнения условий задачи, анализа патентной и технической литературы по аналогичным изделиям, оценки возможности решения при пренебрежении затратами. Конечный результат стадии — четкая формулировка задачи конструирования изделия.

Стадия повторного анализа. По результатам проведенных уточнений в процессе предыдущих стадий выполняется построение идеальной конструкции изделия на базе реальных конструктивных материалов и комплектующих изделий и условий с учетом реальных помех в решении задачи. Проводится оценка непосредственных причин помех и возможностей их преодоления. Результатом деятельности на этой стадии является четкая формулировка технических противоречий и путей их преодоления.

Стадия оперативного анализа. На этой стадии осуществляется оценка возможностей устранения технических противоречий, оценка возможных изменений в окружающей среде при работе изделия по назначению, рассмотрение вариаций сочетания внешних факторов и их влияния на решение поставленной задачи, изучение способов реализации изделий-прототипов. Результатом стадии должно быть нахождение основного варианта решения задачи по конструированию изделия.

Стадия вариационного анализа — одна из важнейших стадий в составе всего процесса конструирования. Она призвана дать возможность конструктору ещё раз переоценить решения, принятые на предыдущих стадиях, освободить конструктора от стереотипных вариантов и догматической зашоренности. На этой стадии рассматриваются различные вариации параметров отдельных составных частей изделия, вариации свойств окружающей среды и взаимодействующих объектов, рассматриваются различные варианты использования конструируемого изделия по основному назначению. Результатом стадии является формулировка уточнений способов окончательного решения задачи.

Итоговая стадия содержит конструкторские расчеты и разработку общего вида изделия с последующей детализацией и описанием. Основным результатом стадии является комплект конструкторской документации на изделие.

Художественное или дизайнерское конструирование не должно протекать в отрыве от процесса проектирования изделия. Оно органически вписывается в стадии конструкторской деятельности, имея свои специфиче-

ские этапы и стадии. Дизайн-процесс можно рассматривать как последовательное выполнение дизайнерских целей до получения намеченного результата. При этом цели дизайнерского проекта структурированы такими категориями как «образ», «функция», «морфология», «технология», которые и определяют этапы дизайнерского конструирования. На начальной стадии конструктором создается *художественный образ* заданной машины или изделия, основанный на обобщении предыдущего опыта создания подобных машин, анализе современного состояния смежных отраслей знаний, в той или иной степени имеющих отношение к создаваемому объекту. На этапе *функционального проектирования* художественный образ объединяется с назначением и функциями, которые должен выполнять заданный объект.

На стадии *морфологического проектирования* художественный замысел конструктора, наделенный необходимыми функциями, материализуется в конкретные формы с учетом применения соответствующих материалов.

Завершающей стадией дизайн - проекта является *технологическое проектирование*, призванное реализовать результаты предыдущих этапов в конкретном виде с учетом возможностей современного производства.

Художественное конструирование в эргатических (основным звеном является человек) системах может быть эффективным только в сочетании с эргономическим конструированием.

Предметом *эргономики* как науки является изучение системных закономерностей взаимодействия человека (группы людей) с техническими средствами, предметом деятельности и средой в процессе достижения цели деятельности или при специальной подготовке к ее выполнению. Цель эргономики — повышение эффективности и качества деятельности человека в системе «человек – машина - предмет деятельности – среда».

Рассматривая человека и машину как единую систему, специалист в области эргономики изучает проблемы оптимального разделения и согласования функций между человеком и машиной, проектирует процесс деятельности, обосновывает оптимальные требования к ее средствам и условиям и разрабатывает методы их учета при создании и эксплуатации предметов производства

Специфическими методами эргономики являются приемы многофакторных экспериментальных исследований системы «человек—машина», функционального и математического моделирования, анализа, проектирования и оптимизации процессов, средств и условий деятельности человека в таких системах.

Эргономика и техническая эстетика предъявляют следующие требования к РЭС:

выразительность — свойство РЭС своим внешним видом наглядно отображать качественные характеристики, в нее заложенные;

оригинальность — совокупность своеобразных элементов формы и их отношений, дающих возможность отличить данную РЭС от ряда однотипных;

гармоничность — свойство формы машины быть органично согласованной с элементами формы, что достигается определенными соотношениями яркости окраски, цвета, размеров и расположением различных элементов;

стилевое единство — признаки формы машины, отражающие исторически сложившиеся социально-экономические и идейно-эстетические принципы, а также художественно-конструкторские методы и средства их воплощения. Стилевое единство должно одновременно обеспечивать и современность стиля.

Однако при реализации требований технической эстетики следует иметь в виду специфические особенности радиоэлектронной аппаратуры. В отличие от других промышленных объектов в РЭС, предназначенных для переработки информации, связь между внешними характеристиками, и внутренней функциональной компоновкой, незначительная. Внутренняя функциональная компоновка элементов принципиальной схемы РЭС обладает огромной гибкостью. Активные и пассивные радиоэлементы и конструкционные детали могут компоноваться в средства различной внешней формы без нарушения основных функциональных связей. Габаритные размеры таких устройств также могут изменяться в широких пределах вследствие того, что количество жестких связей между отдельными элементами внешней и внутренней компоновок весьма незначительно. Кроме того, определяющие факторы внешнего оформления РЭС формируются исходя из особенностей интерьера помещений, предназначенных для размещения РЭС, или специфическими характеристиками объекта будущей их дислокации. Для РЭС, относящихся к разряду обслуживаемых объектов, немалую роль во внешнем оформлении играют психофизиологические характеристики оператора.

Ограниченность связей между внешней формой и внутренней компоновкой позволяет формировать многообразие расположения органов управления и регулировки с целью наиболее эффективного использования возможностей человека. Однако дизайнерские возможности конструктора в выборе формы художественного внешнего оформления РЭС весьма ограничены. Это связано с тем, что общепринятые методы гармонизации формы РЭС и их пространственной компоновки, привели в настоящее время практически к повсеместному применению типовых конструкций в виде конструкционных систем, построенных на прямоугольных конфигурациях как в плоскости, так и в пространстве (рис.14).

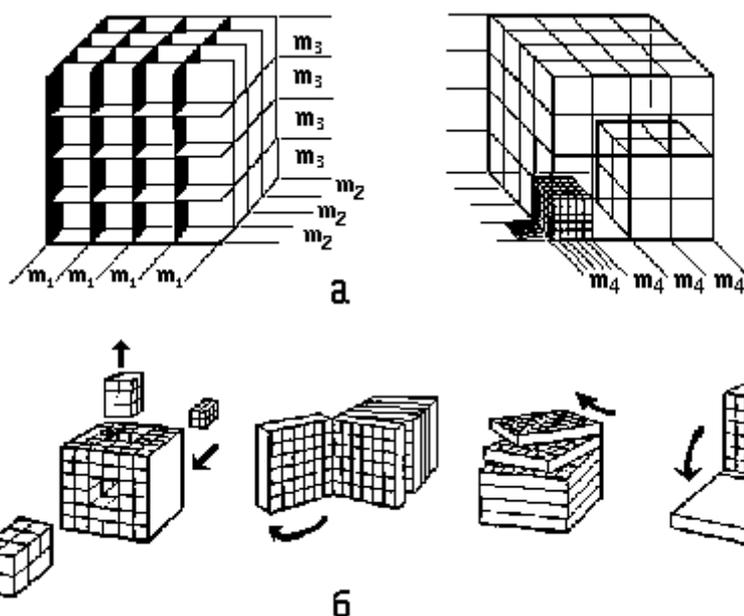


Рисунок 14 - Схемы внутренней и внешней пространственной компоновки РЭС. *a* - принципы построения пространственной структуры из элементарных модулей m_1 , m_2 , m_3 ; *б*— варианты обеспечения доступности модулей для обслуживания.

Законодательная в виде ГОСТов определенность пространственной конфигурации РЭС оставляет в арсенале приемов художественного конструирования такие средства, как соотношение геометрических размеров внешних панелей, возможность совмещения органов управления и индикации с декоративной отделкой и цветовая гамма окраски внешних поверхностей и деталей в сочетании с окраской интерьера помещений.

3.2 Факторы, обуславливающие художественно-конструкторскую проработку изделий

Основными факторами, обуславливающими условия проведения художественно-конструкторских работ, являются научные, производственные, общественные, антропологические и эстетические.

Научные факторы обуславливают современные возможности формообразования в разных областях деятельности и определяют достигнутый к настоящему времени общий уровень научно-технического прогресса. Особое значение имеют состояние научных знаний по профилю отрасли, научная база конкретного предприятия и, главное, возможность практического приложения научных данных.

Производственные (научно-экономические) условия определяют общие технико-экономические способы создания формы изделий, обуславливают общий уровень развития экономики и производства, соответствующее состояние профильной отрасли промышленности, конкретные технические характеристики предприятия, которое будет реализовывать художественно-конструкторскую разработку.

Общественные ситуации опосредуют социальный заказ на формообразование и социально-необходимые условия формы, выражают присущие данному государственному строю общие социальные нормы и отношения, культурные принципы и образцы, «проецирующиеся» как на всю профильную отрасль производства, так и на отдельную конкретную фирму.

Антропологические требования предполагают характер психофизических связей формы изделия с человеком, а именно, факторы, которые воплощают характерный для данного общества и времени уровень развития человека, раскрывающийся через этнические, демографические, антропометрические и другие показатели, типичные для социально-производственных групп и отдельных индивидуумов.

Эстетические нормы обуславливают социально-технические позиции и принципы эстетического восприятия предметной среды, отражают уровень развития эстетической (художественной) культуры в данном обществе, её всеобщие идеалы и конкретные проявления в профильной деятельности производства и особенно на предприятии, осуществляющем художественно-конструкторскую разработку.

Исходя из специфики художественного конструирования, материально-технологические средства позволяют художнику-конструктору: выбрать материалы, соответствующие конструктивным и деятельностным задачам, и способы структурного преобразования материалов, соответствующие их природным и технологическим свойствам; раскрыть неизвестные ранее структурообразующие приёмы (даже для традиционных материалов); реализовать взаимодополняющие положения: «материал определяет форму» и «форма определяет материал», являющиеся источником целесообразных дизайнерских конструкторских решений.

Техническо-конструкторские средства, которыми художник-конструктор руководствуется в своей работе, полностью определяются соответствующим инструментарием технолога и инженера, но принимаются они при построении формы изделия под антропономическим углом зрения и служат основным звеном между художественным и инженерным конструированием. Кроме того, следует отметить, что из трёх возможных способов использования средств конструктивного моделирования: коррективного (функция и структура прототипа развиваются в новом проекте без потери традиционных характеристик), переходного (функция и структура переосмысливаются для придания объекту проектирования новых свойств) и проективного (функция и структура объекта создаются вновь) – лишь последний позволяет осуществить полную художественно-конструкторскую разработку изделия.

Информационно-эргономические средства художественного конструирования полностью определяются инженерной психологией и эргономикой.

3.3 Эстетическая деятельность в системе промышленного производства

В настоящее время решается проблема подъема материального и культурного уровня жизни на основе динамичного и пропорционального развития производства, повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, всемерного улучшения качества работы во всех звеньях хозяйствования.

Одно из средств решения этих задач – эстетическое освоение производства. Еще в СССР в 1962 г. было принято постановление Совета Министров СССР «Об улучшении качества продукции машиностроения и товаров культурного назначения путем внедрения методов художественного конструирования». Конкретной реализацией этого постановления стало образование Всесоюзного научно-исследовательского института технической эстетики (ВНИИТЭ) с развернутой сетью филиалов и профилированных художественно - конструкторских бюро.

С 1967 года в стране были созданы многочисленные художественно - конструкторские бюро на предприятиях. В результате этих мероприятий эстетическое освоение производства – приняло характер экономической и социальной необходимости. С 1968 года требования технической эстетики включаются в госстандарт, рассматриваются на заседаниях по разработке технических изделий, по проектированию новых и реконструированию старых производств. Была создана единая государственная система художественно - конструкторских организаций под руководством Госкомитета по науке и технике. Таким образом, дизайн занял свое место в системе производства, получил всеобщее признание и стал важным фактором культуры общества.

В это же время наблюдается как у нас, так и за рубежом, что на базе технического прогресса сложился новый вид общественной практики, интегрирующий инженерно-конструкторскую, научную и художественную деятельность и не сводимый ни к одной из них. Исследование этого нового вида деятельности – задача специальной прикладной дисциплины – технической эстетики.

Идея дизайна сложилась давно, когда возникло противоречие между эстетической и материальной культурой, порожденное разделением труда и отчуждением техники. Это противоречие становилось препятствием к реализации принципов товарного производства (низкое эстетическое качество изделий ограничивало спрос и тем самым конкурентоспособность фирм). Дело еще было и в том, что как в нашей стране, так и за рубежом тогда еще не созрели ни технико-экономические, ни социально-культурные условия включения эстетической деятельности в производственный процесс.

Первым толчком, способствующим появлению дизайна и выделившим его в профессиональный вид деятельности и его внедрение в промышленные производства послужил кризис 1928-1930 годов. Перепроизводство нереализованных товаров заставило предпринимателей вспомнить старый тезис «безобразное плохо продается». Вот на этой почве и возникли первые дизай-

нерские организации, непосредственно работающие на производство. А в шестидесятые годы, в условиях успешного развертывания научно-технического прогресса (НТП), эстетическое освоение производства приняло характер экономической необходимости и окончательно оформилось в новый вид общественной практики – дизайн.

Современный технический прогресс сопровождается появлением особого вида производственной деятельности – промышленного художественного проектирования, цель которого – создание на научной основе модели будущего продукта, что приводит к выделению в его структуре художественного конструирования. Сегодняшний НТП предлагает последовательное развитие стандартизации и специализации производства на основе его автоматизации. Это ведет к расчленению продукта (изделия) на составляющие его стандартные элементы с закреплением их производства за специализированными предприятиями. В результате формирование сложных современных технических изделий или систем оказывается разделенным как во времени, так и в пространстве. Для того чтобы соединить эти элементарные стандартные (и оригинальные) единицы в целостную и гармоничную систему, необходим определенный организующий принцип. Таким принципом становится проектирование модели, которое включает создание образа целого до его проработки и реализации в существующих технологических системах, то есть в определенном отношении – эстетическую деятельность.

При этом стандартизация, связанная с массовым производством, требует совершенной модели. А условия совершенного производства обеспечивают адекватное ее тиражирование.

Несовершенная модель, пущенная в тираж, ведет не только к засорению рынка безобразными (лишенные образа) изделиями, но и к дезорганизации самого производства и быта, ибо несовершенная деталь или предмет не согласуется с другими деталями и предметами.

Совершенство модели определяется не только функциональностью вещи, согласованием ее внутренних функциональных блоков, функции и формы, но и ее соотношением с другими вещами, с предметной средой, частью которой она призвана стать.

Совершенство – это тот предел, ниже которого современное производство опуститься не может. Таким образом, для создания совершенной модели необходим универсальный подход, строгая типизация всей выпускаемой продукции, соразмерность и соподчиненность отдельных деталей и изделий. Следует заметить, что развитие современного производства в условиях современных достижений требует включения принципа совершенства и в стандарты.

Динамическое развитие техники на основе ее союза с наукой ориентирует стандартизацию на перспективное проектирование, чтобы вновь вводимые стандарты удовлетворяли требованиям производства сегодняшнего дня с учетом перспективы его развития.

Перейти от совершенной модели сегодняшнего дня к идеальной модели будущего позволяет именно дизайн. Действительно, стандарт представляет

собой формализацию предшествующего и существующего опыта. Вместе с тем он является исходным пунктом поиска нового, наиболее совершенного образца.

Инженерное конструирование обусловлено установленным в стандартах типажом машин, техническими и технологическими возможностями, определенной номенклатурой деталей и материалов. Оно предполагает доведение стандартов до совершенства и совершенную реализацию стандартов.

В отличие от него художественное конструирование предлагает поиск новой, оригинальной в своем функциональном, да и формальном выражении модели, что связано с необходимостью выхода за рамки существующей системы стандартов. Художественное конструирование выступает в роли разведчика будущего и стимулятора творческой активности. Оно связывает в динамическую систему реальные возможности (экономические и технические) современного производства с творческим поиском научной мысли и художественного воображения.

Появляется особая форма интеграции научной, художественной и технической деятельности. Такая интеграция обусловлена потребностями современного производства, степенью зрелости самого дизайна, методологической и теоретической оснащенностью научного знания, уровнем и характером развития культуры общества.

В то же время в условиях современного технического прогресса реализация в промышленном производстве художественных проектов, равно как и научных идей, возможна лишь при системном подходе, так как изменения параметров, модуля, формы в одной области неизбежно вызывает перестройку целой системы стандартов. Стандартизация и специализация все же делают достижения научной и художественной мысли достоянием всей сферы материального производства.

Развертывание научно-технического прогресса и, прежде всего комплексная механизация и автоматизация производства, существенно меняет как положение рабочего в системе «человек-техника», так и сам характер труда. От выполнения рабочих операций на отдельных машинах, жестко подчиненных технологическому циклу, человек переходит к контролю и управлению системами.

Основной задачей работника все больше становится целеполагающая деятельность, сбор информации, обработка ее и принятие решения. Кроме того, в условиях НТП происходит быстрая смена технической оснастки производства и технических процессов и, соответственно, появление новых производственных профессий. Все это требует от работника оперативности, быстроты и точности реакций, ситуационного мышления и поведения, соединения специальных знаний с общей культурой, свободной ориентацией в производственной среде, способности пластичного перехода от одной операции к другой, от устаревшей технологии к новой, более прогрессивной.

Старая форма связи человека и техники, когда человек приспособлялся к ее технологическому режиму и оценивался как работник с позиции соответствия его качеств чисто технологическим параметрам (быстрота, точ-

ность, устойчивость), оказывается неприемлемой не только с точки зрения гуманизма, но и применительно к самому техническому прогрессу. Оптимальное использование современной автоматизированной техники возможно лишь при условии соответствия ее творческим возможностям человека, которые не ограничиваются только профессиональной подготовкой, но и определяются еще индивидуальными особенностями личности, возникает необходимость гуманизации техники.

Гуманизация техники и производственной среды призвана способствовать превращению труда из только необходимости в первую потребность.

Необходимость дизайна не только подчинена требованиям современного НТП, но и обусловлена развитием массового производства. В этих условиях потребитель оказался свободным по отношению к предлагаемому производством продукту и, следовательно, способным активно заявить о своей потребности путем предпочтения тех или иных товаров. Дело в том, что потребление не есть пассивное использование сделанного, но активное отношение, в котором человек, исходя из своих потребностей, представлений, вкусов, выбирает, оценивает, предъявляет определенные требования к вещи. Это значит, что потребление, его характер и условия в значительной степени определяют потребительское качество продукта и его ценность.

До недавнего времени производство стихийно учитывало эти предпочтения. Современное производство столкнулось с необходимостью их строгого учета: вещь, повторенная массовым тиражом, должна иметь точный адрес. «Визитной карточкой» вещи становится ее значимая форма, организованная не только по законам технической необходимости, но и в соответствии с потребностями, представлениями и условиями восприятия людей. Эту функцию берет на себя художественное конструирование, которое выступает как посредник между производством и потребителем. По мере того, как расширяется круг изделий, которые обеспечивают удовлетворение человеческих потребностей, а функции их становятся все более сложными и многозначными, необходимость эстетического освоения их приобретает все большую актуальность. В этих условиях эстетическая ценность товаров обладает критерием всеобщности, становится средством организации стихии спроса, механизмом обратной связи производства и потребления.

Современное массовое производство приводит к тому, что искусственная предметная среда становится естественной средой человека. Вся жизнь современного человека опосредуется вещами, техническими сооружениями, коммуникативными системами. Вещь выступает в роли орудия производства, облегчает и организует быт человека и его досуг. Через вещи, технические средства осуществляется его связь с другими людьми, т.е. вещь выполняет не только инструментальную, но и коммуникативную функцию, становится посредником между человеком и обществом, между человеком и внешним миром.

Необходимость эстетической организации предметной среды предполагает эстетическое освоение производства. Массовое производство меняет отношение публики к вещи. Всякий новый предмет привлекает любопытство

публики, прежде всего тем, как он работает. Но как только этот предмет становится частью повседневной жизни, та же публика требует облагораживание его формы таким образом, чтобы его механическая сущность грубо не кричала о себе, и предмет органично и незаметно вписывался бы в сложившуюся предметную среду.

Это осуществляет дизайн посредством модификации форм вещей в соответствии с потребностями и условиями эстетического восприятия и определенными эталонами ценностей. Любая вещь (от простого инструмента до сложной автоматической линии, от детской игрушки до воздушного лайнера) выступает в дизайне как элемент сложной системы. Поэтому независимо от того, с чего начинается дизайн – с модернизации старой вещи, с проектирования нового изделия или целого комплекта – он всегда ориентирован на эстетическую организацию вещей предметной среды.

И если непосредственная задача художника – проектировщика может быть определена как создание целесообразной и совершенной вещи, то сверхзадача его состоит в том, чтобы в соответствии с современными эстетическими критериями и требованиями найти такую форму вещи, которая заняла бы соответствующее место в системе вещей, внося в нее дополнительную организацию. В этом процессе точный расчет инженера должен быть дополнен творческим воображением художника-проектировщика, способного строить сложную модель по нескольким заданным величинам, минуя недостающие связи.

Эстетическая организация предметно-пространственной среды в идеале предлагает текущую интеграцию природных и технических форм, которая позволит создать подлинно человеческую, жизненную среду на основе «партнерства с природой». В решении этой задачи дизайн смыкается с экологической эстетикой.

В условиях современного общественного разделения труда – дизайн строится как коллективный вид специальной деятельности на основе сотрудничества специалистов различных профессий, подчиняющих свою деятельность определенной цели.

Целью дизайна является формирование эстетической ценности утилитарных изделий современного индустриального производства. Координирующим началом дизайнерской деятельности, определяющим ее специфику, является художественное проектирование.

Будучи частью промышленного проектирования, дизайн обусловлен и ограничен функционально-экономическими и конструктивно-технологическими условиями. Дизайнерский проект рассчитан, как правило, на массовое тиражирование. Это дает основание выделить дизайн в особый вид эстетической деятельности.

Основными параметрами дизайнерской деятельности, которые сводятся в ней в целостную систему, являются следующие: функция, то есть та роль, которую предмет выполняет в системе общественной практики и поведения человека; конструкция – как способ ее технической реализации; содержательная форма – как ее презентация, вид.

Дизайн, как творческая деятельность, направлен на определение и наделение определенными качествами промышленных изделий. Эти качества включают в себя и внешние черты изделия, но и главным образом структурные и функциональные взаимосвязи, которые превращают изделие в единое целое, как с точки зрения потребителя, так и с точки зрения изготовителя.

Основным в определении функциональной значимости вещи является ее назначение, то есть способность удовлетворять определенную потребность или служить средством ее удовлетворения. Критерием того, в какой мере вещь служит удовлетворению той или иной вещи, является ее совершенство, которое имеет количественное выражение в системах: к.п.д, мини, макси и др.

Выявление функции – обязательное условие художественного конструирования, ибо функция в значительной мере определяет форму изделия. Эстетическая ценность формы зависит от того, насколько полно она выражает функцию или насколько она целесообразна.

Таким образом, так как функция определяет содержание вещи и ставит перед художественным конструированием задачу ее выражения в форме, то основным средством, материальным языком такого выражения является конструкция.

Характерной особенностью конструкции, как выразительного средства дизайна, является ее прогрессивный характер. Непрерывное совершенствование и бурное развитие всех элементов конструкции – одно из проявлений современного НТП.

Возникновение новых материалов с заранее заданными свойствами, возможность принципиально новых конструктивных решений (на основе применения электроники), новая технология (печатные схемы, фасонное литье, блочная компоновка) – все это открывает неисчерпаемые возможности эстетической деятельности в производстве.

Для того чтобы конструкция имела выразительную форму, она должна быть соответствующим образом организована. В этом и состоит основная задача художника – конструктора.

Существует огромное количество типов изделий, в которых форма приобретает известную самостоятельность по отношению к конструкции. Это, прежде всего, изделия бытового назначения.

Целостная форма изделия выступает как целесообразная форма, т.е. как форма, соответствующая определенной цели. При этом естественно, что изменение целостной формы обусловлено изменением не только вещного, но и человеческого фактора в этой системе, т.е. изменением потребностей, представлений, вкусов. Это значит, что форма должна быть согласована не только со структурой вещи, с ее функцией, но и с условием человеческого восприятия, в том числе и эстетического восприятия. А так как большинство сложных систем имеет открытый динамический характер, находятся в состоянии обновления за счет постоянного изменения и совершенствования отдельных своих элементов, форма должна не только прочно связывать разрозненные

элементы этой самой системы, но и обеспечивать возможность ее модификации.

Одной из основных задач художественного проектирования является воспитание эстетического вкуса потребителей, готовить их к восприятию закономерно эволюционирующих форм.

В эстетической деятельности субъект имеет дело, прежде всего, с формой предмета, воспринимать – это, значит, отбирать, выбирать; а понять мир – значит, понять правила, по которым производится отбор при восприятии. Именно при осуществлении выбора мы сталкиваемся с концепцией формы, которая представляет собой обобщение, отвлекающееся от сложности реального мира.

При восприятии целостности формы человек как бы проделывает путь: сначала удивляется, т.е. открывает для себя целостную форму, затем – бегло – по опорным пунктам «прочитывает», схватывает в форме назначение и – шире – воспринимает значение предмета.

Даже самая выразительная, с точки зрения дизайнера, форма, но оставшаяся чужой, непонятной человеку – потребителю, не выполняя своей коммуникативной функции, становится для него просто «престижной» формой, чисто внешней, бессодержательной.

Напротив, форма, имеющая эстетическое значение для человека, возбуждает определенное эмоциональное отношение к предмету; снимает напряжение, неизбежное при взаимодействии с предметом эстетически нейтральным, ничего не говорящим, или, тем более, эстетически отталкивающим, к которому надо приспособляться. Вещи, предметная среда, отвечающая эстетическому вкусу человека, формируют его активность, т.е. способность и готовность к творчеству.

Творческое воображение, сформированное у человека искусством, переносится на восприятие и оценку дизайнерских продуктов как в процессе их проектирования, так и потребления. Это проявляется в активной избирательной реакции, в умении не только оценивать вещь, но и найти ей оптимальное применение в жизни.

В свою очередь, потребительская активность, воспитанная художественной культурой, становится важнейшим стимулом повышения эстетического уровня дизайнерской продукции. Отсюда вытекает необходимость, с одной стороны, учета в дизайне эстетических потребностей и вкусов общества; с другой – развития самих этих потребностей.

Капитализм с присущим ему господством товарных отношений быстро среагировал на колоссальные возможности дизайна, используя его в условиях капиталистической рыночной конкуренции в качестве дополнительного рычага для сбыта товаров и извлечения прибыли. Такой коммерческий подход, с одной стороны, способствует быстрому и массовому распространению дизайна; с другой – искажает его социальную природу и эстетическую ценность его продуктов, подчиняя их цели искусственного разжигания потребительских страстей населения и обогащения таким путем предпринимателей. В США и Японии дизайн целиком предан созданию массового хлама для

массового рынка и является как бы ведущей тенденцией. В Скандинавских странах, Финляндии и Италии дизайн стал приемом изготовления эстетически изысканных предметов, созданных на высоком уровне и с большими затратами для избранной элиты.

Предмет и задачи дизайна определяют метод творчества, который предлагает сочетание научного анализа структуры изделия и расчета основных параметров его элементов (социально - экономических, технико-конструктивных, эргономических) с художественным проектированием его целостной формы на основе творческой композиционной интуиции дизайнера.

Не случайно с возникновением и развитием дизайна связано развитие ряда дисциплин, таких, как эргономика, инженерная психология, антропология, социометрия – целью которых и является определение параметров основных элементов структуры вещи в системе «человек-техника».

В решении своих задач художественное проектирование обращается к композиционно-образному мышлению, к «технике» искусства. Оно является тем опосредствующим между искусством и производством звеном, которое позволяет переводить художественные ценности и средства, выработанные искусством и имеющие социальный смысл, в технические средства.

Обращение дизайна к искусству в поисках выразительных средств не случайно. По отношению к дизайну искусство выступает как своего рода аналог, модель эстетической деятельности и критерий эстетической ценности. Искусство воздействует на дизайн и в процессе художественного конструирования через проектное творчество дизайнера, и в процессе потребления, формируя эстетические потребности и вкусы потребителя, и в своем предметном существовании, вступая в своеобразный синтез с предметной средой.

Художественное проектирование позволяет эстетически интерпретировать технические средства и тем самым включать их в культурный контекст общества.

Теоретики дизайна отмечают, что машины, технические средства – обогащают наши пластические достижения, а именно: статистика и динамика есть два закона механики и есть одновременно и два закона скульптуры. Шесть тысячелетий человечество сознательно разрешает задачи статики. Этот закон продиктован ему камнем, материалом, диктующим вертикаль. Задача динамики впервые разрешалась в готике. Нам же и нашим последователям предстоит разрешить не только задачу динамики по вертикали, но и по наклонной.

Однако непосредственно использовать, включать технический язык в искусство, какое имело место в футуризме, суперматизме и других направлениях модернистского искусства, не увенчалось успехом.

Столь же безуспешным оказались попытки прямого переноса изобразительных средств искусства в технику и массовое производство. Необходим перевод, перекодировка с одного языка на другой, что и осуществляет систе-

ма художественного проектирования, которое подчиняет художественное мышление и его выразительные средства логике целесообразной формы.

Таким образом, художественное проектирование, художественное конструирование, инженерный дизайн приспособляют предметную реализацию к наличной конкретной технологии и конкретному производству.

Задача художественного конструирования, или инженерного дизайна – разработка и создание типа серий машин, вещей на основе принятых прототипов или аналогов, созданных в иной сфере деятельности. Учитывая объективные условия производства, художник вводит систему ограничений, преодоление которых вооружает дизайн новыми выразительными средствами. Художественное конструирование выступает определяющим элементом системы дизайна: оно определяет условия и границы реализации его функции.

Инженерное конструирование предлагает материальное воплощение функции путем ее дифференциации и переводе в существующие на данном этапе развития технические средства. К примеру, общая функция автомобиля решается путем дифференциации ее на частные технические функции: двигатель, система передачи, система амортизации и т.д. Каждый из этих узлов имеет свою дифференциацию. Конструктивное решение связывает эти отдельные самостоятельные узлы в единую систему, но так, что они сохраняют свою самостоятельность. Изменение, модернизация инженерной конструкции идет как на основе совершенствования отдельных узлов, так и на основе радикального изменения самой схемы.

Дизайнерский подход имеет принципиально иной характер. Исходным началом для него является целое, которому он и стремится починить конструкцию.

Организация целостной формы, конечно, обусловлена типом конструкции. Обычно выделяют два типа, основных с точки зрения формообразования: открытая конструкция и конструкция со скрытой структурой. Им соответствуют два типа выразительных средств – тектоника и пластика.

Тектоника есть эстетически осмысленная и в техническом материале проработанная сущность конструкции предмета, в ней отражена структура вещи, а физические законы материи и механические закономерности конструкции (или ее частей), ее связи воспринимаются как закономерность эстетического порядка.

В этом случае целостность формы обеспечивается путем пропорционального соотношения основных объемов, ритмического построения необходимых деталей; акцентирования, выделения основной рабочей детали, которая тем самым превращается в знак, символ, дающий ключ к восприятию всей конструкции.

Целостность формы конструкции со скрытой структурой достигается путем ограничения ее оболочкой, которая придает всей конструкции предельно обобщенный вид. Конструкция при этом теряет свою наглядную определенность, теряет значение непосредственно формообразующего фактора. Она присутствует в форме-оболочке как бы в зафиксированном виде. В

результате форма приобретает относительную самостоятельность, развивается по своим законам.

Открытая форма имеет иное основание и методы построения. Открытая форма предполагает творческую активность потребителя, как в монтаже, так и в эксплуатации технического изделия. Это требует обнажения функциональной структуры конструкции, освобождения ее от всего лишнего. Структура открытой формы построена на композиции внутрипространственным ритмом, на сложных ритмических рядах повторяющихся элементов. Этими элементами могут служить приборы, кнопки, рукоятки управления, детали систем и другие части комплектующего оборудования.

Естественно, что композиция открытой формы возможна только при условии высокого эстетического уровня комплектующих машину частей, то есть на базе совершенного производства. Тем самым открытая форма возможна только как результат высокого уровня современной индустрии.

Два вышеописанных типа формообразования характеризуют вещь и основные тенденции в их крайнем выражении. В практике дизайна они тесно переплетены, так что в окружающем человека предметном мире эти два типа форм постоянно сопутствуют друг другу, воспитывая его способность видеть в конструкции целостную форму, назначение предмета и указывать в форме конструкции заложенные в ней возможности.

Таким образом, правильно найденная целостная форма приобретает эстетическую значимость. Она зрело связывает все элементы конструкции, придает ей завершенность. Она как бы возвращает функции, дифференцированной на технические элементы, ее человеческий смысл и характер, превращает техническую конструкцию в ценность.

Чувственно воспринимаемая форма выступает референтом (судьей) ценности предмета в эстетическом отношении. Она играет роль знака функции, благодаря которой человек опознает вещь в соответствии с ее значением. Однако определенность, совершенство целостной формы относительны, потому что каждая вещь, как элемент внешней предметной среды, вступает во взаимодействие с другими ее элементами, т.е. выходит за границы своего совершенства.

Дизайн оказывает воздействие и на инженерно-конструкторскую деятельность, обогащая ее приемами модельно-макетного проектирования, получившего в настоящее время широкое распространение в инженерной практике.

Макетирование издавна применялось в инженерном проектировании, но выполняло по существу пропагандистско-пояснительную функцию. Поиск же принципа построения проекта в большинстве осуществлялся на основе аналитических методов.

В условиях НТП перед инженерами ставятся задачи проектирования сложных комплексов и систем со многими переменными. Традиционный аналитический метод проектирования в этом случае оказывается неэффективным. Для того чтобы учесть множество различных параметров и свести их в единую систему, требуется огромное число вычислительных работ и время

для их согласования и уточнения. К тому же расчетно-аналитический метод всегда дает усредненный вариант. Оптимизация проекта в соответствии с конкретными условиями требует дополнительной работы.

Даже в условиях, когда широкое применение нашла вычислительная техника, которой можно передать основную массу измерительных и вычислительных работ, старый аналитический метод оказывается все равно мало-перспективным.

Более перспективным, при инженерном решении, является модельно-макетный метод проектирования, которой может в добавок к традиционным приемам использовать многие приемы художественного проектирования. Он включает элементы образного мышления, сознательно использует приемы художественной композиции: возможность и необходимость увидеть целое до проработки его частей; обыгрывание вариантов; наличие ценностного, в том числе эстетического критерия в их отборе; совмещении нескольких временных планов (включенность в реальную среду и учет перспективы развития); визуальные акценты в построении композиции и т.п.

Будучи следствием НТП, дизайн становится одной из его движущих сил. Так, современные дизайнерские тенденции, направленные на поиск «чистых» форм, простых и лаконичных, стимулируют развитие конструкторской мысли, предлагают применение прогрессивных методов технологии – точное литье, чистовую механическую обработку, автоматическую сварку, печатные схемы и т. д.

Художественное конструирование в принципе несовместимо с примитивной технологией и низкой культурой производства. В свою очередь, рациональная конструкция и совершенство обработки становятся чертой современного стиля, они свидетельствуют о прогрессивности и доброкачества изделия.

Одной из задач дизайна, в решении которой он призван с полной ответственностью принять участие, наряду с другими общественными институтами, является интеграция технической и природной среды. Дизайн работает на экологию.

Ускорение развития техники на основе ее интеграции с научным прогрессом ведет к возрастанию роли технических процессов в биологических циклах природы. И здесь тоже огромную роль должен сыграть дизайн, гуманизирующий технику, окружающую человека. Задача дизайна состоит еще и в том, чтобы сделать средства удовлетворения потребностей человека оптимально емкими, содержательными и оперативными, а главное, чтобы посредством их развивать, совершенствовать, возвышать сами потребности людей.

Таким образом, в условиях современного НТП дизайн, из специальной службы промышленного проектирования, призванной осуществлять обратную связь между производством и потреблением, перерастет в один из необходимых компонентов НТП как средство выражения и предметной реализации общественного идеала – обеспечение условий саморазвития целостного человека.

3.4 Задачи художественного конструирования

Рассматривая любое промышленное изделие, мы всегда можем выделить в нем три группы факторов: функциональные, утилитарные и эстетические. Для РЭА функциональными факторами являются характеристики тех сигналов и их преобразований, которые определяются, в основном, принципиальной схемой устройства. Утилитарными (эксплуатационными) факторами будут те, которые характеризуют удобство управления и наблюдения, рабочую позу, характер деятельности оператора и т. п. факторы. Эстетические факторы будут определяться композиционным решением, формой изделия, его цветом и т. д., гармонически связывающими изделия с интерьером (окружающей средой), с утилитарными и функциональными факторами.

Функциональные и часть утилитарных факторов удовлетворительно решаются инженером. Художник-конструктор РЭА должен решать вопросы эстетики и частично — утилитарности. Согласованное решение всех трех групп факторов — главная задача художественного конструирования: задача конструирования красивых изделий, красота которых заключена в логичности, целесообразности и органичности их построения, в пропорциях и гармонии целого и частей, их взаимного соответствия друг другу.

К сожалению, еще до сих пор художественное конструирование иногда понимают как своеобразное «украшательство» выполненного изделия: художника-конструктора представляют в виде своеобразного «портного», шьющего новую «художественную» одежду для промышленных изделий. Задачи художественного конструирования намного глубже и сложнее примитивного «украшательства». При художественном конструировании сложных комплексов РЭА грамотное и полное решение возникающих проблем требует участия больших коллективов разработчиков: инженеров, технологов, конструкторов, психологов, социологов, экономистов и т. п., среди которых особое место отводится художнику-конструктору.

Необходимость выделения художественного конструирования и его своеобразного «противопоставления» обычным методам конструирования — явление временное. Можно предполагать, что уже в недалеком будущем все конструирование будет только художественным. Необходимость этого определяется всем ходом развития общества, ибо использование художественного конструирования промышленных изделий не только создает впечатление прекрасного, не только воспитывает определенные эстетические нормы, но и повышает общую культуру человека, способствует повышению производительности труда, создает оптимальные условия работы человеку, превращает его труд в радость.

Художественное конструирование базируется на теоретических положениях технической эстетики, использует опыт промышленного искусства и эргономики. Сущность этих понятий следующая.

Техническая эстетика — наука, занимающаяся изучением эстетических закономерностей, возникающих в сфере промышленного производства. Ее специфическими проблемами являются художественные возможности современного промышленного искусства, художественные осо-

бенности материала (изделия), общественная роль промышленного искусства, методы художественного конструирования, законы промышленного формирования, средства выразительности технической формы и другие вопросы, отражающие теорию промышленного искусства и его отношение к человеку и обществу в целом. Промышленное искусство - весь предметный мир, создаваемый человеком средствами промышленной техники по законам красоты и функциональности. Промышленное искусство зародилось в 30-х годах XX века как новый вид художественного творчества в промышленности. Художественное творчество в промышленном искусстве состоит в создании нового типа изделия, отвечающего новой общественной потребности. Это достигается обеспечением выполнения заданных функций при одновременном выборе утилитарной формы и функциональной окраски, обладающих определенной эстетической выразительностью. Художественное конструирование — метод практического осуществления задач промышленного искусства. При художественном конструировании РЭА практическое осуществление задач промышленного искусства будет состоять в использовании методов и приемов, обеспечивающих согласование соответствующих входных и выходных «параметров» сложного комплекса "человек — РЭА" по законам красоты и гармонии. Под этими терминами понимаются: модальность (характер) сигнала и количество информации в нем (в единицах двоичного кода — битах или других параметрах), особенности восприятия сигналов с учетом геометрического и цветового решения изделия и окружающего интерьера, а также вопросы рационального выполнения пульта управления.

Эргономика — наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него оптимальных условий труда, обеспечения необходимых удобств в работе, сохранения сил, здоровья и работоспособности при высокой производительности и качестве труда. Эта наука возникла на стыке технических наук, психологии, физиологии и гигиены труда с использованием ряда данных анатомии, антропометрии и других наук. Пиротехника пока еще не получила таких прав гражданства, как эргономика, однако этот термин часто используется для характеристики науки (раздела эргономики), изучающей и рекомендующей оптимальные формы различных ручек, штурвалов, рукояток и других приспособлений для управления руками.

3.5 Особенности художественного конструирования РЭА

Можно выделить следующие основные особенности радиоэлектронной аппаратуры, позволяющие обособленно рассматривать вопросы ее художественного конструирования: большое количество равнозначных элементов, выдача выходных данных (результатов работы) в виде сигналов (а не изделий), возможность выполнения автономных постов управления и контроля, сильное влияние окружающей среды (объекта) на формообразование и функциональные параметры.

РЭА выполняется из большого количества равнозначных элементов либо в виде деталей (резисторов, конденсаторов, катушек, электровакуумных и полупроводниковых приборов и т. п.), либо в виде функциональных узлов (усилителей, триггеров, мультивибраторов и др.). Конструкция может быть самой различной: от обычных объемных элементов вещательной аппаратуры до пленочных и твердых схем для аппаратуры специального назначения. Равнозначность этих элементов позволяет выполнять их компоновку при почти произвольных геометрических формах и размерах тел заданного общего объема (V_{Σ}). Это свойство проявляется тем сильнее, чем больше отдельных элементов используется в данной системе. На рис.15 показаны примеры такого рода, где приведены четыре разных компоновки устройств, обладающих свойством $V_{\Sigma 1} = V_{\Sigma 2} = V_{\Sigma 3} = V_{\Sigma 4} = \text{const}$, а также $b_1 = b_2 = b_3 = b_4$. Это объясняется линейной или сетчатой структурой принципиальных схем РЭА, позволяющих «сворачивать», «вытягивать», «разрезать» и «разносить» в пространстве их отдельные элементы в самых разнообразных вариантах и пропорциях.

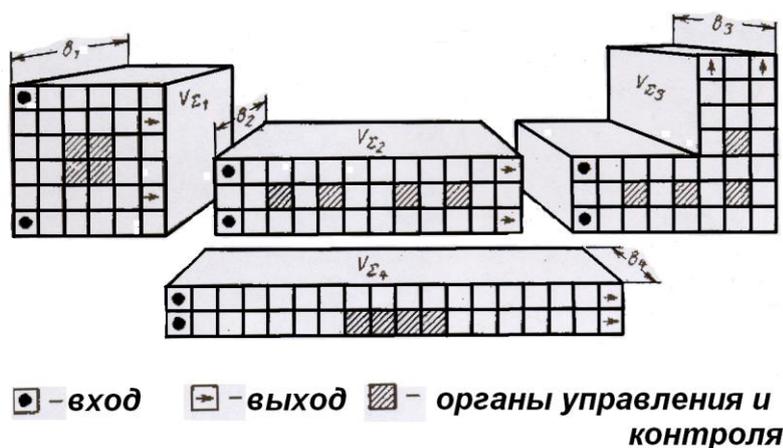


Рис.15 - Возможные варианты компоновки РЭА при одинаковых значениях объема V_i и глубины всех блоков

Таким образом, можно считать, что в известных пределах компоновочные схемы РЭА обладают большой гибкостью внутренней (функциональной) компоновки. В отличие от различных станков, средств транспорта, домашней утвари и т. п. изделий, которые являются как бы своеобразным «продолжением» рук и ног человека, РЭА является своеобразным «продолжением» наших органов чувств. РЭА не только повышает их чувствительность, но и позволяет производить первичную обработку получаемой информации. Поэтому важной принципиальной особенностью РЭА является тесная связь ее параметров с сознательной деятельностью человека. При этом сигналы, определяющие работу РЭА и связанных с ней устройств, должны быть выданы в форме, доступной рецепторному (воспринимающему) аппарату человека, а управление РЭА должно выполняться приспособлениями, соответствующими эффекторному (двигательному) аппарату человека. Это хорошо видно из

рис.16. Получив соответствующие сигналы от индикаторных устройств 1, человек-оператор выполняет интерпретацию их показаний 2, сравнивает полученные данные с программой работы или необходимыми результатами 3 и принимает соответствующее решение 4. Заключительным этапом будет воздействие на органы управления 5 в необходимой последовательности регулирующих элементов в РЭА 6, которые изменят режим работы. После отработки полученных управляющих сигналов 7 аппаратура начнет работать по новой программе 8, результаты которой получают отражение на индикаторах 9, и цикл повторится.

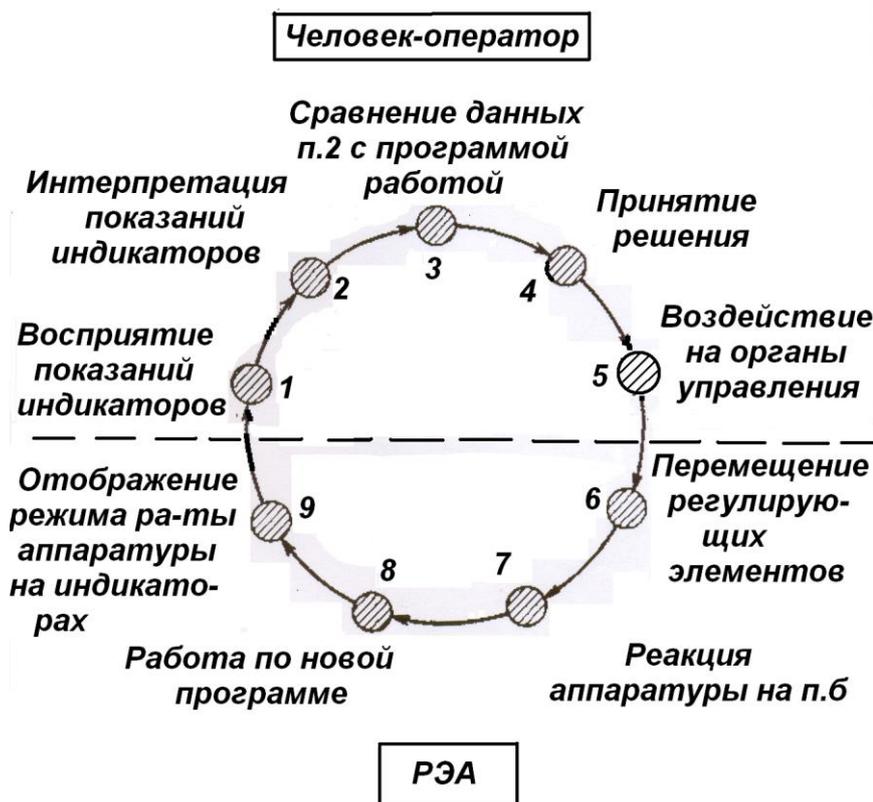


Рисунок 16- Последовательность операций управления

Если информация, поступающая от РЭА к человеку, не будет восприниматься полностью, то человек-оператор не сможет принять решение, соответствующее требуемой ситуации. Если воздействие на органы управления не даст соответствующего перемещения регулирующих элементов, то процесс регулировки также не будет соответствовать требуемому изменению. Из изложенного видно, что рассогласование в контуре управления нарушает работу комплекса «человек — РЭА». Нормальная работа возможна только при полном согласовании индикаторных устройств - рецепторному, а управляющих устройств РЭА — эффекторному аппаратам человека-оператора. Примером этому может служить развитие телевидения. Принципиальная возможность передачи сигналов такого рода была осуществлена еще в 30-е годы. Однако четкость передаваемых изображений была всего 30 или 60 строк, что намного меньше возможностей зрительного анализатора. Только освое-

ние электронно-лучевых трубок, обеспечивающих четкость 600—800 и более строк, превратило телевидение в массовый вид связи, ибо в этом случае четкость изображения стала одного порядка с возможностями зрения.

Количество и значимость органов управления и контроля в РЭА часто столь велики, что по условиям эксплуатации их целесообразно выполнять в виде отдельных устройств — пультов управления. Кроме удобства при эксплуатации такая система часто позволяет сократить число линий связи между отдельными частями сложной системы, что приводит к повышению надежности ее работы. Поэтому РЭА чаще всего стремятся выполнять по так называемой централизованной схеме, в отличие от децентрализованной, в которой индикаторы и приборы управления расположены на передних панелях многих приборов. При большом количестве индикаторов они могут даже занимать две-три стены в специальном помещении. В этом случае аппаратура располагается обычно в другом месте. Весьма специфическими элементами РЭА являются различные антенны и датчики. Все это позволяет представить РЭА в виде трех автономных частей, требования к которым различны (рис.17).

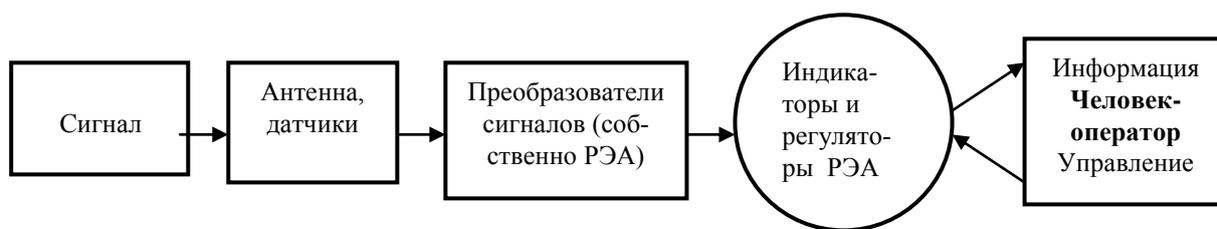


Рисунок 17 - Три специфические части РЭА

Знание особенностей их компоновки необходимо при художественном конструировании. Влияние окружающей среды объясняется тем, что диапазон ее воздействий очень широк: комнатные условия для вещательной и телевизионной аппаратуры, расположенной в жилых помещениях; проникающая радиация в контрольной аппаратуре атомных реакторов; безвоздушное пространство и невесомость на космических объектах. Эти факторы можно представить в виде схемы (рис.18). Уже это одно простое перечисление указывает на большое количество дестабилизирующих факторов, которые влияют не только на функциональные связи РЭА, но и на психику оператора, управляющего такой аппаратурой.

3.6 Последовательность художественного конструирования РЭА

Процесс разработки и изготовления радио- и электронной аппаратуры в настоящее время принято чаще всего делить на следующие четыре этапа: предварительный, эскизный, технический и этап изготовления изделия. Вместе с художником-конструктором в этой работе принимают участие разработчик принципиальной схемы изделия, конструктор-механик, технолог и другие специалисты. Особенности художественного конструирования

ния РЭА требуют следующей последовательности разработки изделия: анализ технического задания, эскизная компоновка органов управления и контроля, формообразование изделия, колористское решение, художественно-конструкторский макет.

Если РЭА имеет малое количество органов управления и контроля, то

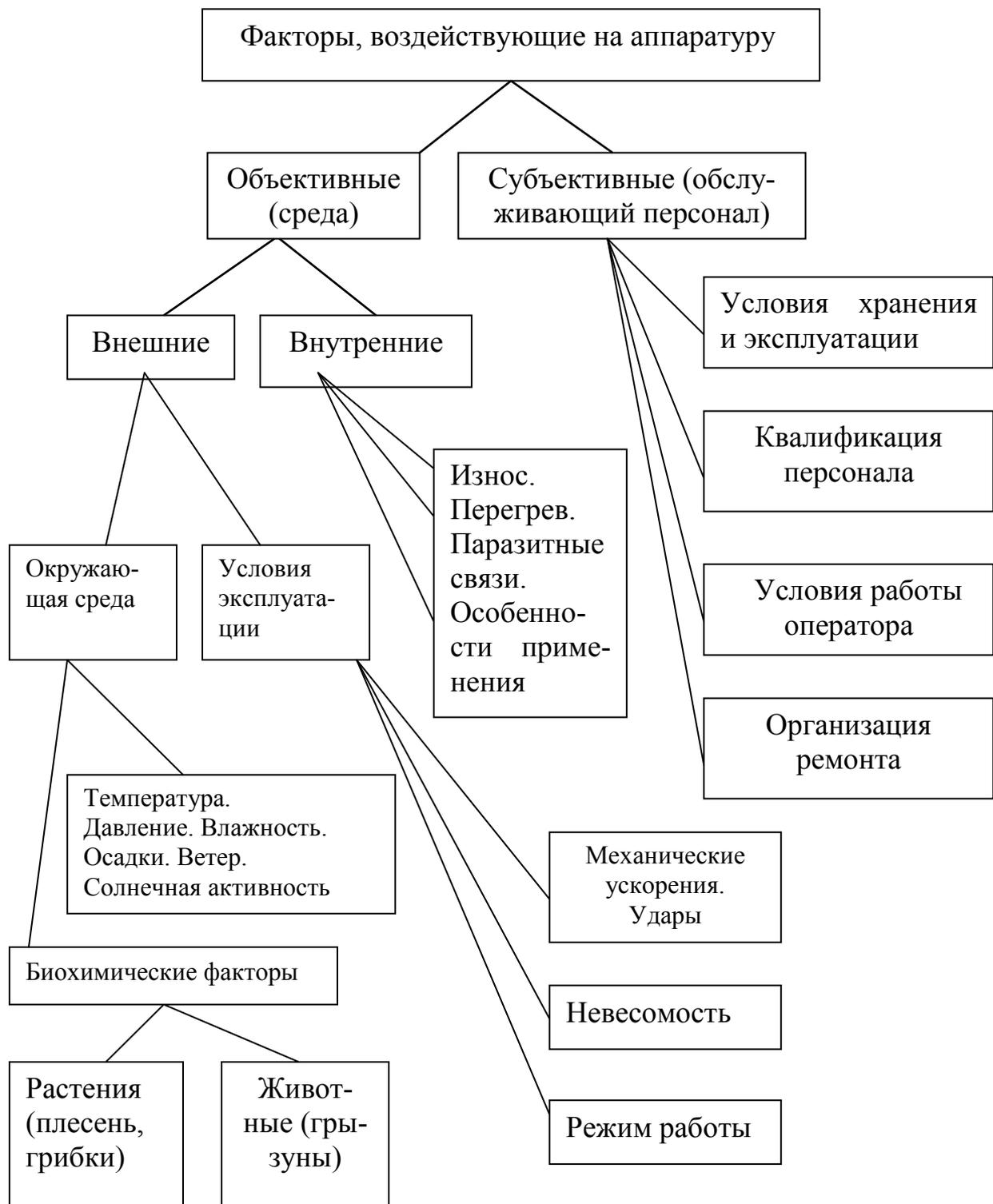


Рис. 18 - Схема связи дестабилизирующих факторов, воздействующих на РЭА

последовательность этапов может измениться: сначала будет выполнено

формообразование изделия и выбрано цветовое решение, а только после этого будет выполняться эскизная компоновка органов управления и контроля.

При разработке внешнего художественно-конструкторского оформления РЭС необходимо учитывать социально-экономические, эргономические, конструктивные и технологические факторы, выступающие в виде требований и ограничений и влияющие на конструкцию через субъективные особенности художника-конструктора, в частности через его опыт и знания в области технической эстетики, эргономики, конструирования электронной аппаратуры, технологических возможностей производства и т.д.

Алгоритм художественного конструирования представлен на рис.19.

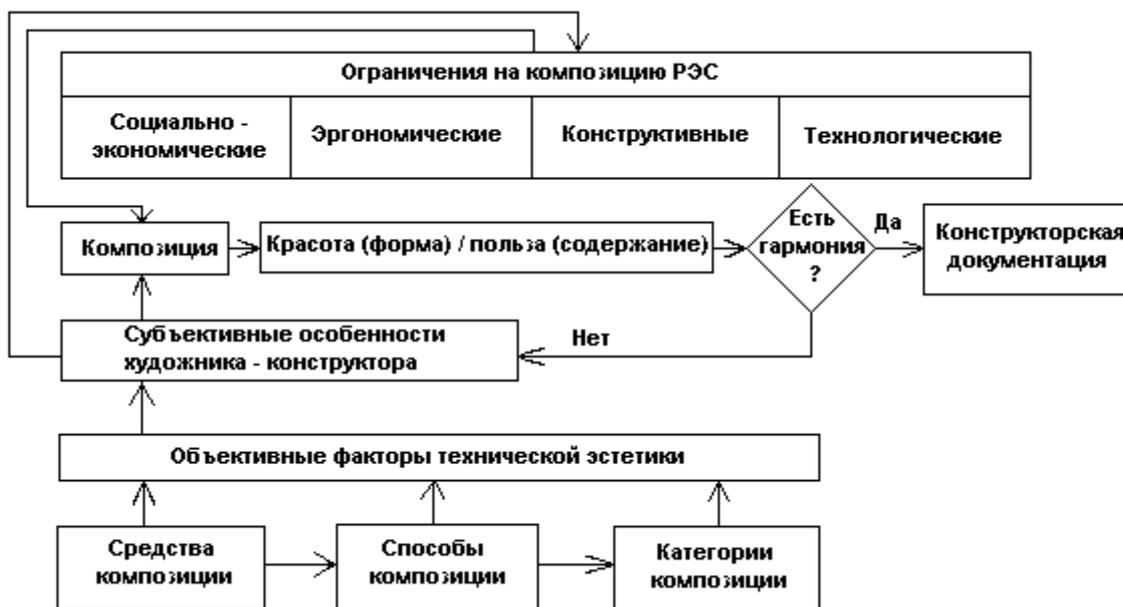


Рис. 19 - Алгоритм художественного конструирования РЭС

Художник-конструктор, используя объективные факторы технической эстетики и учитывая различные ограничения, синтезирует художественное оформление конструкции. Оценивая результаты очередного шага конструирования, он может перейти к другому варианту или остановиться на последнем и выпустить конструкторскую документацию на художественное оформление. В ряде случаев художник-конструктор может влиять на изменение ограничений, например, исходя из эстетических представлений, настоять на изменении способов отделки или схемы компоновки конструкции.

К социально-экономическим факторам относятся: обеспечение общественно-необходимых потребностей, ориентация на конкретную группу потребителей, устранение дублирующих функций в различных устройствах, унификация, экономия материальных и трудовых ресурсов, конкурентоспособность, обеспечение сбыта, патентоспособность.

Участие в мировой торговле остро ставит вопросы патентоспособности и сбыта. Патентованию подлежит промышленный образец, который признается новым художественно-конструкторским решением изделия, определя-

ющим его внешний вид, соответствующим требованиям технической эстетики, пригодным к изготовлению промышленным способом и дающим положительный экономический эффект. Художественно-конструкторское решение признается новым, если по совокупности своих существенных признаков оно отличается от аналогичных решений, известных в стране и за рубежом, и не раскрыто на дату приоритета заявки.

Художественно-конструкторское решение признается соответствующим требованиям технической эстетики, если оно обладает художественной и информационной выразительностью, рациональностью формы.

Форма в художественном конструировании рассматривается как сложное комплексное явление. Это система *объемно-пространственной, фактурно-цветовой и конструктивно-технологической* организации изделий. Форма отражает все качества конструкции: *технологичность, рациональность компоновки, удобство эксплуатации и обслуживания, эстетическую выразительность*. Она обладает рядом свойств: *объемно-пространственной структурой, геометричностью строения (поверхности, грани, ребра, точки), весомостью, прочностью, массивностью, плотностью, динамичностью, цветовым и световым колоритом*. Зная эти свойства, можно с помощью контраста создать максимально выразительные изделия. Одной из важнейших характеристик формы является ее целостность, определяющая возможность быстрой оценки структуры и качества изделия. Подобно любой научной дисциплине теория композиции базируется на категориях (*тектоника, объемно-пространственная структура, цветовая гармония*), отражающих наиболее существенные связи и отношения формы. Эти категории образуются с помощью *способов и средств композиции* (табл. 1) и оцениваются посредством *критериев*.

Назовем категории композиции.

Первая из них — *тектоника* — отражает соотношение главных и второстепенных элементов композиции, выявляет взаимосвязь несущих и несомых частей, ритмичность строения композиции.

Объемно-пространственная структура характеризует взаимодействие формы и ее элементов между собой и окружающим пространством. Различают следующие конструкции: плоскую (фронтальную), объемную и глубинно-пространственную. Типичный пример плоской конструкции — лицевые панели, характерным признаком которых является взаимное расположение элементов плоской и пространственной формы по двум координатам.

Объемную конструкцию представляет форма изделия в целом, которая характеризуется распределением объемов и масс по трем координатам. Все три измерения в композиционном отношении одинаково важны.

Глубинно-пространственная структура учитывает размещение одних объектов среди других составляющих комплекса и достигается с помощью выбора пропорций и масштаба.

Важнейшей категорией композиции является *цветовая гармония*. Она реализуется с учетом требований эргономических характеристик

зрения человека. Умело сочетая те или иные цвета, можно создать впечатление легкости и тяжести, холода и тепла, простора и тесноты.

Таблица 1 - Взаимосвязь категорий, средств, способов и критериев композиции.

Средство	Способ	Категория	Критерии
Форма частей и целого. Цвет. Взаимное расположение. Масштаб. Пропорции. Ритм. Симметрия /асимметрия. Взаимодействие объема и пространства	Выделение ведущего признака (повторение большого в малом, выделение композиционного центра, соподчиненность, соразмерность, расчлененность)	Тектоника. Объемно-пространственная структура. Цветовая гармония	Красота, польза (форма, содержание). Гармоничность. Выразительность (целостность формы). Оригинальность. Стилевое единство. Современность стиля. Утилитарность
Распределение масс частей относительно центра композиции. Пропорции. Масштаб. Форма. Цвет. Взаимное расположение.	Зрительное композиционное равновесие. Контраст		
Тон. Фактура. Пластика. Светотень	Нюанс		
Ритм. Симметрия/асимметрия. Взаимодействие объема и пространства	Статика/динамика		

Цвет необходим для выделения нужных деталей, например, наиболее важных клавиш, элементов, находящихся под высоким напряжением, и т.п. Цвет является средством эстетического воздействия, влияет на настроение людей, понижая и поднимая эмоциональный тонус, вызывая творческий подъем.

При анализе технического задания на проектирование в первую очередь выбирают или определяют те потоки информации, которые могут поступить к оператору. Они делятся на полный поток информации (обязательный или достаточный), вспомогательный, дополнительный и аварийный. После этого определяют, какое количество информации и какого характера (модальности) необходимо обработать в единицу времени в нормальных и аварийных условиях; решают вопрос о количестве операторов, возможности и необходимости их совместной работы. При этом следует учитывать влияние объекта (среды) и выполнение других задач оператора на его

работу. Одновременно с этим выбирается оптимальная модальность сигналов, по которой определяются типы соответствующих индикаторов и регуляторов. Этот круг вопросов решается на предварительном этапе. Квалифицированное решение его требует обязательного участия специалиста по инженерной психологии, разработчика схемы, а в ряде случаев заказчика, технолога, конструктора, производственника и экономиста.

Прежде чем приступать к эскизной компоновке органов управления и контроля, необходимо решить, по какой схеме будет выполняться компоновка. Принципиальное деление РЭА на децентрализованную и централизованную схемы может дать такие варианты: приемник информации, преобразователи, регуляторы и выходные устройства в виде одного изделия; приемники информации отдельно, остальные устройства вместе; отдельно все части. Принципы деления поясняются соответствующими схемами. После выбора схемы по антропометрическим характеристикам оператора выполняют пространственную компоновку (в виде эскиза) органов управления и контроля, не связывая ее пока ни с какими геометрическими размерами изделия, а учитывая только потоки и характер информации, и рабочее положение оператора (стоя, сидя и т. п.). Этот круг вопросов решают на начальной стадии эскизного проектирования. Кроме художника-конструктора на этой стадии необходимо участие разработчика принципиальной схемы изделия и заказчика. Другие специалисты могут привлекаться в качестве консультантов.

Параллельно с этими работами художника-конструктора разработчик схемы определяет компоновочные характеристики комплекса: общий объем, допускаемое дробление его на части, вариации формы, вес и другие параметры. На основе этих данных художник-конструктор приступает к разработке эскизов формообразования изделий, выполняя одновременную привязку их к пространственному расположению органов управления и контроля и к компоновочным характеристикам изделия. При выполнении этих работ очень важно учитывать воздействие среды (объекта) и интерьера помещения.

После первых эскизных вариантов формообразования изделия следует приступить к выбору цветового решения. Это решение должно не только соответствовать требованиям по функциональности окраски изделия и его частей, а также интерьера, но и сглаживать нежелательное воздействие условий эксплуатации (тепло, холод) и дефекты формы, которые невозможно устранить по принципиальным соображениям (например, за счет формы ЭЛТ, паразитных связей и т. п.).

Все эти вопросы решаются на заключительных стадиях эскизного проектирования, и первенство в их решении принадлежит художнику-конструктору. От того, насколько глубоко он смог проникнуть в работу на предварительном этапе и начальных стадиях эскизного этапа, насколько ясно он разобрался в функциональном назначении изделия, и будет зависеть успех его работы по созданию полноценного художественно-конструкторского произведения в дальнейшем. Здесь главными консультантами художника-конструктора будут технолог и конструктор-механик. Их творческое содру-

жество позволит учесть особенности применяемых материалов, требования механической прочности и промышленного производства.

При положительных результатах этой работы конструктор-механик может приступить к окончательной разработке чертежей, а технолог — к разработке технологического процесса. Окончательное решение по работе художника-конструктора в начале этапа технического проектирования будет приниматься после обсуждения художественно-конструкторского макета. Он может быть выполнен в виде посадочного макета рабочего места оператора, выполненного в натуральную величину, или в виде уменьшенных моделей. Краткое перечисление проблем, которые приходится решать при художественном конструировании, показывает, что выполнить их одному человеку (художнику-конструктору) невозможно. Процесс художественного конструирования РЭА, как и процесс разработки большинства современных сложных изделий, — труд коллектива специалистов. Работа художника-конструктора в этом коллективе важная, но не самая главная. Если изделие не будет соответствовать предъявляемым функциональным требованиям, пользоваться им нельзя, какое бы прекрасное художественное решение не было принято. Вопросы технологичности можно грамотно решить только с технологом, вопросы разумной конструкции — с конструктором-механиком, переработки информации — с психологом и т. д.

Пренебрежение хотя бы к части этих вопросов приводит либо к стилизации различных изделий, либо к дилетантству в их исполнении, либо и к тому и другому вместе.

Больших успехов в своей творческой работе художник-конструктор может достичь при непрерывном углублении своих знаний в определенной области промышленного искусства и при совместной работе с коллективом других специалистов, разрабатывающих данное изделие.

4. ОСНОВЫ КОМПОЗИЦИИ

4.1 Теория композиции в технике

Чтобы создавать промышленные изделия, в том числе РЭА, современными по своим эстетическим качествам, инженер-конструктор должен владеть художественно-конструкторским анализом, составной частью которого является композиционный анализ.

Композиция – это целостное строение предметов и их комплексов, все элементы формы которых находятся во взаимосвязи и гармоническом единстве. Дисциплиной, изучающей законы, приёмы и средства построения целостной формы, служит теория композиции.

В круг проблем теории композиции входит изучение композиционных категорий и объединения их в единую систему, обеспечивающую эффективность создания целостного, гармоничного по связи всех элементов, эстетически выразительного промышленного изделия (рис.20).

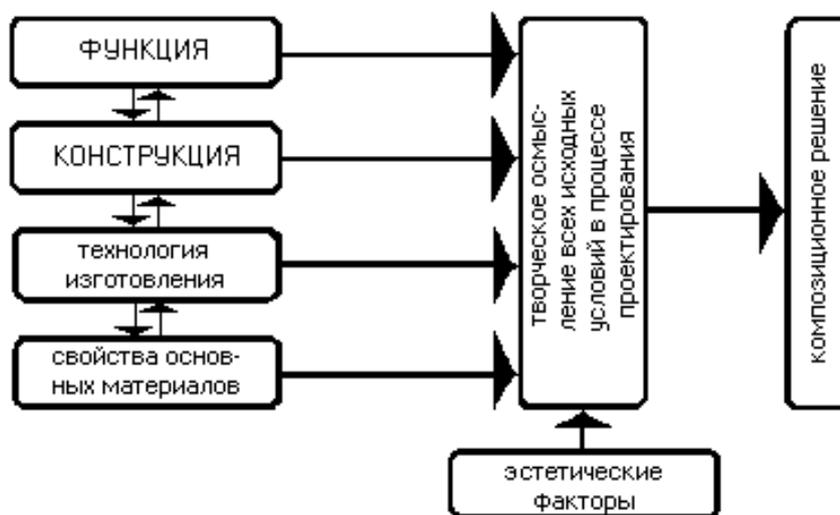


Рис. 20 - Зависимость композиционного решения от объективных начальных факторов

Основу композиции в художественном конструировании составляют закономерности, выражающие функциональные, конструктивные и технологические факторы формообразования предмета и изделия, а также принципы, по которым определяется целостность и законченность композиции.

Художественное конструирование и его теория на первых порах заимствовала всё сходное из близких областей: с одной стороны, из архитектуры и искусства, с другой стороны – из техники. Однако при этом без труда обнаруживаются существенные несоответствия, т.к. специфика формообразования в технике во многом определяется особым, только ей присущим характе-

ром связей объекта техники и человека, иными, чем в архитектуре функциональными процессами, иным влиянием конструкции на форму.

Различают три основные категории закономерностей художественного конструирования:

-объёмно-пространственная структура, эстетически воплощающая функцию предмета;

-тектоника, выражающая конструкцию, материал и технологию;

-декор, выражающий художественное строение внешней формы предметов.

Композиционных принципов также три:

-целостность композиционного решения;

-единство характера всех элементов композиции;

-соответствие формы целевой направленности.

В соответствии с названными основными закономерностями и принципами композиции художник использует определённые композиционные категории, являющиеся своеобразным инструментом для достижения эмоционального воздействия на человека. Это - выразительные средства, средства гармонизации, композиционные приёмы.

Выразительные средства – это тот материал, который использует художник-конструктор в своей работе, создавая композицию. Сюда относятся объём, плоскость, линия, цвет и свет. Этот материал сам по себе ничего не обозначает ни для художника, ни для потребителя. Для того чтобы он выразил мысль или чувство художника, стал гармонизированной формой, характеризующейся пластикой, фактурой, рисунком, колоритом и светотенью, на него надо воздействовать средствами гармонизации (пропорции, масштаб, ритм и т.д.) и использовать при этом композиционные приёмы (статика-динамика, симметрия-асимметрия, контраст-нюанс и т.д.).

В зависимости от того, какими выразительными средствами пользуется художник-конструктор, различают следующие виды композиции:

-линейно-графическая;

-живописно-плоскостная;

-объёмно-пластическая.

В художественном конструировании промышленных изделий наиболее часто встречается вид объёмно-пластической композиции и линейно-графической.

Рассмотрим более подробно основные категории композиции.

Категориями, отражающими наиболее общие и существенные связи и отношения окружающего нас предметного мира, в теории композиции являются тектоника, объёмно-пространственная структура и декор.

Мы рассматриваем в общем случае форму изделий любого функционального назначения (художественно – композиционный подход к организации формы един для всех изделий).

Тектоника – есть зримое отражение в форме работы конструкции и организация её материала. Например, литая несущая конструкция должна быть так выражена в форме, чтобы не возникало сомнения, что это именно литьё, а

не сварная или какая-либо иная конструкция. Поэтому можно говорить о тектонике «литой формы» (и не вообще, но, в частности, тонкостенной литой формы или тяжёлого литья); о тектонике штампованных несущих элементов и т.п. К сожалению, нередко встречаются промышленные изделия, форма которых лишена тектонической ясности, т.е. не информирует о том, как работает конструкция, каково распределение усилий и что вообще кроется за внешней оболочкой. Композиция такого изделия заведомо не полноценна.

Почему тектоника – одна из основных категорий композиций. Дело в том, что взаимообусловленность конструкции и формы, выраженная в конкретном материале – это то наиболее существенное, что предопределяет композицию всякого изделия и работу над нею.

В теории художественного конструирования форму каждого изделия можно рассматривать с точки зрения определённого взаимодействия всех элементов формы между собой и с пространством, т.е. как объёмно-пространственную структуру. Всякое изделие имеет свою объёмно-пространственную структуру, в одних случаях простую, в других – весьма сложную. Но независимо от степени сложности объёмно-пространственной структуры система связи всех её элементов имеет наряду с тектоникой решающее значение для достижения подлинной гармонии.

Хорошо организованная объёмно-пространственная структура промышленного изделия и его тектоническая выразительность являются важнейшими предпосылками гармонии.

На практике нередко бывает, что прибор механически сцеплен из отдельных элементов, органически не связанных между собой. В этом случае говорят, что такая форма композиционно неорганизована.

Две основные категории композиции – тектоника и объёмно-пространственная структура – тесно связаны между собой. Нарушение тектоники – ложное отражение работы конструктивной основы – обязательно сказывается на органичности связей элементов объёмно-пространственной структуры промышленного изделия; точно так же как неверное в принципе объёмно-пространственное решение приводит к погрешностям тектонического характера.

4.1.1 Свойства и качества композиции

Как гармоничное целое композиция любого промышленного изделия обладает многими свойствами и качествами. Их можно разделить на главные, определяющие форму, и второстепенные – менее существенные.

Так, композиция токарного станка может строиться на приёме контраста между сложной, насыщенной тенями структурой открытой части механизма (элементы суппорта, ходовые винты, органы управления и т.п.) и лаконичными чистыми объёмами и поверхностями несущей части станины, опор станка, крупных формообразующих элементов (коробки подачи скоростей, несущих колонн, столов и др.). Основным качеством композиции такой формы станка будет контрастность – противопоставление сложного и простого начала в форме.

Композиция другого станка может отличаться другим качеством – её главным организующим началом, возможно, явится ритмический или метрический повтор каких-либо наружных конструктивных элементов. Важнейшим качеством такой композиции будет уже ритмичность.

Композиция многих оптических приборов с их сложной объёмно-пространственной структурой имеет свои специфические качества, например, цветовой и тональный контраст между тёмными элементами органов управления и светлыми частями корпуса. Другим более обязательным качеством оптических приборов является тонкая нюансная проработка всех элементов, которая вообще должна отличать композиции точных приборов.

Таким образом, есть качества обязательные для композиции любого промышленного изделия. Отсутствие хотя бы одного из них может привести к существенным нарушениям организации формы. Кроме уже указанных выше качеств, тектоничности формы и организованности объёмно-пространственной структуры, этими качествами являются пропорциональность, масштабность, композиционные равновесие, единство характера формы всех элементов, колористическое и тональное единство. Именно эта группа качеств обеспечивает своего рода комплексное качество композиции – гармоничную целостность формы изделия.

Несколько особняком стоят ещё два обязательных и важных качеств композиции: единство стиля и образность формы. Их выделение из ряда других качеств связано с тем, что стилевое единство не обеспечивается лишь обычными средствами композиции (пропорции, ритм, контраст, нюанс и пр.) – его достижение зависит во многом от умения художника-конструктора передать дух времени во всем облике вещи. Поэтому стилевая характеристика говорит о «современности» изделия, о его соответствии существующим эстетическим запросам общества.

Образность формы промышленного изделия на первый взгляд кажется качеством само собой разумеющимся – ведь образ так или иначе отражает сущность предмета, а станок всегда остается станком. В действительности это не так просто. Когда мы, глядя на отличное изделие, созданное с участием художника-конструктора восклицаем: «Какая прекрасная форма, как она великолепно найдена!» - то передаём свое первое впечатление в наиболее общем виде. А оно, прежде всего, и вызвано образностью формы: именно в ней сфокусировано всё то лучшее, что связано с нашим представлением о данном изделии.

4.1.2 Закономерности композиции

Наряду со строгим учётом объективных факторов формообразования (функция, конструкция, технология, материал) важнейшим инструментом в процессе работы над композицией должно быть знание закономерностей композиции, соотношение которых в значительной мере гарантирует высокое качество конструируемого изделия. Закономерности композиции выступают как объективно действующие условия, отражающиеся на характере нашего восприятия формы. Независимо от того, является ли субъект воспри-

ятия профессионалом или нет, нарушение важнейших закономерностей композиции вызывает у него определенную реакцию – сигнал о нарушении целостности. Разница лишь в том, что профессионал может понять причины дисгармонии, а непрофессионал нет.

Как система целого ряда соподчинений, композиция возникает лишь при наличии особых связей между всеми частями целого. Эти связи основаны на закономерностях в одних случаях общего характера, без соблюдения которых композиция вообще не может существовать, в других, более частных, распространяющихся лишь на определённые формы. Например, как мы отмечали, для композиции многих станков и приборов характерно сочетание открытой сложной технической структуры механизмов с лаконичными закрытыми объёмами (опоры коробки передач, пульта управления).

Общей закономерностью композиции является более активная роль технической структуры, насыщенной глубокими тенями. Спокойная же форма закрытых объёмов не столь активна в композиции, так как не даёт того большого количества визуальной информации, которая даёт сложная структура.

Учёт этой закономерности композиции позволяет правильно использовать в работе над нею такое мощное средство композиции – как контраст между сложной структурой и лаконичным объёмом. От соотношения этих двух начал может зависеть очень многое в эстетическом восприятии формы.

Большую роль в построении композиции играют так называемые «композиционные мостики». Это взаимопроникновение определяющих форму начал способствует созданию целостной композиции. Если не знать этой закономерности в соотношении простого и сложного, можно легко нарушить целостность формы.

В тяжёлом станкостроении, где имеют дело с крупными объёмами, особенно важно учитывать закономерность соотношения размерных величин, т.к. здесь это связано непосредственно с тектоникой. Если пропорциональный строй основан на постепенном укрупнении кверху основных объёмов, то зрительно форма утяжеляется, и, наоборот, при уменьшении кверху – становится более лёгкой, изящной, интересной. Закономерностей, связанных с пропорциями очень много. Большое значение имеет при гармонизации формы выбор определённой системы размерных отношений.

Достаточно сравнить спропорционированный объём и объём, у которого размерные соотношения случайны. Здесь очень властно проявляется закономерность восприятия пропорций. Нарушение закономерности метрического повтора иной раз настолько сильно сказывается на форме, что зрительно способно полностью деформировать предмет.

Перечислить все закономерности композиции практически невозможно, т.к. они проявляются чрезвычайно многообразно, затрудняется и их классификация, т.к. в каждом конкретном изделии они проявляются по-разному, а поэтому штампованные рецепты на практике не пригодны и даже вредны.

Один из ведущих специалистов по художественному конструированию Г.А. Крюков говорит: «Нельзя дать готовых рецептов как сделать то или иное

промышленное изделие художественно решённым. Каждый случай требует своего конкретного решения, своего подхода. Однако существуют определённые принципы и объективные закономерности, которые являются общими для самых различных областей человеческого творчества».

Поскольку речь идет о формах промышленных изделий всегда так или иначе геометрически организованных в пространстве, то наиболее общим признаком, на который всегда стоит обращать внимание, можно считать принцип взаимодействия объёма и пространства. Характер этого взаимодействия определяется, прежде всего, симметрией и асимметрией. Другим распространённым признаком организации формы промышленного изделия является её динамичность или статичность.

4.1.3 Средства композиции

Следующей категорией, характеризующей композицию, является гармония формы в технике как результат деятельности инженера и художника-конструктора. Достигается это с помощью особых средств. В художественном конструировании они носят название средств композиции. К ним относятся пропорции, масштаб, контраст, нюанс, ритм, метрический повтор и характер формы.

Несколько особняком стоит группа средств композиции, основанных на использовании цвета, фактуры и текстуры материала, а также пластика, связанная со светотеневой структурой формы. Анализируя отлично сконструированное изделие всегда можно отметить, что оно наделено многими качествами. Такое изделие пропорционально, сомасштабно человеку, метрично или ритмично, повторяющиеся элементы управления удобны и выразительны, форма имеет своеобразную пластику, индивидуальный характер и т.д. Как же это достигается?

Пропорциональность является результатом пропорционирования целого и всех его частей.

Масштабность достигается умелой проработкой всех элементов формы по отношению к человеку;

Столь важное качество композиции, как пластичность, связано с организацией рельефа поверхности и светотеневой структуры;

В единстве характера формы всех частей изделия отражается умение проектировщика точно выразить характер целого в каждом из его элементов;

Цвет и правильные тональные отношения позволяют усилить органическое единство формы, добиться её целостности, выразительности.

Всё выше перечисленное и есть качественное отличие, определяющее сущность высокоорганизованной формы – его композицию. Достигаются эти качества в процессе целенаправленного, преломленного сквозь призму закономерностей использования средств композиции (рис.21).

На определённом этапе композиционного поиска, в зависимости от преобладания тех или иных закономерностей, качественные отличия оказывают влияние на выбор конкретных средств и на доминирующее значение одного из них.

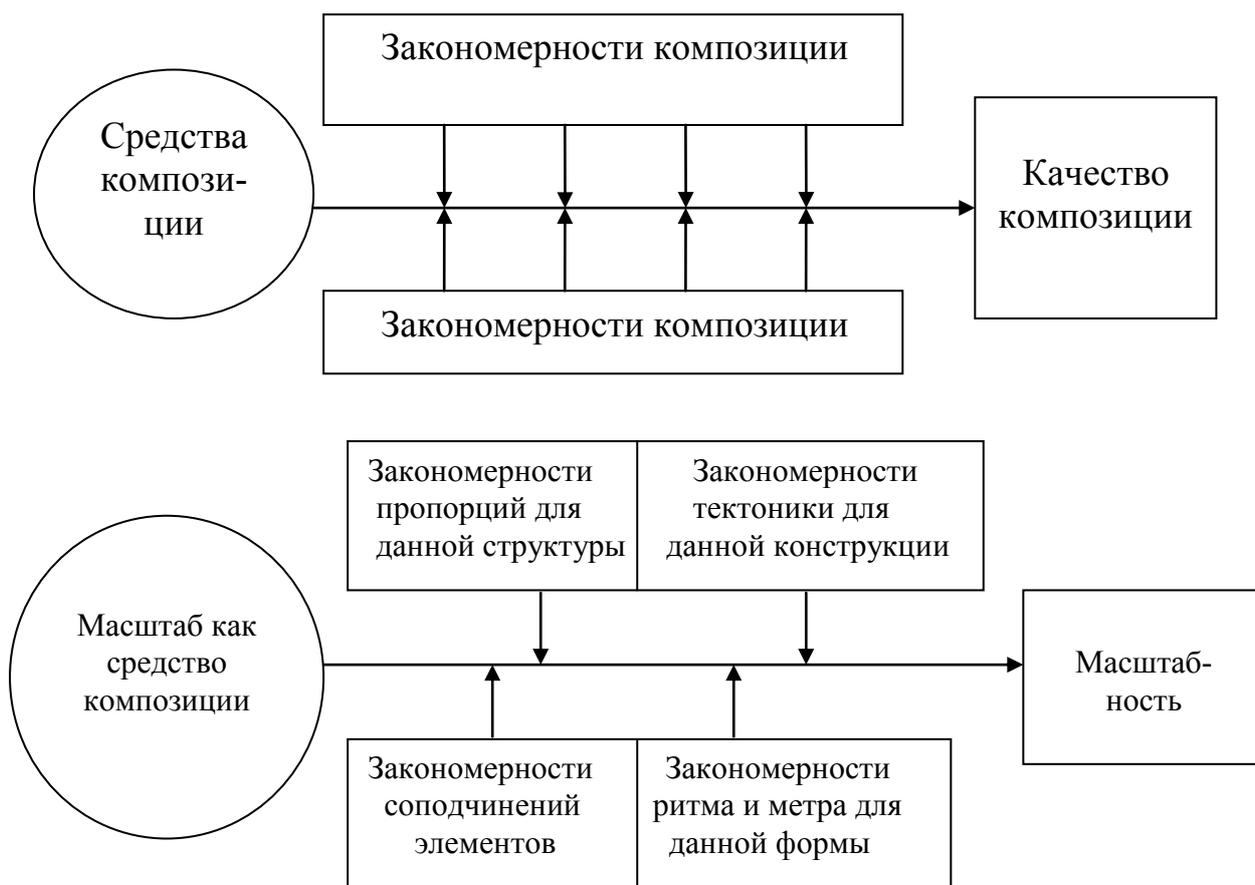


Рис. 21– Схема влияния закономерностей композиции

Например, выявилось, что верх промышленного изделия имеет сложную структуру с горизонтальными членениями, а низ – глухой, геометрически простой объём, нерасчленённый. Такая форма попадает в сферу действия определённых закономерностей, а именно: если два столь резко контрастирующих начала не будут иметь никаких связывающих элементов, то верх композиционно «отпадает» от низа и целостность нарушается. Чтобы организовать единую форму, пользуясь контрастом структуры, как средством организации формы, и нюансом для создания смягчающих силу контраста переходов к низу основания, добиваются определенной степени организации формы, ее целостности и выразительности.

Говоря о средствах композиции, не стоит уподоблять их краскам на палитре художника. Художник-конструктор, как правило, использует большинство средств одновременно. Лишь на завершающих этапах работы появляется необходимость в нюансах, в отшлифовке и уточнении характера формы и пр., но, как правило, даже использование этих тонких средств продумывается художником – конструктором чаще всего уже в начальной, эскизной стадии.

Средства композиции играют в структуре ее теории особенно важную роль, поскольку они являются своего рода инструментарием в творческой работе дизайнера.

4.2 Категории композиции

Выше говорилось, что основными категориями композиции выступают тектоника и объёмно-пространственная структура.

4.2.1 Тектоника

Всякая конструкция, так или иначе, выражена в форме. Зримое отражение в форме работы конструкции и организацию материала называют тектоникой.

Понятие тектоника неразрывно связывает две важнейшие характеристики промышленного изделия – его конструктивную основу и форму во всех её сложных проявлениях (пропорциях, метрических повторах, характере и т.д.).

Под конструктивной основой понимают несущую часть конструкции, характер распределения главных усилий, соотношения масс, организацию конструкционных материалов и т.п. Форма должна чётко и ясно отражать все эти особенности конструктивной основы.

Большое значение имеет тектоника в архитектуре, но не меньше значение её и в технике, где проявление её чрезвычайно многообразны, как многообразны конструкции, материалы, характер усилий и связей между конструкцией и формой.

Ещё часто встречаются конструкции, форма которых не отражает истинных рабочих нагрузок. Нагруженные элементы конструкции должны найти правильное отражение в форме, а всё то, что не нагружено (ограждающие кожухи и т.д.) не следует маскировать под работающие. Творения природы дают нам наглядный пример тектонической правдивости, и в этом заключается секрет выразительности и целесообразности природных форм, которые не перестают удивлять и восхищать человека, заставляя его учиться у природы.

Порой бывает трудно понять, почему форма чем-то не нравится, даже, несмотря на её внешнюю оригинальность. Нередко оказывается, что причина именно в нарушениях тектонического порядка.

Правильная тектоническая основа очень важна для промышленных изделий различного назначения и любых абсолютных размеров. Миниатюрный транзисторный приёмник, как и мощный экскаватор, не будет композиционно целостным, если не выявлена тектоника, т.е. нарушена связь конструкция-материал-форма.

Сборная ли это конструкция или монолитная; лёгкая и тонкостенная или тяжёлая и массивная, несущий это элемент или незагруженный – на все эти вопросы, облачённая в материал форма должна отвечать ясно и недвусмысленно.

Тектоника – это искренность формы в отношении конструкции и материала. Основу многих изделий задаёт их несущая конструкция, а также наиболее крупные формообразующие элементы.

Тектоническая правдивость связана прежде всего схемой несущей основы, т.е. достигнута ли её жёсткость и виброустойчивость с минимальными

затратами материала, насколько отражены в расчёте несущей системы кинематические особенности изделия и т.д.

Тектоника выражается, прежде всего, через пропорции, т.е. через отношения несомого, несущего, нагруженного и свободного от усилий, а также через характер передачи усилий, приходящихся на ось несущего элемента.

Примеры различной трактовки тектоники корпуса пишущей машинки приведены на рис.22 и 23.

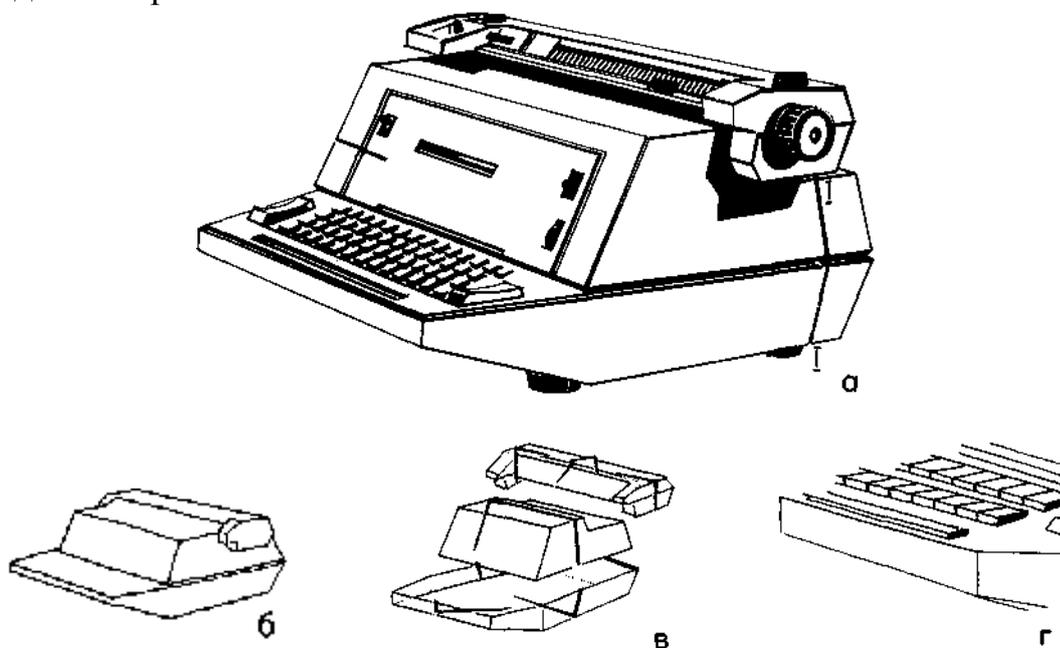


Рис. 22 - Коробчатый характер формы пишущей машинки

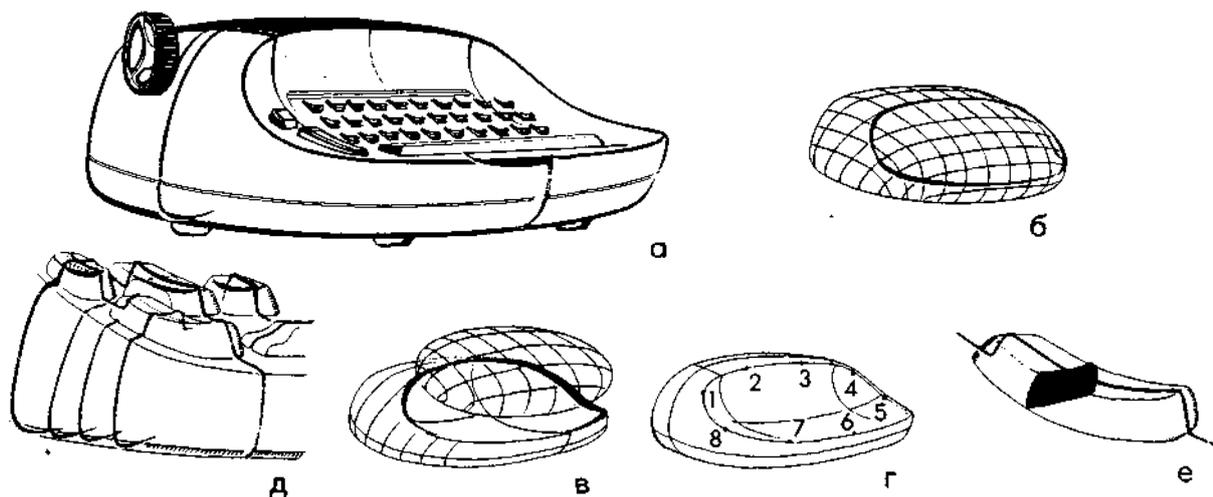


Рис. 23 - Оболочковый характер формы пишущей машинки

Например, для тектоники промышленных изделий «скульптурной» формы характерны крупные радиусы скруглений основных деталей. Контурные линии должны быть максимально разнесены, насколько позволяет конструкция. Иначе они будут создавать впе-

чатление разъемов, тогда как именно в моноблочной литой форме этого надо избежать.

Оболочковый характер формы изделия ярко индивидуален и как бы замкнут в себе. Если изделия с прямоугольной геометрией формы (составной характер формы) могут составлять композиционно - гармоничный ряд, то изделия с оболочковым характером формы обособляются и индивидуализируются. К примеру, моноблочная конструкция обеспечивает высокую степень жёсткости станка, а значит, и точность обработки на нем изделия. Но она слишком индивидуальна как в композиционном, так и в инженерном плане, что противоречит принципу унификации.

Схема компоновки формообразующих элементов и деталей клавиатуры пишущей машинки коробчатой формы решены в одном характере, место стыка двух частей корпуса подчеркнуто канавкой, дающей глубокую тень, что зрительно усиливает коробчатый характер формы.

Тектоника корпуса машинки оболочковой формы, наоборот, выражена сложными криволинейными образующими, незаovalенными кромками контура выреза клавиатуры, плавными кривыми образующих.

4.2.2 Объёмно-пространственная структура

Второй не менее важной категорией композиции является объёмно-пространственная структура изделия. Любая форма, так или иначе, взаимодействует с пространством, то просто и ясно, то сложно или даже очень сложно. Значит, как бы не была построена форма, можно говорить о двух основных компонентах структуры – объёме и пространстве.

Понятие «объёмно-пространственная структура» - понятие относительное, условно применимо ко всякой форме. Тому пример: гладко обкатанный морем камень – форма, пчелиные соты – пример объёмно-пространственной структуры, сетка паука – одно лишь пространство. Можно представить все многообразие взаимодействия объема и пространства. От самых тонких ажурных конструкций до плотных, словно сбитых форм - таково разнообразие проявления отношения объема и пространства в природе и технике.

Шар, куб, пирамида – наиболее просто взаимодействуют с пространством. Простота объёма позволяет отчётливо представить невидимые его части, т.е. довообразить его в целом. Но главное, что позволяет увидеть форму – это закономерность, лежащая в основе строения формы – принцип её развития.

Анализ показывает, что лёгкость восприятия любого конструируемого изделия во многом зависит именно от того, насколько закономерно развита его композиция независимо от её простоты или сложности.

Если, обращаясь к форме изделия, мы можем как бы довообразить, условно достроить всё то, чего не видим, то это один из важных признаков хорошо организованной объёмно-пространственной структуры. Гармоничная форма, сколь бы сложной она не была, является не случайным сочетанием объёмов, а, как правило, развивается по определённому принципу. Конечно, закономерность строения формы сложного изделия воспринимается или

улавливается не сразу, а требует определённой подготовленности воспринимаемого.

Если мы имеем дело с формой, воспринимая которую не можем понять принцип её построения, уловить закономерности её развития в пространстве – это первый сигнал об отсутствии гармонии. Чем сложнее объёмно-пространственная структура промышленного изделия, тем большее значение для достижения гармонии приобретает последовательное развитие принципа, положенного в основу её строения.

Важнейшей из закономерностей хорошо организованной объёмно-пространственной структуры является органичность связей между отдельными элементами или частями её структуры.

Важным условием целостности объёмно-пространственной структуры является также её общая упорядоченность. Только упорядоченность, т.е. сознательно или подсознательно прочитываемый принцип строения, делает структуру гармоничной. Если упорядоченность отсутствует и связи элементов случайны, восприятие структуры затрудняется – мы ищем, но не находим разгадки её строения.

При элементарной простоте объёмно-пространственной структуры принцип её организации прочитывается без труда. Явная хаотичность тоже даёт мгновенную информацию о полном отсутствии какой-либо системы в организации структуры. В организации объёмно-пространственной структуры существует предел сложности, за которым даже закономерное воспринимается как неупорядоченное. Это относится, прежде всего, к открытым многодетальным структурам.

Опыт художественного конструирования показывает, что главным, организующим сложную структуру началом композиции должна явиться композиция группировки её элементов в некие общности. Речь идёт не только о технических общностях, ибо любая конструкция, так или иначе, состоит из них, но именно о композиционно подчёркнутых сгущениях – отдельных группах в пределах целостного организма.

Далее, одной из важных закономерностей объёмно-пространственной структуры выступает единство строя, необходимость считаться с его общим характером, поддерживать и развивать строй главных элементов структуры в строе малых, частных элементов.

Несоблюдение этой закономерности приводит к появлению чужеродных частей структуры, которое не желает уживаться с остальными.

Анализ структуры невозможен без многократного калькирования основных составляющих формы, т.е. не только главных объёмов, но и пространственных окон – проёмов и углублений. Каждый этап полезно фиксировать на макете из пластилина или фотографиях.

Рассмотрим подробнее на рис.24 условные формы, чтобы представить себе наиболее общие проявления ряда важных закономерностей взаимодействия пространства и объёма.

Две объёмные модели отличаются разным характером связей объёма и пространства. Структура одной не имеет замкнутого контура – она открыта в

пространстве. Другая структура – ограничена рамой. Многие технические структуры организованы либо по первому, либо по второму признаку.

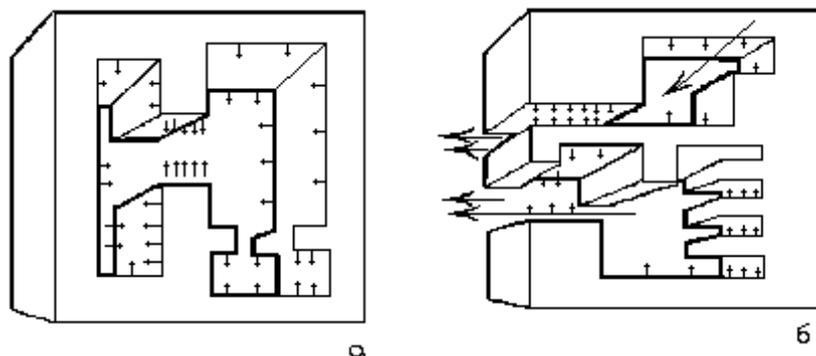


Рис. 24 - Условные элементы объемных моделей

Структура разомкнутого типа (рис.24 – б) непосредственно активнее, чем структура с замкнутым контуром (рис.24 – а). В замкнутых контурах и центр композиции, как правило, лежит внутри самой структуры, а в открытых он может оказаться за её пределами.

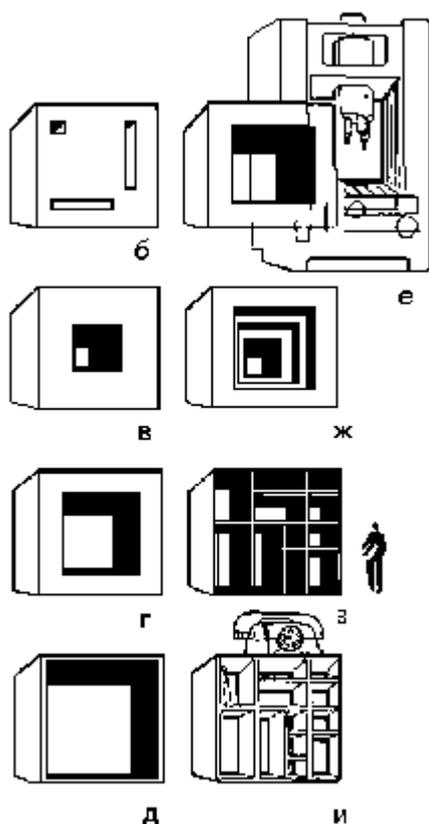


Рис.25 - Модели замкнутого типа

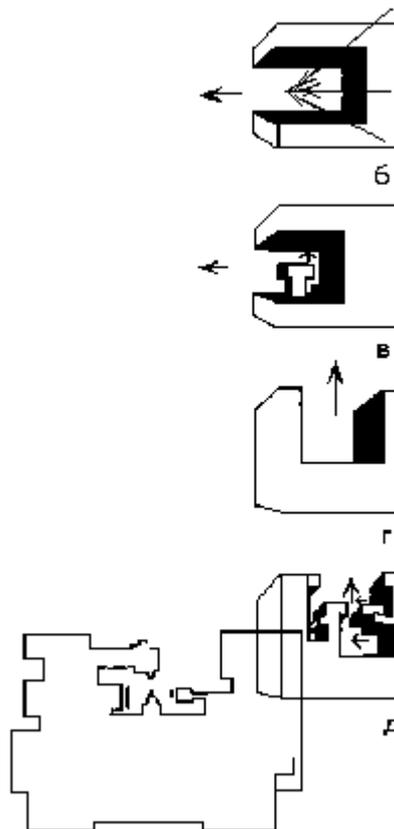


Рис.26 - Модели разомкнутого типа

На рис.25 (б-ж) модели с одинаковыми основными размерами. Они отличаются только по одному признаку – характеру связи с пространством. Эта связь во многом зависит от величины проёмов. Разница связей определяется соотношением пустот в условных материалах. Рис.25 (д) – материал уже превратился в тонкую раму. Рис.25 (б) – тонкие отверстия. Пространство как бы

прошивает объём. Но связи через материал всё же есть, следовательно, объём всё же пространственен. Роль пространственных связей может ослабевать или усиливаться в зависимости от ряда условий:

- соотношение проёма или проёмов и окружающего их массива, т.е. относительной величины «окна»;

- глубина такого проёма и абсолютные размеры всего объекта.

К второстепенным условиям можно отнести:

- характер поверхности, цвет;

- особенности материала, окружающего проём, фон за проёмом.

На рис.25 (в) проём увеличился – активность пространства возросла. Появилась глубинность, которой раньше не было. Резко увеличили величину проёма, и острота отношений объём - пространство пропало. Неслучайно, видимо, глубокие проёмы в толще стен древнерусских храмов на обширной глади каменной кладки дают сильный по остроте эффект.

На рис.25 (г) приблизительно площадь проёма и оставшейся части материала равны. Исчез контраст в отношениях проём-пространство, пропала и острота, активность этой композиции.

На модели рис.25 (д) – рамка осталась без материала. Это уже качественно новая модель, чем другие.

При развитии модели в глубину на рис.25 (е) – пространственность восстанавливается. Особенно это достигается при эффекте телескопичности – зрительно увеличивая глубину структуры на рис.25 (ж).

Большую роль имеет размеры предмета или изделия (рис.25 - з, и). В первом случае человек может ощутить пространство, последнее (рис.25 - и) имеет свойство зрительно уменьшать отдельные элементы объёма. Омываемые с двух сторон воздухом, они кажутся меньшими, чем в действительности. На рис.26 приведены модели разомкнутого типа, они открыты в пространство.

Итак, работая над композицией конкретного промышленного изделия, нужно видеть и его абстрагированную форму – как некую объёмно-пространственную структуру, как чередование материалов и пустот. Когда за деталями исчезает их конкретное назначение и остаются лишь два их компонента – объём и пространство, мы как бы видим «чистую форму, не отягощённую функцией».

По признаку объёмно-пространственного строения промышленные изделия можно условно подразделить на три большие группы:

- с открытыми техническими структурами действующих механизмов или несущих конструкций;

- относительно просто организованные моноблочные структуры со скрытым механизмом, размещённым в корпусе;

- сложные объёмно-пространственные структуры, сочетающие в себе элементы первой и второй групп.

Рассмотрим взаимосвязь тектоники и объёмно-пространственной структуры на примере ряда условных моделей с несущими и несомыми элементами, показанными на рисунке 27. В простейшем случае мы имеем дело с

тектоническими отношениями. На рис.27 (а, б) пролёты между опор малы, нагрузка на опоры не чувствуется. Материала так много, а «воздуха» так мало, что модель воспринимается как монолит с узкими щелями.

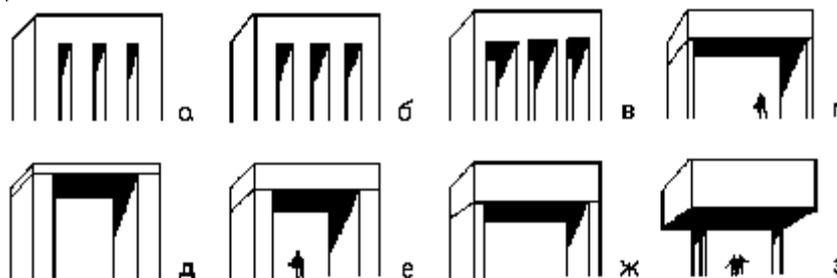


Рис. 27 - Модели с несущими и несомыми элементами

На рис.27 (в) выделились опоры и лежащий на них крупный объём. Но модель не выразительна, примитивна. Дело, видимо, в близости величины пролётов, сечений опор и высоты несомого элемента.

На рис.27 (г) уже чувствуется некоторое напряжение работающей конструкции, а в пролётах появился воздух. Интереснее стала и объёмно-пространственная структура.

Проявляется тектоничность конструкции на рис.27 (ж, з). Появился контраст тяжёлого несомого и тонкого, но напряжённого несущего. Одновременно появилась острота в отношениях объёма и пространства. В контрасте материала и пространства композиция приобретает особую выразительность, т.к. наглядно проявляются тектонические особенности действительно работающей конструкции.

Отношение материал-пространство несёт в себе тектонические характеристики, а отношение объём-пространство даёт представление об объёмно-пространственной структуре.

Нередко связи этих двух начал упускают из вида в ходе конструирования и работе над формой. Чрезмерные, взятые на глазок и с солидным запасом прочности сечения элементов конструкции, особенно открытых структур разных промышленных установок (стеллажи, каркасные конструкции) – резко снижает эстетический уровень этих изделий.

Структура, облачённая в конкретный материал, зрительно информирует нас о тектонической фальши. Конструкция должна «работать». Слабо загруженная, она теряет своё тектоническое звучание, следовательно, и эстетическую выразительность.

Работа художника-конструктора над объёмно-пространственной структурой имеет ряд особенностей, главная из них заключается в том, что необходимо до тонкости понять их тектоническую основу.

Инженеры иной раз не верят в эстетические достоинства технически современной «чистой» конструкции. Им кажется, что «художественную выразительность» она может получить лишь при оформлении специальными декоративными элементами. В действительности нет ничего губительного в

эстетическом отношении, чем внесение в отлично работающую объёмно-пространственную структуру лишних элементов.

Таким образом, мы убедились, что тектоника и объёмно - пространственная структура являются действительно важнейшими, определяющими композицию началами. Эти категории связаны с глубинными техническими основами любого изделия и достичь высокого уровня композиции невозможно, не вникнув в самую суть конструкции.

4.3 Свойства и качества композиции

Композиция отлично спроектированного промышленного изделия обладает многими специфическими свойствами и качествами. Такая форма целостна, все её элементы композиционно соподчинены между собой, уравновешены, едины по характеру, пропорциональны масштабны.

Значимость того или иного свойства композиции неодинаковы для различных изделий, но обязательны для любой композиции. Если форма утратит хоть одно из них, гармония нарушится. Что касается таких пар противоположных свойств, как динамичность и статичность, симметричность и асимметричность, то в тех случаях, когда в форме одного изделия уживаются эти противоположные свойства, одно из них должно доминировать.

Когда то или иное свойство становится важнейшим, организующим форму началом, оно выступает как качество композиции.

4.3.1 Гармоничная целостность.

Целостность формы промышленного изделия отражает логику и органичность связи конструктивного решения и его композиционного воплощения. На рис.28 показаны примеры различных проявлений гармоничной целостности условных технических форм.

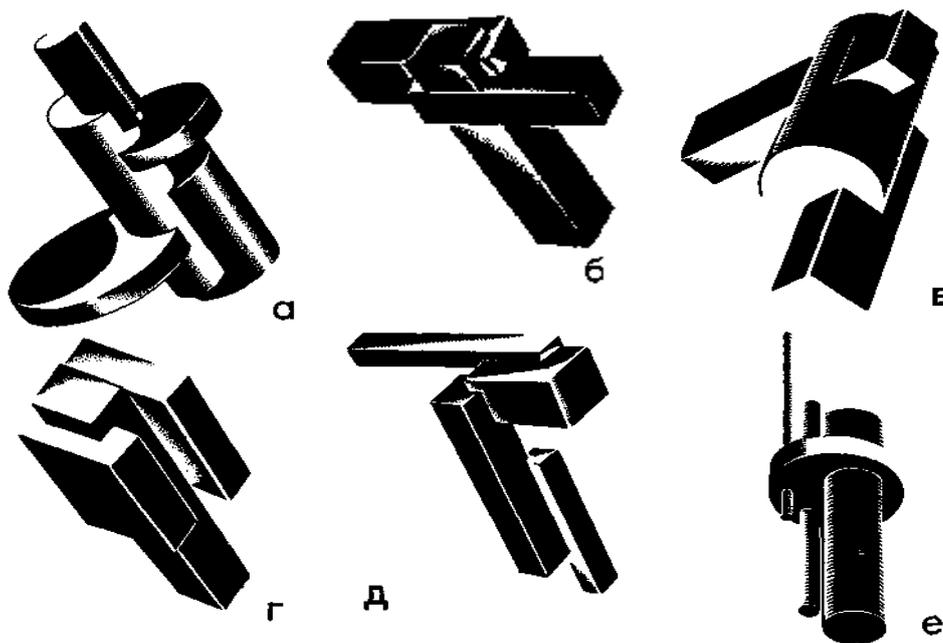


Рис. 28 - Проявление гармоничной целостности условных форм

Художественно-конструкторский анализ приборов показывает, как важно объединение множества конструктивных элементов не только технически (с помощью болтов, сварки и т.п.), но и композиционно, представив сложную структуру машины как гармоничную целостность.

Целостность связана с другим важнейшим свойством композиции – соподчиненностью. Любую композицию следует рассматривать как определенную систему, основанную на соподчинении элементов главных, менее значимых и второстепенных (рис.29).

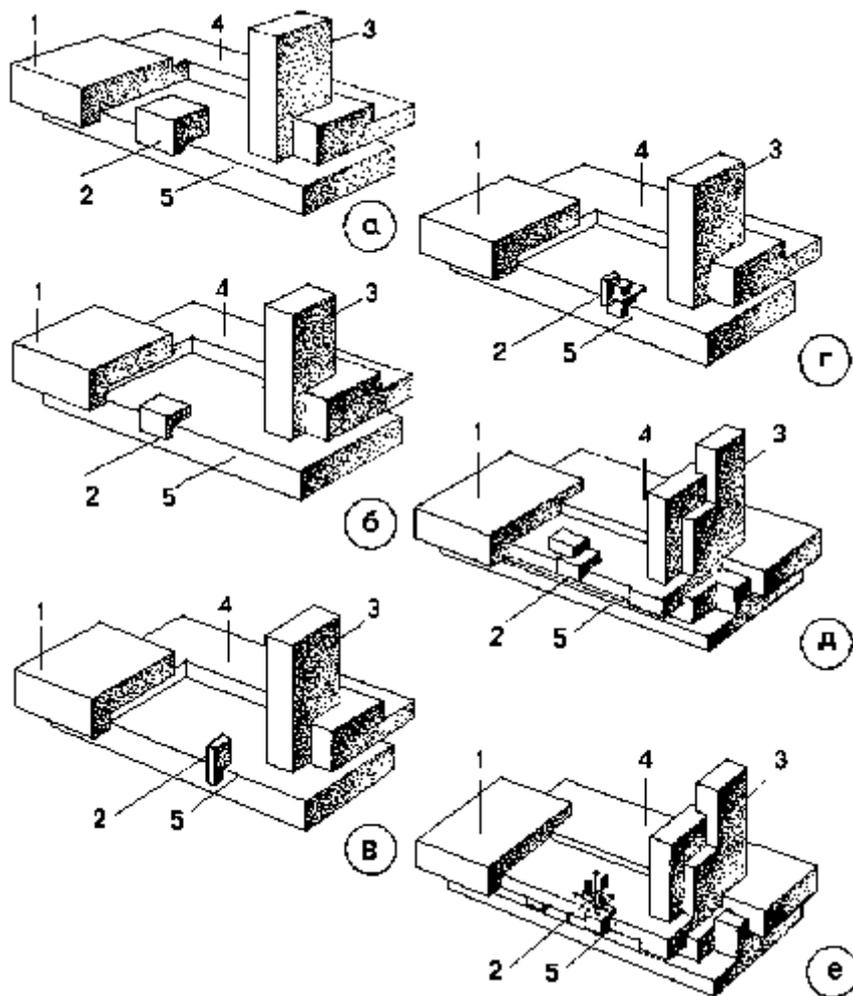


Рис.29 - Соподчинение элементов формы на условных моделях.

Главной особенностью всех связей элементов формы должна быть органичность соединения, их соподчиненность, без которой не существует целостности. Реальные технические объекты нередко лишены этого важнейшего качества композиции: объемы стыкуются чисто механически и, если отсоединить один от другого, то оставшаяся часть ничего не теряет.

Экспериментальные исследования психофизиологов показали, что отсутствие гармоничной целостности сложной системы, серьезно затрудняет работу оператора.

Композиционная целостность во многих случаях определяет и надежность функционирования системы человек – машина.

Композиционно – организованная форма воздействует как система взаимосвязанных элементов. С одной стороны, каждый из элементов должен быть сам композиционно организован, с другой стороны, все они должны составлять систему, т.е. особого рода целостность.

Если элементы, даже отличной формы, соединить вместе – новая общность окажется лишь механическим соединением, а не гармоничным целым. Целостность формы будет зависеть от того, как прорисован каждый из формообразующих элементов, и от того, как они взаимосвязаны.

Итак, мы приходим к выводу, что в работе над композицией сложного в объемно-пространственном отношении изделия, художнику-конструктору постоянно приходится иметь дело с двумя основными началами: элементами композиции и композиционными связями. Организация формы становится тем более сложной задачей, чем сложнее пространственные связи между основными формообразующими элементами и чем сложнее форма самих элементов.

Степень сложности пространственных связей и степень сложности формы отдельных элементов – можно рассматривать как определенное количество структурной информации о данной композиции. Для расшифровки композиционного принципа организации формы нужно приложить определенные усилия. Быстрота восприятия во многом зависит от логичности и ясности пространственных связей такой системы. В общем виде эту реакцию можно определить как способность преломлять в сознании, расшифровывать характер взаимодействия всех частей и всех элементов формы. Их отношения между собой и вызывают положительную или отрицательную реакцию.

Целостность, как указывают исследователи, носит интегральный характер, отражая многие свойства композиции, поэтому она может трактоваться как следствие соподчиненности элементов. Получив и тут же переработав определенную информацию, мы так или иначе оцениваем форму. Если объект восприятия является предметом с элементарно простой формой, мы способны почти сразу оценить её целостность. Но если форма предмета состоит из многих элементов, к тому же сложно организованных, то мгновенно оценить целостность такой композиции уже невозможно. Наш мозг не в состоянии в одно мгновение переработать большое количество композиционной или структурной информации. В этом случае большую роль играет степень гармонического совершенства формы.

Мы хорошо знаем, что многие вещи, которые мы видели впервые и мельком, не вызывали у нас совершенно четкой реакции. Более того, первое впечатление может быть даже ошибочным, неточным. По мере глубокого изучения композиции вещи, её формы мы уточняем свое первоначальное суждение о её гармонии и эстетической ценности вообще.

4.3.2 Соподчиненность элементов

Итак, главным, синтезирующим качеством любой композиции является гармоничная целостность формы, которая возникает лишь в результате особого соподчинения всех частей целого.

Но гармоничное соподчинение элементов формы не есть непосредственное следствие, механический результат конструктивных связей. В основе такого соподчинения всегда лежит закономерность или ряд закономерностей композиции, отступление от которых, как правило, и приводит к ухудшению формы или к полной её дезорганизации.

Соподчинение элементов формы сложного в пространственном отношении, например, станка или устройства, где важно взаимопроникновение и непосредственная связь, во многом отличается от соподчинения, допустим, элементов лицевой панели прибора. Здесь все элементы связывает и соподчиняет прежде всего фон – сама панель, на которой расположены приборы.

Если свести фон на нет, исчезнет и важное связующее начало композиции; тесно, впритык расположенные окошки шкал, тумблеры, ручки и прочая разнородная масса деталей перестанут восприниматься как композиционное целое.

Не менее важно как выполнены обрамления шкал приборов. Если тяжеловесные и грубые обрамления «забивают» свободную часть фона, невозможно говорить о соподчинении частей, ибо ни одна деталь не считается ни с фоном, ни со своими «соседями».

На лицевой панели нет мелочей, даже расположение головок крепежных винтов, величина и характер надписей, способ сочленения панели с корпусом и многое другое имеют немалое значение.

Поскольку композиционная целостность прибора во многом зависит от качества комплектующих деталей – обрамление шкал, формы ручек, тумблеров, сигнальных ламп и т.д., для повышения художественно - конструкторского уровня изделия требуется тщательная разработка новых ТУ и ГОСТов на эти изделия с участием квалифицированных художников-конструкторов.

Целостность формы изделий со сложным силуэтом во многом зависит от главных формообразующих линий.

Характер соподчинения элементов определяется назначением изделия и его конструкцией (станок или мотоцикл).

Итак, целостность формы и соподчиненность её элементов тесно связаны между собой. Если художнику-конструктору не удалось соподчинить основные формообразующие элементы, он не достигает и главного - композиционной целостности формы.

4.3.3 Композиционное равновесие.

Важным свойством композиции является ее равновесие – такое состояние формы, при котором все элементы сбалансированы между собой.

Композиционное равновесие зависит от распределения основных масс композиции относительно ее центра и, таким образом, связано с характером организации пространства, с пропорциями, с расположением главной и второстепенной осей, с пластикой формы, с цветовыми и тональными отношениями отдельных частей и целого.

Под центром композиции в большинстве случаев подразумевается место сосредоточения основных, важнейших активных связей между всеми

элементами, как правило, это смысловой центр предмета.

Композиционное равновесие по-разному проявляется в симметричных и асимметричных формах. Симметрию нередко считают как синоним равновесия, считая, что симметричная форма всегда композиционно уравновешена. Но, как показывает практика художественного конструирования, симметрия еще не гарантирует композиционной уравновешенности. Диспропорция частей целого, несомасштабность симметричной формы ведет к неуравновешенности в такой композиции (как результат – нарушение тектоники). На рис.30 показаны условные модели, раскрывающие зависимость между физической устойчивостью и композиционным равновесием при увеличении высоты опоры (осевая симметрия).

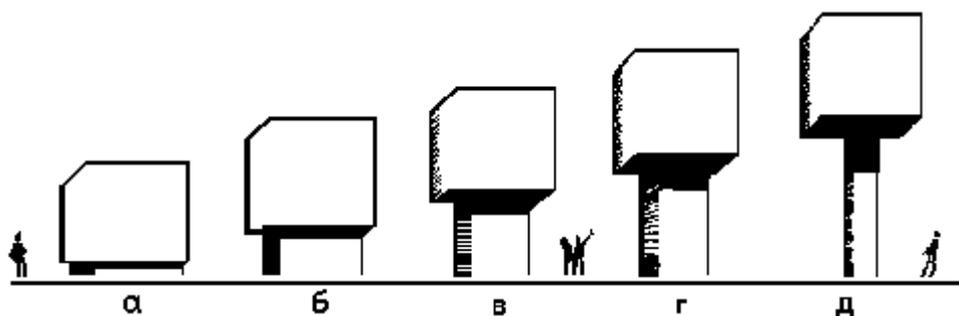


Рис. 30 - Устойчивость и композиционное равновесие.

Модели *а* и *б* на рис.30 зрительно вполне устойчивы. Дальнейшее увеличение высоты опоры при неизменной верхней части приводит к проявлению зрительной неустойчивости формы.

Несомненно, что композиционное равновесие симметричной формы достигается значительно простыми средствами, чем формы асимметричные.

Задача художника-конструктора добиться, чтобы форма была зрительно устойчивой, информировала о взаимодействии вынесенных масс с остальной частью, о характере распределения и восприятия усилий в конструкции,

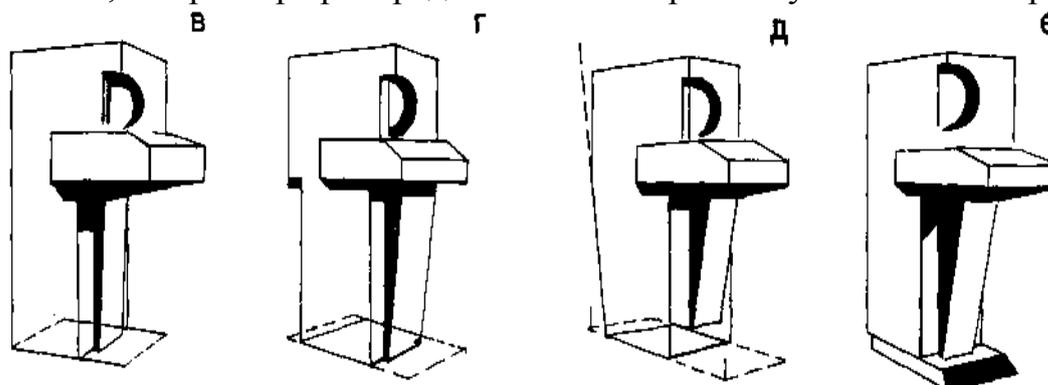


Рис.31 - От неуравновешенной формы к композиционному равновесию.

и правдиво передать в форме предмета способ достижения его физического равновесия, поскольку это будет одной из важнейших предпосылок композиционной целостности.

На рис.31 приведены правильные варианты решения восстановления композиционного равновесия условных форм.

За счет введения подрезки или наклонной плоскости тыльной стороны (а, б), введения устойчивого основания (в) осуществляется композиционное и физическое равновесие модели пульта управления.

Другой пример неуравновешенности формы, и пути восстановления композиционного равновесия приведены на рис.32.

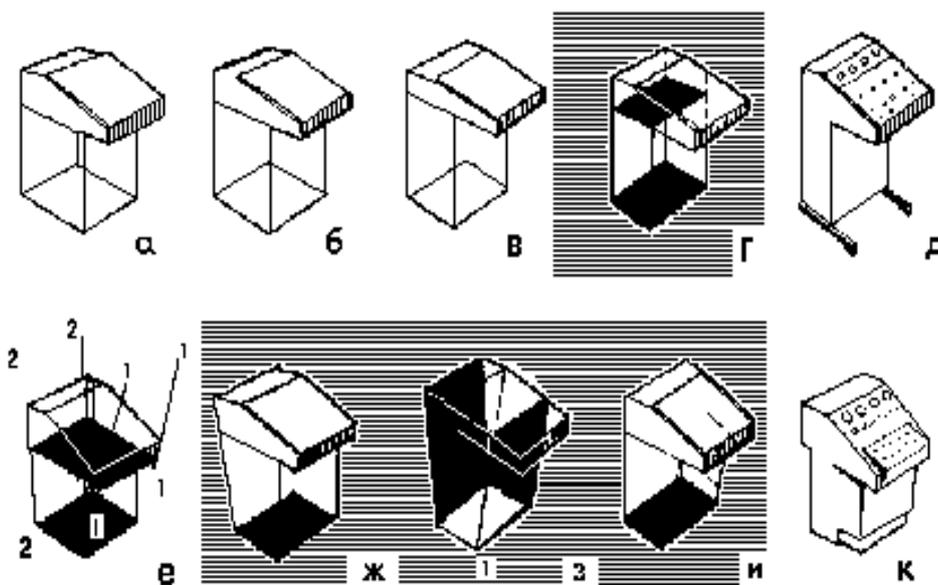


Рис.32 - Схемы решения композиционного равновесия пульта.

В большей степени необходимо соподчинение элементов на приборных панелях, где можно говорить о графическом равновесии на плоскости, что достигается соподчинением элементов по форме, цвету, тону, пластике и т.д.

4.3.4 Симметрия

Симметрия – одно из наиболее ярких и наглядно проявляющихся свойств композиции. Это и свойство – состояние формы, и средство, с помощью которого организуется форма, и, наконец, наиболее активная закономерность композиции.

Говоря о симметрии здания, машины или орнамента подразумевается просто определенное повторение – отображение левого в правом, верхнее в нижнем и т.д.

Симметрия, открытая человеком в природе, стала для него постепенно своеобразной нормой прекрасного, и он начал использовать её как средство гармоничной организации формы.

Существуют разнообразные формы симметрии: зеркальная, центральная, плоскостная, осевая и т. д. Не останавливаясь на этих формах, подробно

остановимся на особенностях симметрии, с которыми проектировщику приходится постоянно сталкиваться на практике.

4.3.5 Проявления асимметрии в симметричных формах

Абсолютной симметрии, как известно, практически не существует в природе. Что касается техники, то форма станков, машин, приборов, различного оборудования, как правило, имеет отступления от симметрии, вызванное условиями их функционирования, а, следовательно, и особенностями конструкции.

Пока законом строения формы оставалась симметрия, все было относительно ясно, но часто техническая функция и конструкция диктует свои условия, и что-то уже не находит отражения в строгой системе «левое - правое», «верх - низ». Тогда перед проектировщиком и возникает немало сложных вопросов.

Асимметрия в симметрии – это своего рода «высшая математика» в художественном конструировании. Отступления от симметрии нередко опасаются. Но само по себе отступление не обязательно дезорганизует форму. Если появление асимметричного элемента есть результат рациональной компо-

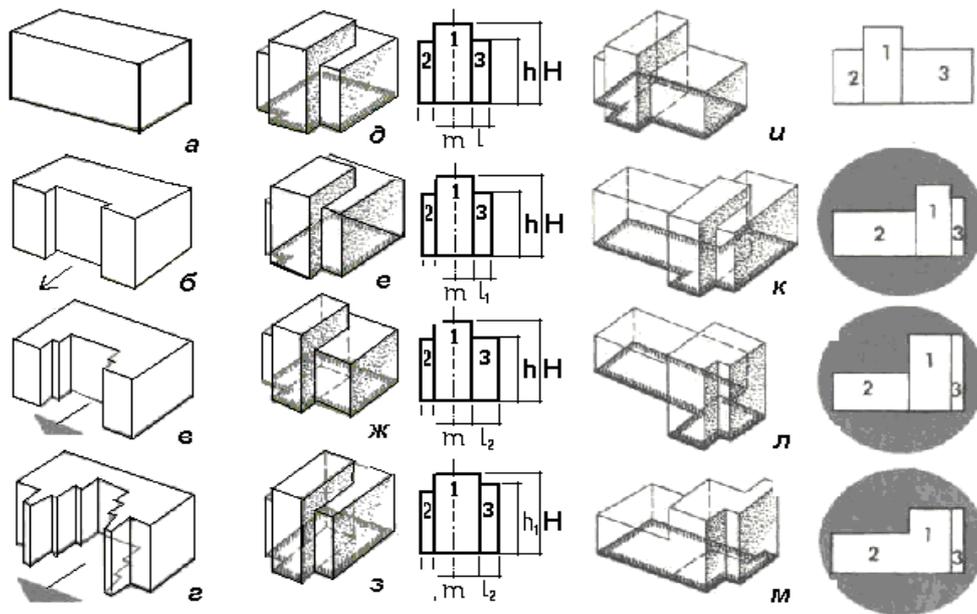


Рис. 33 - Проявления асимметрии в симметричных формах

новки, и если этот элемент органически связан с остальным объемом и главное достигнуто композиционное равновесие, то симметричная в целом композиция может получить тонкое своеобразие и оригинальность.

При развитии асимметричного начала в рамках симметрии может наступить момент, когда предмет перестает быть симметричным – всякое отступление от закономерного в форме возможно лишь в некоторых пределах, за этим пределом неизбежно наступает дезорганизация формы (рис. 33).

Сложность заключается в том, чтобы увидеть эту грань. С того момента, как мы перестаем ощущать принцип развития формы, говорить об её организации уже трудно.

Один из наиболее распространенных композиционных недостатков в конструировании промышленных изделий – это именно нарушение предела допустимых отступлений от симметричной основы. Можно определенно заявить о значительном влиянии элементов формы, осей симметрии, распределения масс, соотношения размеров на проявление и взаимодействие симметрии или асимметрии в композиции сложных изделий.

Проявление симметрии имеет свои особенности и в композиции на плоскостях, примером которых могут служить лицевые панели приборов (рис.34).

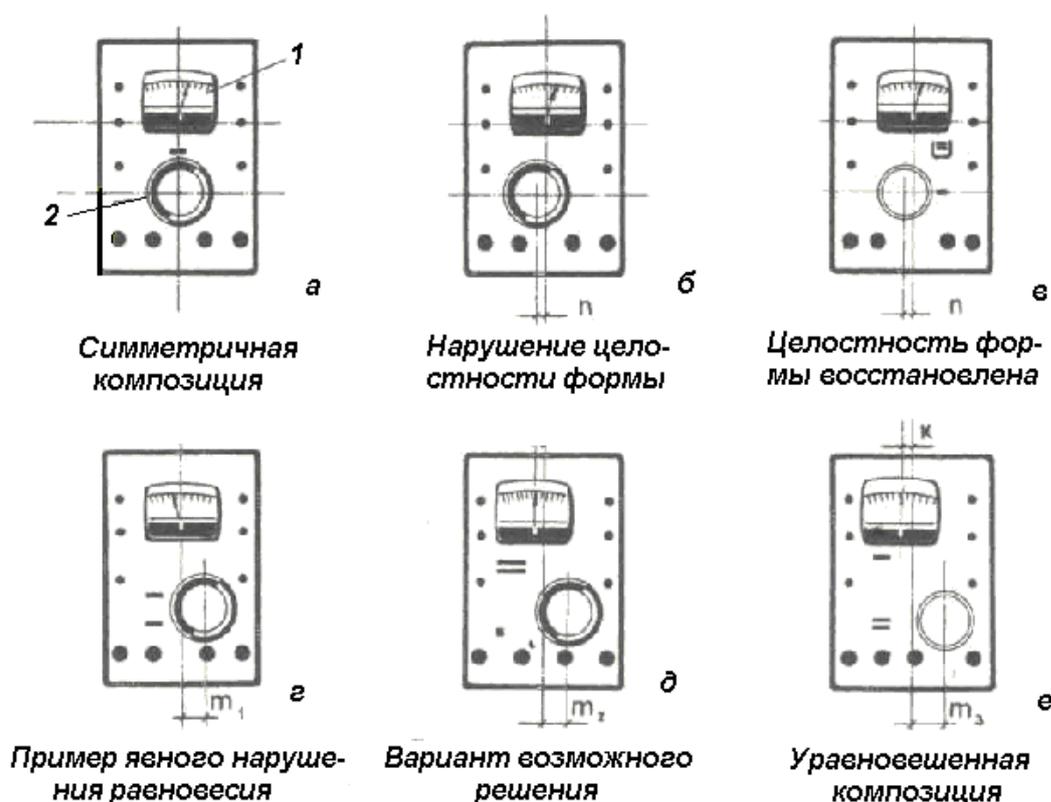


Рис. 34 - Проявление асимметрии и симметрии на лицевой панели прибора

Работая над изделиями с многоэлементной формой и часто не очень ясным принципом организации - симметрия или асимметрия, нужно, прежде всего, определить на каком из них следует строить композицию. А для этого любую, даже самую сложную объемно-пространственную структуру полезно в ходе компоновки представить обобщенно, как бы схематично – это помогает прояснить принцип строения формы и далее целенаправленно развивать его.

Когда компоновка панели диктует необходимость сдвижки одних элементов, то композиционное равновесие достигается при соответствующей

сдвиге других. Важно руководствоваться определенным принципом развития композиции – либо симметричной в основе с допустимыми отступлениями от симметрии, либо асимметричной с уравниванием элементов.

4.3.6 Асимметрия

Асимметричная форма для одних изделий – столь же объективный результат функциональной задачи, каким является форма, симметричная для других. Однако между двумя этими свойствами – состояниями формы существует принципиальная разница. Если симметрия с древних времен волновала воображение людей необычайной стройностью и порядком, то асимметрия в этом никак не может сравниться с ней.

Гармония асимметричной формы строится на сложнейшем переплетении многих закономерностей композиции, поскольку элементы формы не связаны осью симметрии.

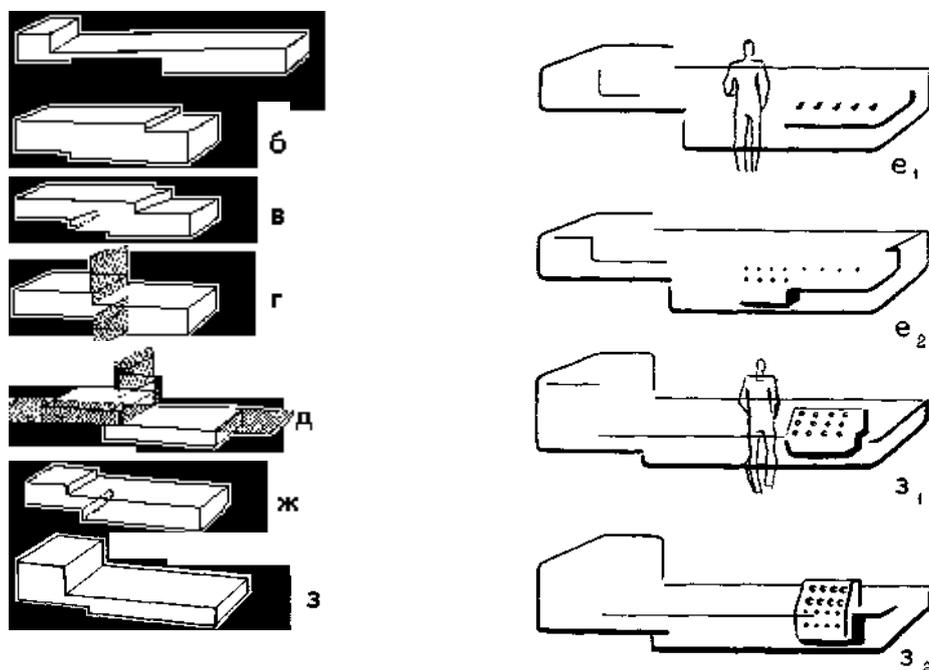


Рис. 35 - Асимметричные условные модели на основе исходной формы - прямоугольного параллелепипеда

Хорошо найденная симметричная форма воспринимается легко, почти сразу. Гармония асимметрии раскрывается постепенно. Однако неправильно утверждать, что симметричная композиция заведомо лучше асимметричной. Сама по себе симметрия еще не гарантирует гармонии, так же как асимметрия ни в коем случае не означает дисгармонии.

Вся история искусства, техники подтверждает, что асимметричные композиции и простые и сложные с точки зрения эстетической ценности не уступают симметричным. Вместе с тем работа над изделием с асимметричной формой гораздо ответственнее – она требует хорошо развитой интуиции и тонкого чувства композиционного равновесия.

Ранее были рассмотрены особенности композиционного равновесия симметричных форм при развитии в них асимметричного начала. Проанализируем теперь особенности композиции асимметричных форм, попытаемся понять некоторые закономерности, лежащие в основе их гармонии (рис.35).

Первое, что следует отметить, это то, что асимметрия весьма чувствительна к изменению пропорций. Поэтому, работая над изделием асимметричной формы, проектировщику приходится с особым вниманием относиться к его пропорциональному строю.

В асимметричных композициях большое значение имеет и «прочность», органичность связей частей формы. Причем вертикальные совпадения перепадов (рис.35 –г) в большей мере нарушают целостность, чем совпадения плоскостей горизонтальных (рис.35 –д).

Введение масштаба (появление человека), выявление тектоники объемов – все это еще больше конкретизирует характер отношений объемов и элементов, составляющих композицию.

Задача проектировщика – максимально точно раскрыть всё это композиционно. В такой конкретизации вся сложность достижения равновесия асимметричной композиции.

Необходимо рассмотреть и некоторые особенности асимметрии на плоскости, что в большинстве случаев связано с композицией лицевых панелей приборов (рис.36).

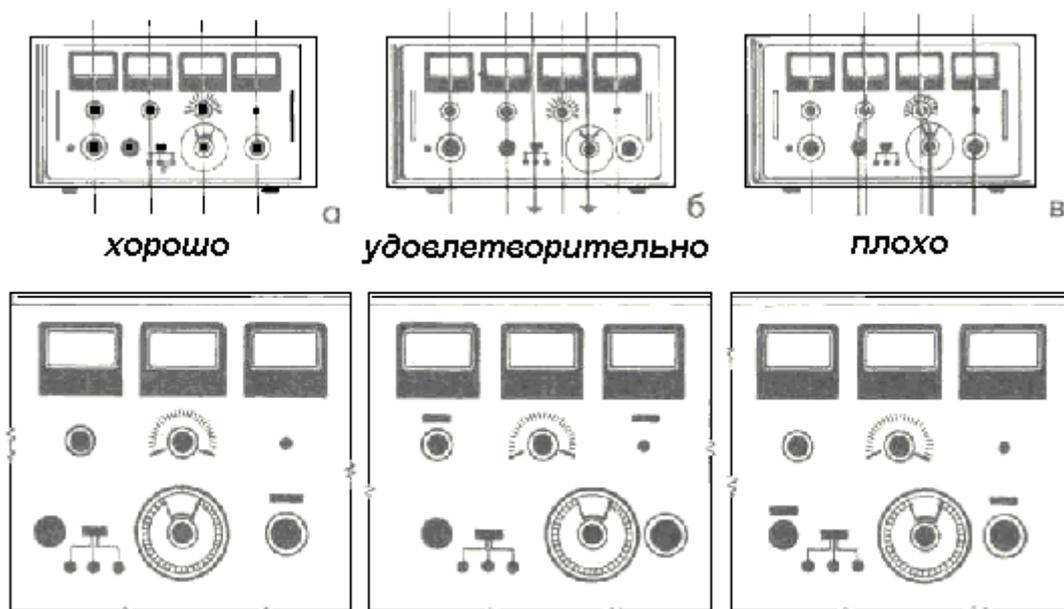


Рис. 36 - Три варианта компоновки прибора

Казалось бы, компоновка на плоскости – задача более простая, чем гармонизация сложной объемно-пространственной структуры, но практика показывает, что это не так. Здесь немало особенностей, связанных с тем, что иногда приходится нарушать метрический строй повторяющихся элементов (ручек, шкал, тумблеров и т.п.) и постоянно учитывать соотношение двух планов – верхнего, т.е. рельефа приподнятых над панелью элементов, и нижнего – фона самой панели (рис.36).

Рассматривая симметричные формы, мы не акцентировали внимания на соподчиненность элементов, т.к. симметрия способствует соподчинению, даже при существенных отступлениях от неё.

Асимметричная же форма лишена этой сильной организующей основы, и соподчиненность её элементов основывается на многих более тонких закономерностях, в совокупности сводящихся к композиционному равновесию.

Итак, главное условие целостности асимметричной формы – это её композиционная уравновешенность. В ходе работы над такой формой ее особенно необходимо проверять на макетах и моделях. Даже работа над плоскостными асимметричными композициями (лицевые панели) не может ограничиваться эскизами на бумаге, поскольку композиционное равновесие зависит и от пластики элементов панели (высота обрамлений шкал, форма ручек и т.п.). Поэтому очень важно сопоставление различных поисковых вариантов.

4.3.7 Динамичность

Форму, активно односторонне направленную, как бы вторгающуюся в пространство, принято называть динамичной. Если динамичность ярко выражена, она может стать главным, определяющим композицию качеством.

Динамичность формы, прежде всего, связана с пропорциями. Сравним куб и вытянутый параллелепипед. В первом случае, концентрация массы при равенстве размеров, определяющих форму, создает впечатление «устойчивого постоянства». В другом – реакция на форму определяется движением глаза вдоль длинной стороны объема, причем имеет значение и то, как происходит движение.

Следует подчеркнуть, что необходимое для проявления динамичности условие – активная односторонняя направленность формы. Тот же самый параллелепипед, поставив его вертикально – появляется активная односторонняя направленность снизу – вверх, а с ней и динамичность формы.

Динамичная форма может быть свойственна как неподвижным объектам (архитектурные сооружения, станки), так и быстро движущимся предметам (транспортные средства). Однако проявление динамичности в неподвижных и движущихся объектах весьма различно. Динамичная форма станка – следствие определенной конструктивной компоновки, взаимодействия объемов и отношений размерных величин. Но она не вызвана условиями эксплуатации и, таким образом, не является определяющим форму качеством.

Динамичная же форма гоночного автомобиля или самолета выражает сущность самого предмета и потому определяется условиями аэродинамики – чем выше скорость, тем жестче эти условия.

На рис.37 в общем виде представлено проявление динамичности форм. Модель (а) – параллелепипед, не имеющий никакой односторонней направленности. У модели (б) направленность появилась. Ярко выражена степень динамичности форм транспортных средств разнообразными приемами на примерах (е...к).

В технике немало примеров, когда одна часть формы активно динамична, а другая статична. Поэтому особенно важно найти меру динамичности, не поддаваясь соблазну искать ее там, где это не вызвано ни функциональной необходимостью, ни требованиями конструкции.

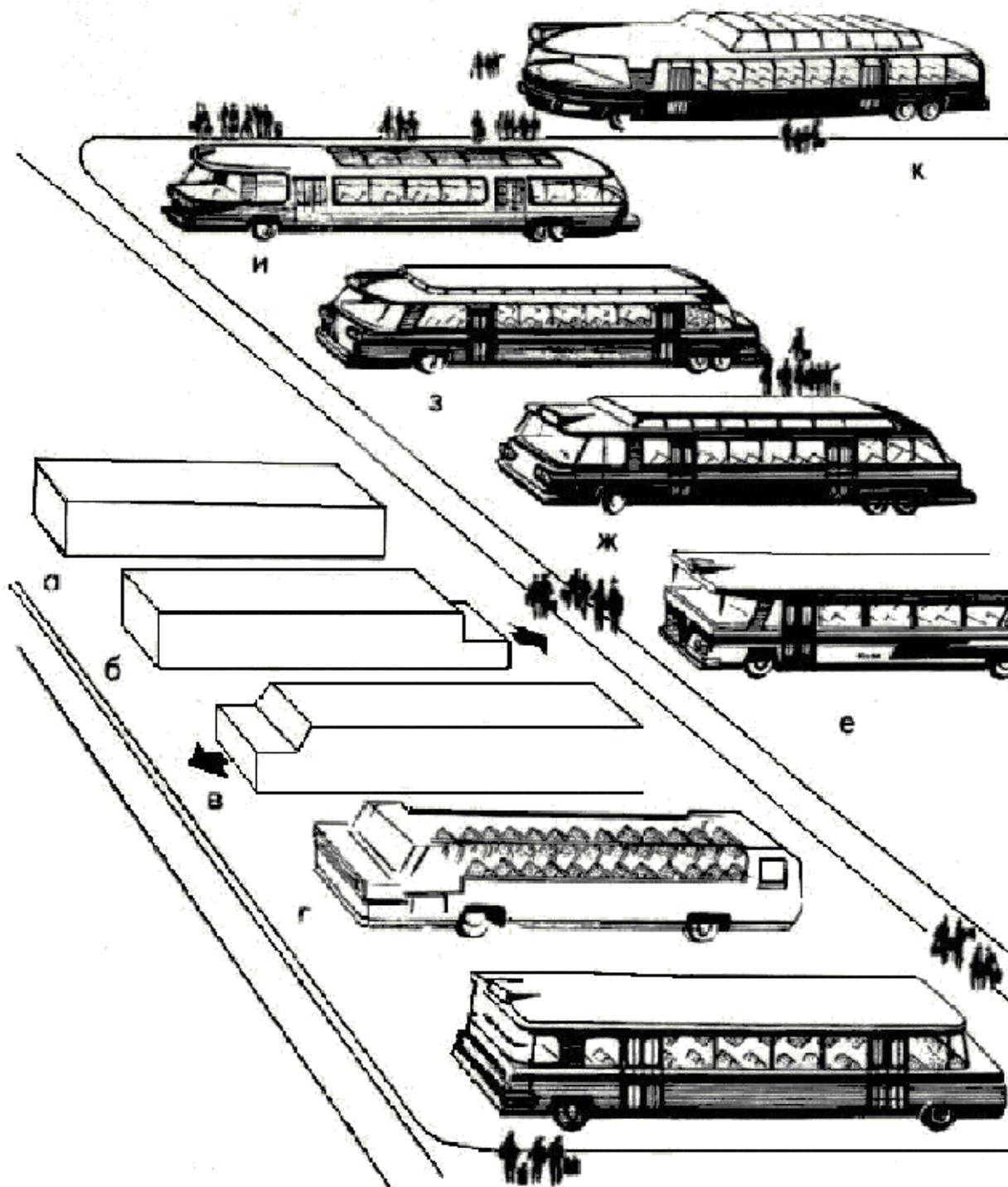


Рис. 37 - Развитие динамичности на условных геометрических моделях

Динамичность делает форму броской, активной, заметной, выделяет среди других. С другой стороны, с динамичной формой подсознательно ас-

социруется технический прогресс. Таким образом, динамичность представляется художнику-конструктору наиболее простым и доступным средством достижения образности формы различных изделий. Это в свою очередь может порождать противоречивые явления в художественном конструировании (пылесосы, часы, машины).

Став модой, динамичность может лишить форму многих вещей функциональной правдивости, информативности, индивидуальной образности. Динамичность необходима и уместна лишь в тех случаях, когда это оправдано утилитарно-функциональной необходимостью.

Разная степень динамичности в геометрической основе формы и отдельных её элементах как правило приводит к нарушению ее целостности.

4.3.8 Статичность

Статичность – подчеркнутое выражение состояния покоя, незыблемости, устойчивости формы во всем ее строе, в самой геометрической основе. Статичны те предметы, которые имеют явный центр и у которых ось симметрии является главной организующей форму осью. Такая форма не столь эффектна, как форма динамичная – движение впечатляет больше, чем покой. Однако это не означает, что сознательно подчеркиваемая в композиции статичность не может быть сильным организующим началом конкретной формы, хотя в чистом виде «абсолютная статичность» почти не встречается.

Если в средствах транспорта элемент статичности вообще исключается, то в станкостроении элементы статичности необходимы (станины и т.п.).

Более статичные формы характерны для приборной техники (но и там панели имеют немало асимметричных элементов, вносящих динамичность).

Статичные композиции имеют свои особенности, свои закономерности развития, без соблюдения которых невозможно создать целостную форму.

Прежде, чем приступить к работе, проектировщику необходимо осмыслить, с какой формой он имеет дело, что объективно доминирует в ней – статичность или динамичность. Станок, прибор, промышленное оборудование не могут в одинаковой мере быть статичными и динамичными – какое-то из этой пары противоположных свойств должно быть основным. Главным, что делает необходимым художественное осмысливание статичности, является человеческий фактор. Огромные концентрации металла в крупных объемах многих станков при растущих мощностях выдвигают перед проектировщиками задачу нахождения масштаба по человеку, т.к. управляет этими станками человек.

Чтобы разобраться в некоторых общих проявлениях статичности, рассмотрим условные модели (рис.38), строение которых типично и для конкретных изделий. На примерах рисунка можно проанализировать, в каких моделях статичность выражена сильнее, где и почему она ослабевает.

Соблюдение определенных закономерностей построения статичной композиции позволяет усиливать или ослаблять свойства статичности. Знание этих закономерностей избавляет и от противоречий, которые могут воз-

никнуть при художественно-конструкторской разработке тяжелых машин со статичной в основе композицией.

Заметим, что положительный в эстетическом плане эффект мощной, статичной по композиции конструкции возникает при введении в неё изящных, сомасштабных человеку элементов – трапов, переходных мостиков, ограждений, пультов управления и т.п.

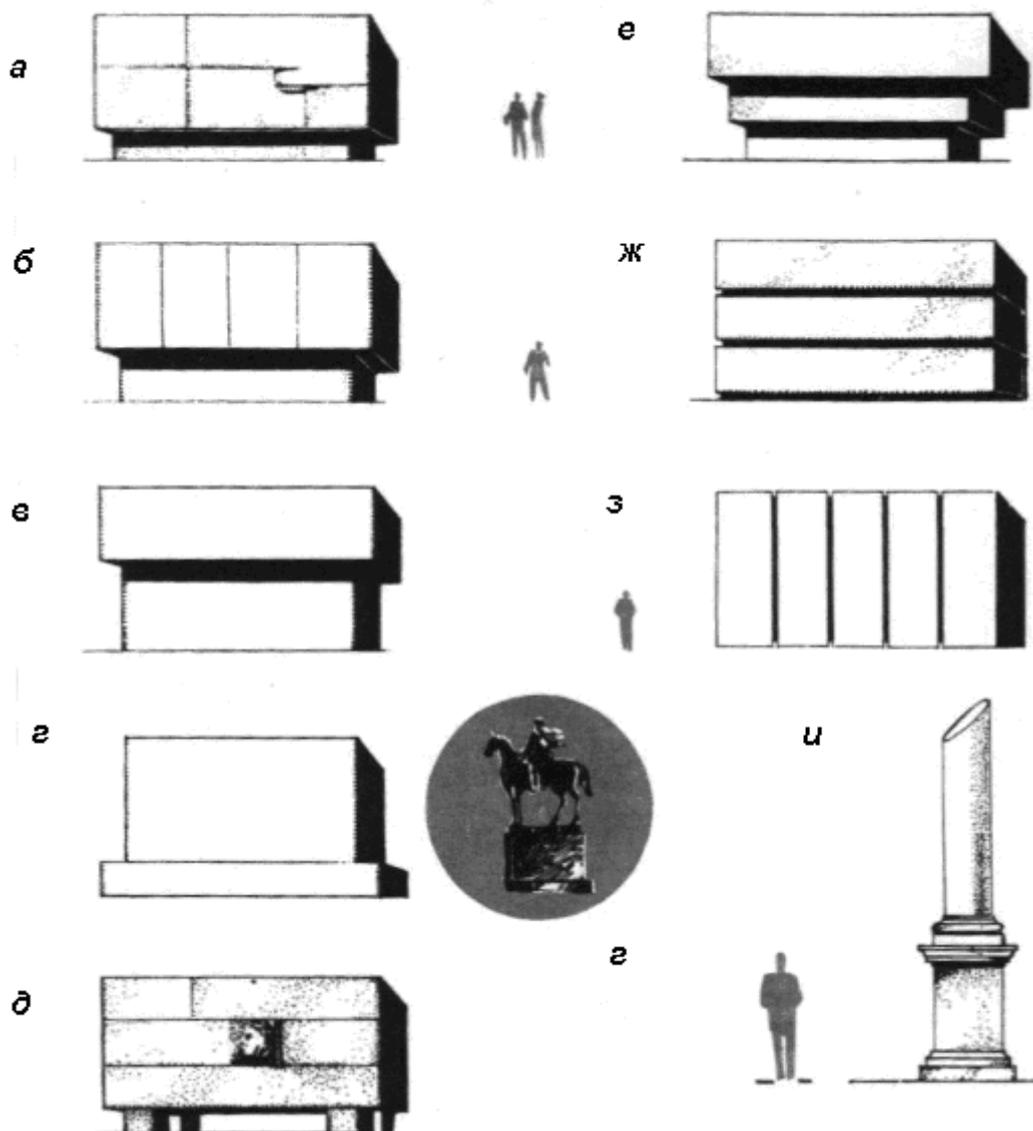


Рис. 38 - Выражение статичности на условных моделях

Контраст силы и легкости в таких композициях служит одним из верных средств достижения выразительности. Поэтому никак нельзя оправдать дурной традиции, бытующей в тяжелом станкостроении делать все эти элементы грубее, чем у легких станков.

4.3.9 Единство характера формы

Это весьма важное свойство композиции, которым обладают изделия высокого эстетического уровня, почти не исследовано. Дело, вероятно, в том,

что под характером формы понимают нередко стилевые особенности формы, т.е. единый характер формы присущий всем изделиям какого-либо предприятия.

Характер формы – это совокупность чисто индивидуальных черт, отличающих формы одинаковых по назначению и даже по принципу конструкции изделий.

Насколько различен может быть характер формы изделий одного назначения, и как проявляется единство, показано на рис.39 на примере трех вариантов микроскопов.

Аналогичные примеры различного проявления характера формы автомагнитометра приведены на рис.40.

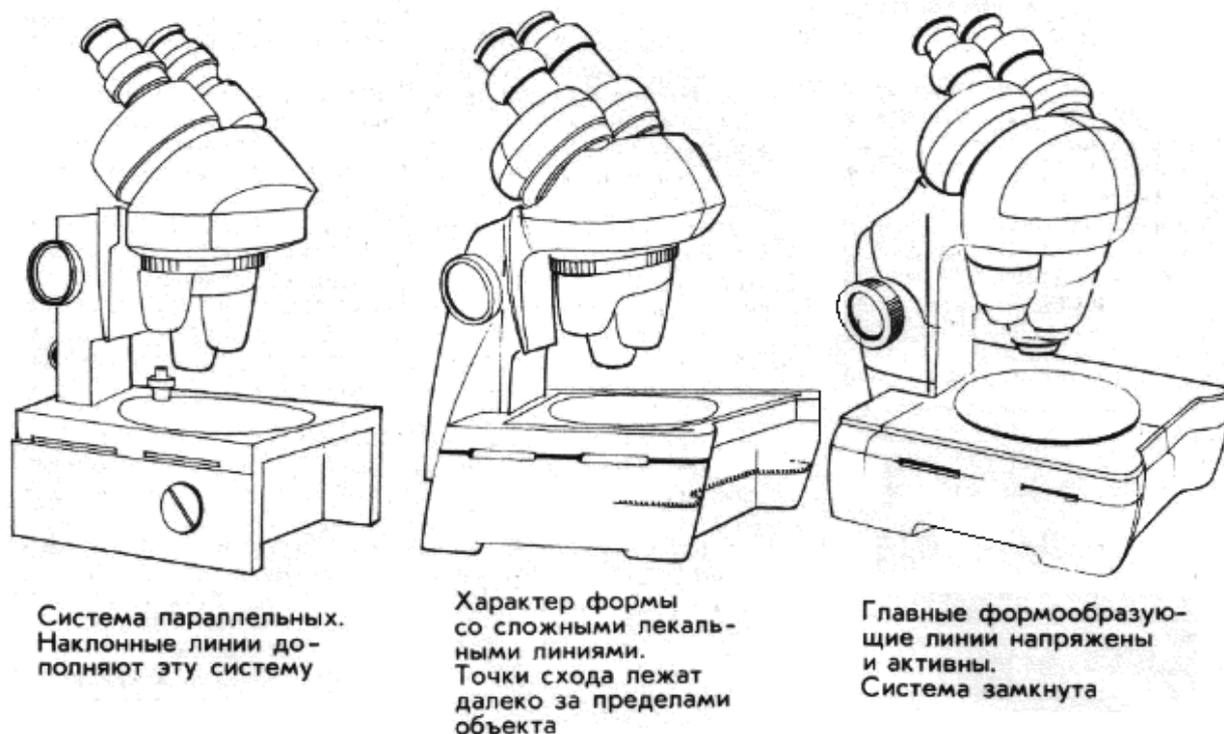


Рис. 39 - Три поисковых варианта характера формы микроскопов

Однако до сих пор можно услышать, что в форме данного станка, автомобиля, телевизора имеются элементы, выполненные в «разных стилях». Правильнее говорить в этом случае о разнохарактерности элементов формы.

Художник-конструктор высокой квалификации, если ему показать только одну часть промышленного изделия и его схему, должен, как палеонтолог, воссоздать характер формы остальных частей.

В пределах единого стиля форма вещи может оказаться настолько разнохарактерной, что композиционная целостность её будет полностью нарушена. При этом каждый из элементов вещи, взятый в отдельности, может быть даже красив, но, вместе взятые, они не сливаются в одно композиционное целое. Форма одних и тех же по назначению изделий, как лица людей, могут иметь свой индивидуальный характер: мягкий или теплый, строгий,

официальный и т.п. Формы промышленных изделий в зависимости от степени проявления в них характера формы обычно можно разделить на нейтральные и острохарактерные.

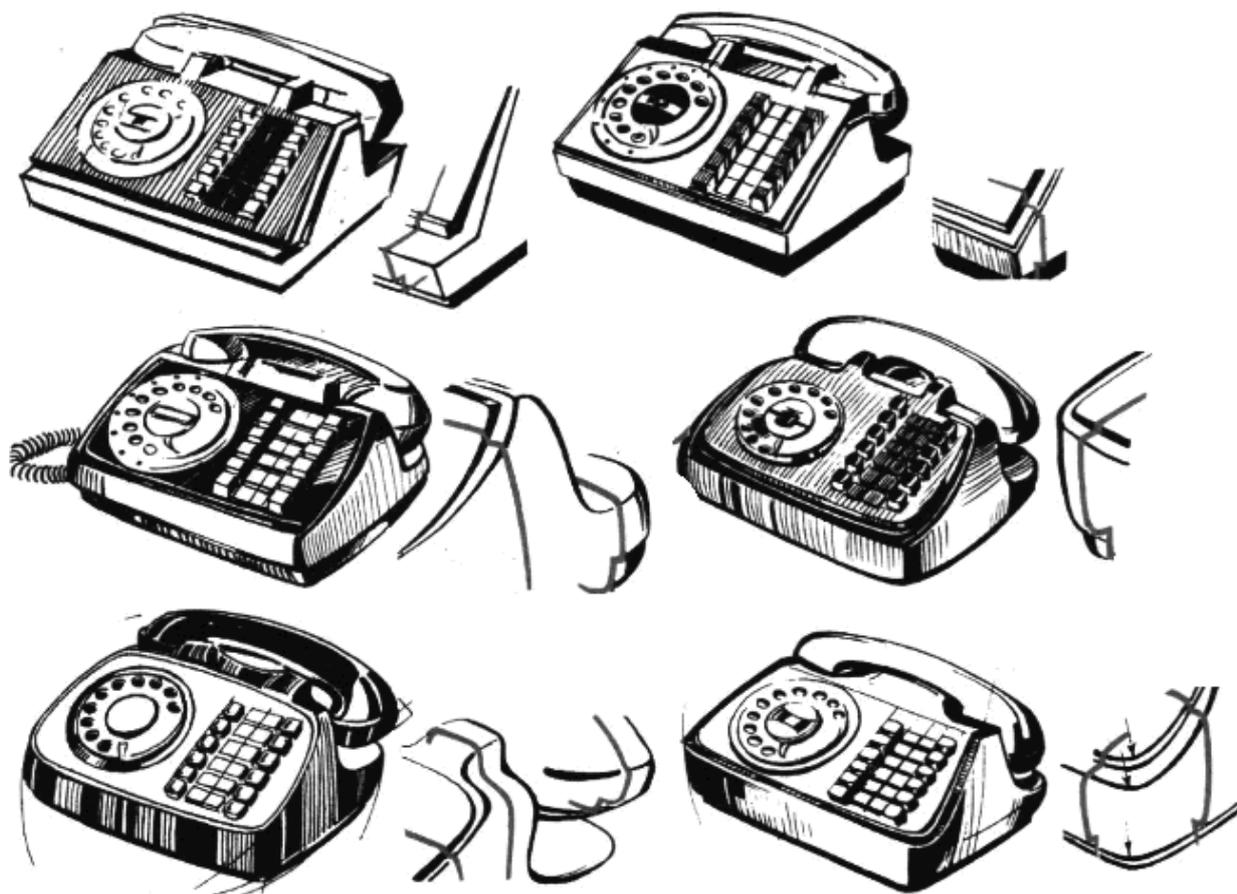


Рис. 40 - Примеры различного проявления характера формы автономеронабирателей

В практике художественного конструирования всегда приходится решать вопрос – какой по характеру должна быть форма изделия. Часто поиск индивидуальности формы происходит сугубо интуитивно: проектировщик не в силах объяснить, почему он придал форме тот или иной характер. Так совершается немало ошибок. Например, художники-конструкторы, работающие над новыми моделями телевизоров, часто стремятся сделать лицевую панель как можно более декоративной. Панель становится пластически пере-насыщенной, многомотивной и при использовании массы средств достижение единства характера становится весьма трудной задачей.

Художников-конструкторов влечет острохарактерная форма. Она более эффектна и говорит как будто о богатстве фантазии проектировщика. Но она может быть неуместна для многих изделий и многих условий эксплуатации.

Прежде, чем решить, какой характер формы избрать, необходимо учесть ряд условий:

- каков моральный срок службы изделия;
- каковы традиции развития формы изделий данной группы;
- в какой среде изделие будет функционировать;
- какова его роль в ансамбле других изделий;
- как часто человек обращается к изделию и др.

Все это и должно определять характер изделия.

Одно дело – форма станка из станочной линии, или прядильной машины, которая повторится в цехе десятки раз, став лишь звеном в длинной цепочке себе подобных.

Другое дело – прогулочный мотороллер или легковой автомобиль.

Чем больше разных по форме и цвету машин, легковых автомобилей и других средств индивидуального транспорта, тем наряднее улицы города.

Но если острохарактерной станет форма станка в длинном ряду себе подобных, это приведет лишь к быстрому утомлению работающего. В цехе появится «визуальный шум», он не целесообразен, но и впадать в другую крайность нельзя, создавая унылую утомительно однообразную среду.

Если речь идет о предмете, который будет элементом среди многих других, то его форма должна быть по возможности нейтральной, спокойной.

Но если какой-то предмет следует выделить, пометить среди других, сделать его своеобразным акцентом композиции, то обострение характера его формы до нужной степени вполне оправдано, но только до нужной степени.

Художник-конструктор выбирает характер формы не произвольно. Он во многом обусловлен конструкцией, и в большей мере технологией производства и свойствами материалов.

Значит, характер формы связан с самой основой композиции изделия, т.е. в общих чертах должен быть найден художником-конструктором еще на стадии определения композиционного приема. Именно на раннем этапе работы над изделием художник-конструктор выявляет характерные особенности формы.

Насколько различен может быть характер формы изделий одного назначения? Может возникнуть вопрос: зачем решать станки одного назначения в столь различных по характеру формах? Дело в том, что об оптимальном решении речь идет лишь при детально определившихся исходных условиях и, прежде всего, особенностях конструкции, обусловленных требованиями жесткости, вибраций, технологии и пр. А это все и определяет характер формы станков.

Что касается изделий, функция которых в широком понимании включает в себя эстетические параметры, то они оставляют для проектировщика больше свободы в поисках характера формы. Для таких изделий разнообразие эстетических решений выступает одновременно как одно из функциональных требований.

Работа над характером формы промышленного изделия - специфическая и тонкая задача, тем более трудная, что каждое изделие – это и своя технология, свои материалы, своя тектоника.

Единство характера формы мы отнесли к свойствам композиции, но правомерно рассматривать характерное в форме и как особое синтезирующее средство, вбирающее многое от других средств.

Ведь характерное в форме достигается и пропорциями, и пластикой, и нюансными особенностями. В то же время характер формы выступает как нечто самостоятельное, зримое. Именно как особое, своеобразное средство композиции характер формы более любого другого связан с образностью вещи, с её эмоциональным воздействием.

Таким образом, мы рассмотрели наиболее существенные из качеств композиции.

Особенностью работы художника-конструктора является не только выделение и взаимосвязь этих качеств композиции, но и необходимость разобраться, почему конкретная форма лишена тех или иных необходимых качеств.

Лишь последовательный, системный анализ свойств и качеств композиции позволяет с необходимой точностью оценить её достоинства и недостатки. К такому анализу нужно стремиться при оценке композиции промышленного изделия. Только системный анализ позволяет выявить, что при других относительно высоких качествах, вещь немасштабна, либо форма её разнохарактерна или пластически невыразительна.

4.4 Средства композиции

4.4.1 Композиционный прием

В процессе художественной конструкторской разработки проекта конструктор обычно перебирает множество вариантов – это естественный в творческом процессе поиск далеко не всегда увлекательный. Иногда не находя твёрдых критериев оценки различных вариантов, проектировщик выбирает далеко не лучший.

Чтобы избежать лишних ошибок и сократить путь поиска, необходимо с самого начала выявить идею композиции – тот прием, который будет последовательно развит другими средствами композиции.

Среди традиционных средств гармонизации в структуре теории его называют композиционным приемом.

Когда начинает проясняться схема компоновки сложного механизма, появляется возможность в самом общем виде наметить и его композиционную схему. На этом этапе художник - конструктор должен определить композиционный прием, прием который ляжет в основу дальнейшего развития композиции в целом и отдельных её элементов.

Представляя несколько моделей, не похожих одна на другую по композиции, художник - конструктор отличает их прежде всего характером формы – то обтекаемо мягкий, то подчеркнуто угловатый, то сочетающей плавные переходы сложных лекальных кривых с участками прямых и т.п. Этот разный характер формы во многом определяется идеей композиции, положен-

ной в основу формы каждой из этих групп изделий – тем композиционным приемом, который с самого начала работы направлял поиск художника.

Конечно, композиционный прием во многом определяется особенностями объекта художественного конструирования, тем, какую свободу действий дает он конструктору.

Так, многооперационный металлообрабатывающий станок в этом отношении несравним с легковым автомобилем, у которого форма значительно менее обусловлена. Однако мера обусловленности несколько не умаляет значения композиционного приема – она лишь в одних случаях увеличивает диапазон возможных поисков, в других сужает его.

Своеобразие композиционного приема, как средства композиции, заключается в том, что он как бы синтезирует в себе другие средства композиции – в одних случаях контраст и ритм, в других – особенности пропорций и масштаба, в третьих – отточенную нюансировку формы и т.д.

Если целостность отражает, в конечном счете, остальные качества композиции, то композиционный прием воплощает в себе единство средств композиции, использованных в конкретном случае.

4.4.2 Пропорции и пропорционирование

Среди “классических” средств композиции на первое место следует поставить пропорции – как по степени важности того качества, которое достигается, прежде всего, с их помощью, так и с точки зрения заключающихся в них возможностей организации формы.

В самом деле, размерные отношения элементов формы – это та основа, на которой строится вся композиция. Как бы ни были хороши детали изделия сами по себе, но если всю его объёмно - пространственную структуру не объединяет четкая пропорциональная система, трудно рассчитывать на целостность формы.

Притягательная сила пропорций в непосредственном эффекте гармонизации, который связан с умелым, целенаправленным пропорционированием.

Древние греки и древнерусские зодчие умело и творчески использовали пропорции, владели ими и многие мастера – ремесленники – эти инженеры – художники, создавшие шедевры своего времени – станки, машины, часы, светильники, мебель и др. Однако мир техники так изменился, что использовать давно сложившиеся приемы и методы пропорционирования в современном художественном конструировании не всегда возможно.

Необходимо осмысливание пропорций в технике, в связи с организацией сложных объёмно – пространственных структур.

Пропорционирование в технике нельзя сводить к механическому заимствованию классических приёмов пропорционирования в архитектуре и прославлению “золотого сечения” на все случаи жизни. Пропорции лишь тогда приобретают действительную силу, когда проектировщик подходит к ним от самой сущности вещи, а не навязывает форме произвольно пропорциональную схему.

Немыслимо пропорционировать станок раньше, чем определиться его кинематическая схема! Художник – конструктор приступает к работе по пропорционированию на ранних этапах компоновки изделия. По мере уточнения конструкции, расчетов, проработке узлов и деталей у художника – конструктора появляется возможность яснее представить себе форму и размерные отношения главных элементов объёмно – пространственной структуры. В результате пропорции изделия оказываются производными от его инженерной компоновки, тем самым появляется больше шансов на то, что станок или изделие окажется и гармонически соразмерным.

Вопрос о подходе к пропорционированию имеет принципиальное значение. Здесь правомерны два основных подхода к пропорционированию промышленных изделий.

Первый строится на относительной свободе проектировщика в выборе пропорций, когда он может задавать пропорции, идя от формы к конструкции, например, при проектировании мебели, некоторых бытовых приборов, оборудования и т.д.

Иного подхода требуют изделия со сложной объёмно – пространственной структурой, размерные отношения которых определяются конструкцией. Здесь художник – конструктор, работая в тесном контакте с инженером, должен вовремя корректировать пропорциональный строй как формы в целом, так и отдельных её элементов.

Остановимся на особенности пропорционирования, имеющей непосредственное отношение к технике. В общем случае она состоит в том, что методы пропорционирования различны для разных объёмно – пространственных структур.

Глаз человека учитывает, прежде всего, площади или профили. Архитектурные сооружения чаще всего преломляются в нашем зрении как плоские поверхности, характеризующиеся своими осями или вертикальными планами симметрии. Это же справедливо и для многих технических структур.

Например, панели различных приборов и пультов управления, многие станки относительно простые по своей объёмно – пространственной организации – к ним вполне применимы приемы и методы архитектурного пропорционирования (рис.41).

На рис.41-(а) представлена лицевая панель, установочные элементы которой в пределах, допустимых компоновкой прибора, должны пропорционироваться на ранних стадиях работы, пока еще возможны необходимые коррективы. На рис.41-(б) на примере компоновки станка последовательно развит принцип подобия большого и малого как основа гармонизации формы. На рис.41-(в) показаны объёмно-пространственные структуры с четкими геометрическими планами, которые относительно легко поддаются традиционным методам пропорционирования. Простейшая система пропорций прибора осуществлена на рис.41-(г).

Сложная же объёмно-пространственная структура изделий не всегда укладывается в простые геометрические схемы. Пропорционированию по-

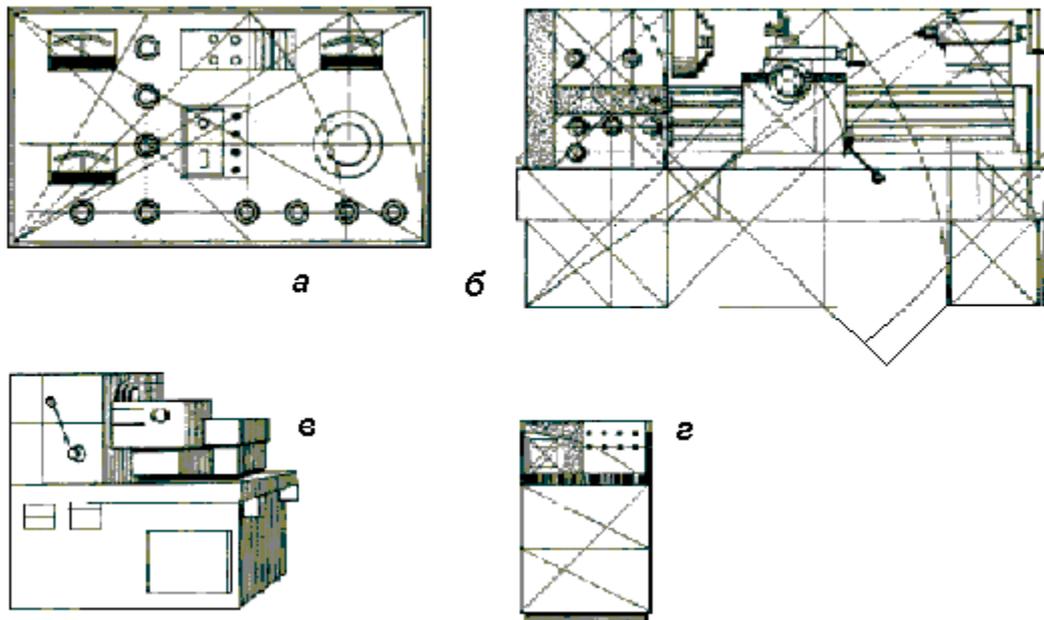


Рис.41 - Приемы и методы пропорционирования изделий

добных структур должно предшествовать определенное упорядочение всех её элементов, которое позволяет достигнуть начальной упорядоченности.

Один из таких приёмов группирования заключается в том, чтобы небольшими сдвигами, перемещениями элементов условных моделей создать систему горизонтальных и вертикальных членений. На рис.42-(а) показаны условные модели структуры из 8 элементов.

На поз.1 рисунка 42 - (а) элементы не организованы, композиционные связи между ними отсутствуют. Благодаря группировке элементов путем относительно небольших перемещений, введением горизонтальных и вертикальных членений постепенно структура организуется, и мы визуально начинаем ощущать порядок и соподчиненность элементов в композиции (поз.5).

После того как общности элементов выявлены, структура хорошо организована, можно приступать к пропорционированию, т. е. к уточнению размерных отношений между группами и элементами внутри каждой группы.

По сути дела пропорционирование является следующим шагом в организации структуры. На рис.42-(б) показан процесс упорядочения более сложной объемно-пространственной структуры.

Особенно велика организующая роль горизонтальных членений. Даже когда горизонтальные членения местами прерываются, они зрительно хорошо прослеживаются в форме, что и позволяет использовать их как активное средство организации элементов в общности.

Сильные членения с активной светотенью образуются перепадом плоскостей. Случайная сбивка таких членений ломает пропорциональный строй, нарушая целостность формы.

Другим приёмом организации элементов в общности является корректировка их размеров, в пределах, допустимых конструкцией, а также изменения в характере связей (местоположение элементов, цветовых и тональных

соотношений и т.п.). Прием корректировки применим в тех случаях, когда отсутствует возможность введения сквозных членений, и общности элементов приходится добиваться небольшими местными сдвигами и небольшими изменениями формы.

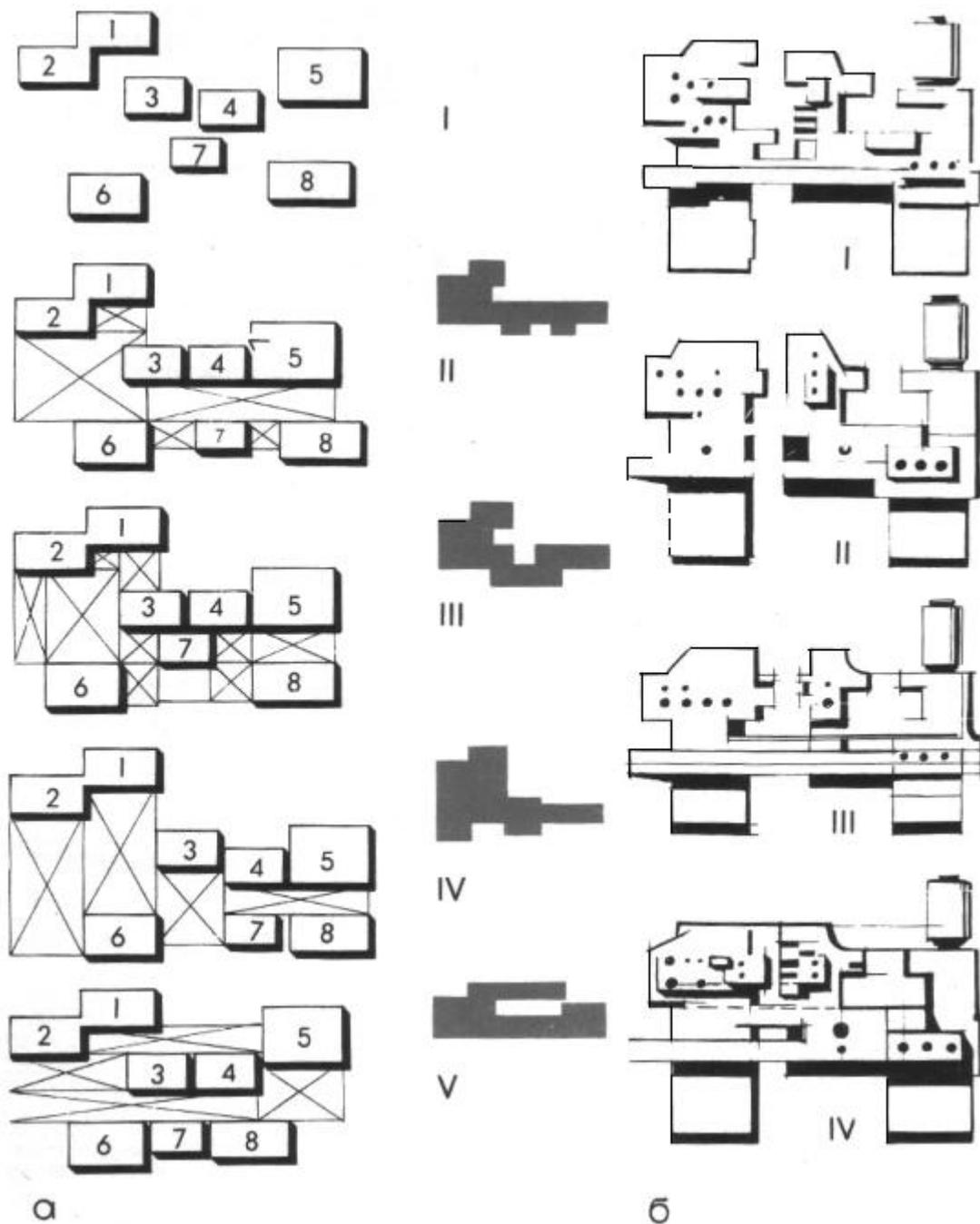


Рис.43 - Приемы упорядоченной группировки элементов сложной структуры

Композиционно связывать элементы при этом позволяет, прежде всего, организация и акцентирование местных осей симметрии в отдельных группах элементов, активизация симметричных включений в структуру.

Итак, упорядочение формы конкретного изделия связано с различными трудностями. Однако важен принцип: в сложных условиях необходимо сна-

чала упорядочить форму, а затем постепенно уточнить избранный пропорциональный строй.

Как мы видим, пропорции тесно связаны с характером взаимоотношений элементов формы – их пространственным расположением, соподчинённостью в композиции. Попробуем установить наиболее типичные закономерности в проявлении связей между характером соподчинения и пропорциями. На рис.44-(а...з) представлен ряд композиционных построений – пространственных вариаций расположения элементов: двух малых и один большой.

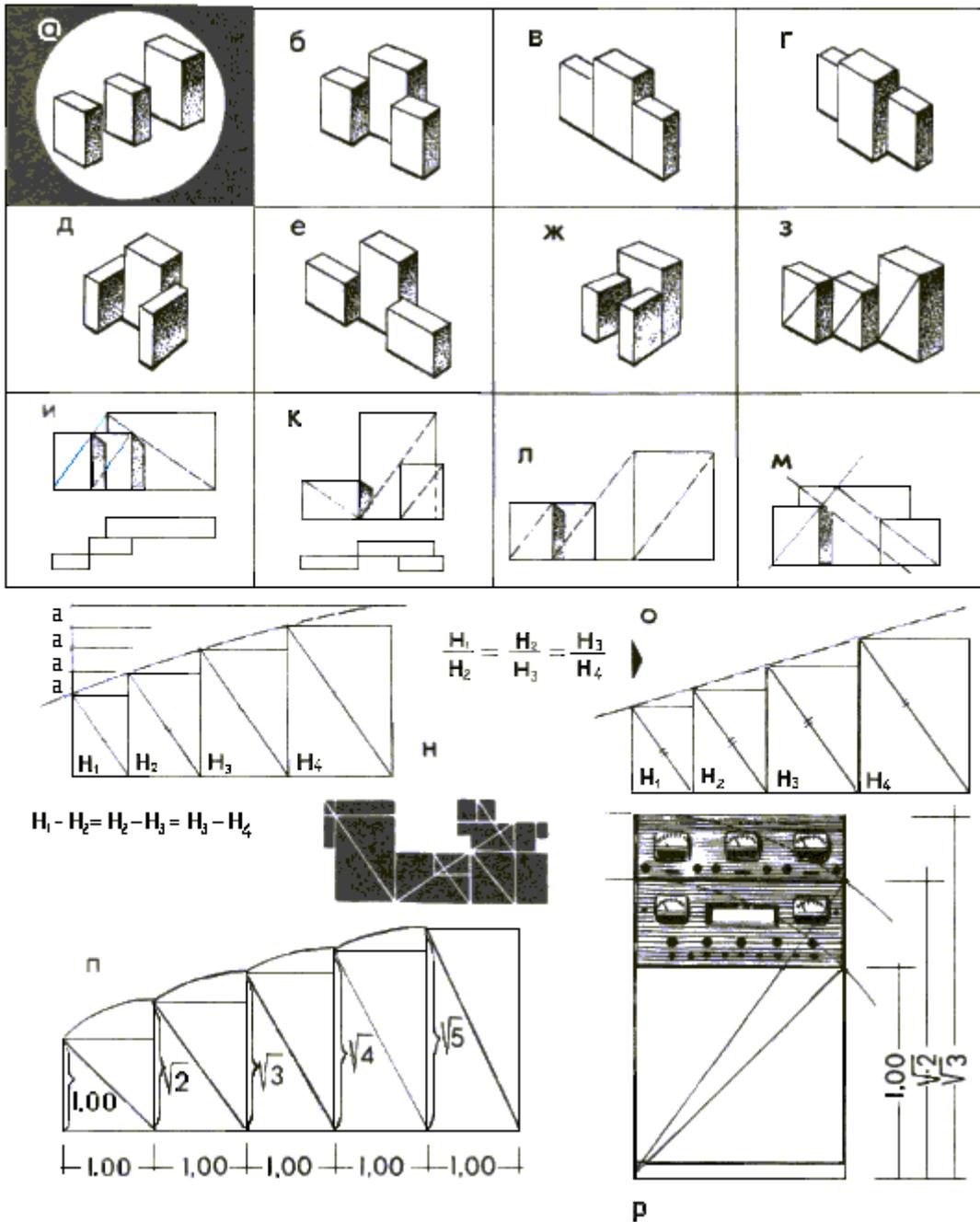


Рис.44 - Типичные закономерности в проявлении связей между характером соподчинения и пропорциями в условных формах

Расположение элементов друг относительно друга позволяет активно воздействовать на проявление соподчиненности их между собой, выявляя активность проявления симметрии в композиции, степень соподчиненности элементов и т.п.

Анализ рисунка показывает, что пропорции целого и отдельных его частей могут оказывать непосредственное влияние на многие проявления композиции, на соподчинённость и эффект симметрии. Иногда пропорционирование понимают лишь как нахождение “красивых” размерных отношений. В действительности же пропорционирование является одним из средств более высокой организации формы.

На рис.44-(и...м) показана асимметричная композиция. Здесь определённый композиционный эффект, гармонию и упорядочность композиции несут параллельные диагонали подобных фигур. Изменение отношения сторон большего объёма – сразу дает себя знать – и захочется искать новую композицию.

Графическое выражение пропорциональной зависимости, основанной на арифметической пропорции, показано на рис.44-(н); на геометрической пропорции – на рис.44-(о). На рис.44-(п) показано графическое выражение пропорциональной зависимости, построенной на отношениях сторон прямоугольника; на рис.44-(р) блок приборов, построенный именно по этой системе. Гармония означает, что размерные отношения между элементами должны быть не случайными, а закономерными.

На приведённых примерах мы убедились, что соподчинение элементов, а, следовательно, и целостность во многом обусловлены наличием той или иной закономерности в размерных отношениях между элементами формы.

Как же проявляются эти закономерности? Что делает пропорции мощным средством организации формы, выдвигая их на первое место среди остальных? Ряд исследователей указывают на магическую организационную силу геометрического подобия отрезков и фигур, без чего не существует пропорций.

Именно геометрическое подобие, пронизывающее объёмно – пространственную структуру, переводит её из случайной общности элементов в общность, построенную на закономерности, в строгую систему композиционно – связанных элементов.

В сфере техники пропорции приобретают особенно большое значение. Это объясняется тем, что многие современные изделия представляют собой своеобразные системы повторяющихся унифицированных узлов и элементов. Чаще всего любая структура строится на модульной основе, а в этих условиях достижение геометрических подобий в системах элементов – задача более лёгкая.

Как известно, различают следующие виды пропорций:

- арифметическая $H_1 - H_2 = H_2 - H_3 = H_3 - H_4$;

- геометрическая $H_1 : H_2 = H_2 : H_3 = H_3 : H_4$;

- восемь гармонических: $a : c = (a - b) : (b - c)$;

$$a : c = (b - c) : (a - b);$$

$$a : b = (b - c) : (a - b);$$

$$a : c = (a - c) : (a - b);$$

$$b : c = (a - c) : (a - b).$$

$$b : c = (b - c) : (a - b);$$

$$a : c = (a - c) : (b - c);$$

$$b : c = (a - c) : (b - c);$$

- система пропорций, основанная на иррациональных отношениях;
- золотое сечение.

Пропорции, основанные на определённых отношениях, воздействуют на зрителя весьма активно, так как зримо воспринимается их закономерность, и отступления от этой закономерности резко нарушают целостность формы.

Следует учитывать и такие важнейшие закономерности, связанные с пропорциями, как усиление динамичности или статичности формы, увеличение её зрительной устойчивости.

Пропорции объективно связаны с тектоникой, поскольку отражают в размерных отношениях связи формы и конструкции, и с объёмно – пространственной структурой, ещё более непосредственно характеризуя её особенности.

С другой стороны, особенности пропорционирования многих промышленных изделий зависят от того, какими средствами воспользуется проектировщик, чтобы усилить воздействие пропорциональной закономерности, лежащей в основе композиции изделия. Это может быть тоновой контраст, определённая светотеневая структура, если приборный комплекс членится горизонталями в определённой системе размерных отношений, то воздействие пропорционального строя можно усилить выделением блоков тоном окраски, подчеркиванием с помощью заглаблений мест разъёма блоков и т.д.

Для пропорционального строя формы небезразлично, что и как располагается на плоскостях блоков, т.е. они должны быть закомпонованы соответствующим образом. Ряды ручек и шкал могут поддержать выявленную систему членения, но иногда и сбить её – поэтому следует усердно поработать над компоновкой и панелей.

Пропорционирование в технике нельзя рассматривать как средство “эстетизации” промышленного оборудования. Оно даёт и непосредственный инженерный эффект. Пропорционально спроектированный станок обладает лучшими показателями жесткости, меньшей металлоёмкостью, обладает рациональной кинематической схемой.

4.4.3 Масштаб и масштабность

“Человек – есть мера всех вещей”. Этот афоризм, высеченный на мраморе Дельфийского храма в Греции, выражает сущность масштабности предметного мира – всего, что человек создаёт для себя.

Когда архитектор проектирует здание, он всегда рисует около фасадов фигуру человека в масштабе чертежа, и она, как архитектурная мера, заставляет соотносить с собой все элементы здания, его пропорциональный строй и членения.

К сожалению, в технике это не практикуется. Инженер – конструктор имеет дело с механизмами, для которых масштаб как будто не может быть

избран, а сам задаётся многими условиями (кинематикой, нагрузками и т.п.). Членения здания можно задать, членения же трактора, машины, микроскопа связаны с самой конструкцией. И всё же у проектировщика в технике немало средств достижения масштабности изделия.

Промышленное изделие масштабно, если оно соотнесено с человеком, и немасштабно, когда в нём отсутствуют элементы, по которым можно судить о незримом присутствии человека.

Немасштабность – один из распространённых недостатков многих промышленных изделий.

Масштабность в технике проявляется, подобно пропорциональности, по-своему (рис.45). На примере трёх приборов, мы видим, что масштабность им придают элементы, позволяющие соотнести их с человеком.

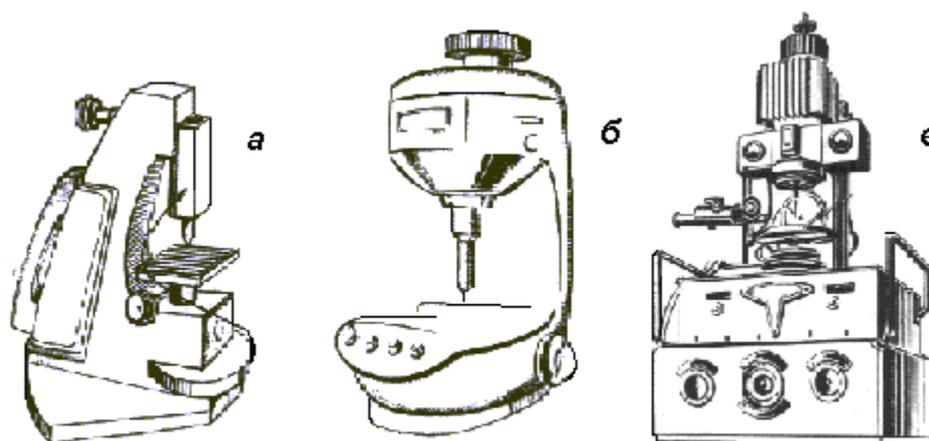


Рис.45 - Проявление масштабности в предметах различного назначения

Но в технике масштабность достигается не только этим. Ведь даже высота, на которой расположены те или другие органы управления машиной, сама по себе есть своего рода знак, дающий возможность увидеть за ним человека, т.е. почувствовать масштаб.

Таким образом, все те размерные величины, которые в станке, приборе, транспортных средствах как-то связаны с человеком и определяют удобство пользования, оказывают прямое влияние на масштабность. Отступления от размерной системы, связанной с антропометрией, могут оказаться одной из причин немасштабности изделия.

Масштабность вещи предполагает и правильное отражение в форме её истиной тяжести. Не следует искусственно придавать небольшой и лёгкой вещи характер крупной и тяжёлой – каждое изделие имеет свою тектонику, соответствующий строй формы, свои пропорции и масштаб.

Немасштабность может явиться и результатом ложной динамичности, когда, например, микролитражке придают стремительную форму большого, мощного автомобиля. Динамичность большой машины, весь характер её формы тесно связан с массой двигателя, объёмом кузова и т.д. Если попытаться скопировать эти пропорции для маленькой машины – то у нас полу-

читься не настоящая машина, а игрушечный автомобиль (автомобили – самоделки).

Масштабность можно считать своего рода гуманизирующим фактором в проектировании изделий. Всё повышающиеся мощности станков, увеличение их размеров, не должны привести к “затерянности” человека в мире техники.

Многотонный, высотой в двухэтажный дом станок с крупными членениями формы может оказаться лишённым “человеческого” масштаба, если не отразить его в тех немногих элементах, которые позволяют соотнести огромную конструкцию с человеком. Такими элементами являются пульт управления, место оператора, ограждения и т.д.

У нас иногда наблюдается: чем грандиознее станок или машина, тем грубее элементы, непосредственно связанные с человеком.

Нелепо выглядит маленький прибор, непременно желающий походить на большой станок – как смешон ребёнок, одетый “по-взрослому”. У большого станка свои особенности. Чтобы композиционно выявить строй его объёмно-пространственной структуры, сделать станок масштабным, необходимо найти органичный переход от крупных масс станка (лишённых масштаба, ибо там нет ничего по человеку) к тем зонам структуры, где появляются элементы масштаба. Органическое объединение в форме этих двух начал с помощью пластики, светотеневой структуры позволит превратить станок из “вещи для гигантов” в “вещь для человека”.

К масштабу как средству композиции в отличие от пропорций часто прибегают не совсем осознанно, предполагая, что масштабность приходит сама собой.

Итак, масштаб является важным средством композиции, одним из начал, организующих форму промышленного изделия. Когда инженерная компоновка достигает стадии, позволяющей хотя бы в самом общем виде представить форму объекта, художник-конструктор начинает её проработку по человеку.

На всех ортогоналях общего вида, у любого макета он ставит фигуру человека. Это заставляет соотносить с человеком многие элементы изделия, позволяя избежать существенных ошибок.

4.4.4 Взаимосвязь масштаба и пропорций

Самым непосредственным образом достижение масштабности связано с пропорционированием. Изменяя пропорции, можно придавать предмету то истинный масштаб, то несколько искусственный, зрительно увеличивая или уменьшая сам предмет.

Рассмотрим проявления взаимосвязи пропорций и масштаба в технике на примере механических пил и молотов, представленных на рис.46. Здесь на рисунке чувствуется масштаб. И достигается это пропорциями, отношениями основных масс (отношение h -основания к h -общей высоте). Изменение этих размерных отношений одновременно отражает закономерность сохранения масштабности всей гаммы машин.

Высота основания здесь связана с человеком – здесь размещены органы управления, отсюда осуществляется наблюдение за работой. Значит, она не может изменяться сколько-нибудь существенно.

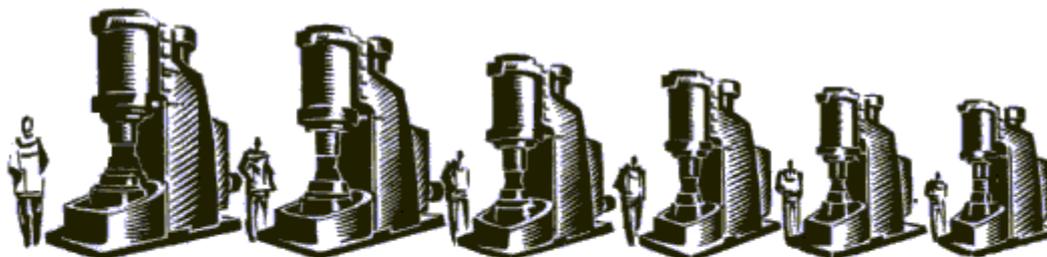
Увеличение же мощности пил требует изменения всей верхней несущей пилу конструкции. Каждая из машин этого ряда строго масштабна, а их пропорции (верхняя часть) всё время качественно меняются, точно отражая, с одной стороны, изменения нагрузок, а с другой, сохраняя масштабность.

Таким образом, масштабность зависит от двух групп размерных отношений: - с одной стороны, от объективных изменений размеров конструктивных элементов, связанных с изменением мощности машины, т.е. размеров, определяемых в основном расчетом;

- с другой – от размеров, связанных с удобством работы человека, с антропометрическими требованиями.



Каждая из машин этой гаммы масштабна, так как изменяются отношения размеров основных частей, весь пропорциональный строй



Каждый следующий молот этого ряда почти копирует пропорции предыдущего. Это приводит к явной немасштабности малых моделей

Рис.46 - Проявления взаимосвязи пропорций и масштабности в изделиях

Большую роль играет единство масштаба в условиях сложной, насыщенной предметной среды, где человеческий фактор связан с обеспечением надёжности всей системы, например, в пилотской кабине современного самолёта – здесь разноразмерностью в масштабе приборов недопустим.

То же относится и к операторским пультам – где единство масштаба – одно из необходимых условий, без которых трудно достичь композиционной целостности. Композиционная целостность служит здесь одновременно серьёз-

ённым эргономическим требованием, немасштабность нарушает не только гармонию, но и в какой-то мере функционирование всей системы.

4.4.5 Контраст

Контраст – противопоставление, борьба разных начал в композиции – всегда был одним из наиболее широко используемых средств в руках живописца, скульптора, архитектора.

Сущность композиции, построенной на контрасте – в активности её визуального воздействия. В отличие от нюансных, контрастные отношения раскрываются сразу и в зависимости от того, умело ли использован контраст, они вызывают и соответствующую реакцию восприятия.

Художник-конструктор использует контраст как одно из главных средств композиции (рис.47 и рис.48). И здесь контраст во многом обусловлен. Он связан то с различием структур – сложной, насыщенной тенями и совсем простой; то с обработкой поверхности (литьё – грубо шероховатая фактура противопоставляется шлифованной или полированной поверхности); то,

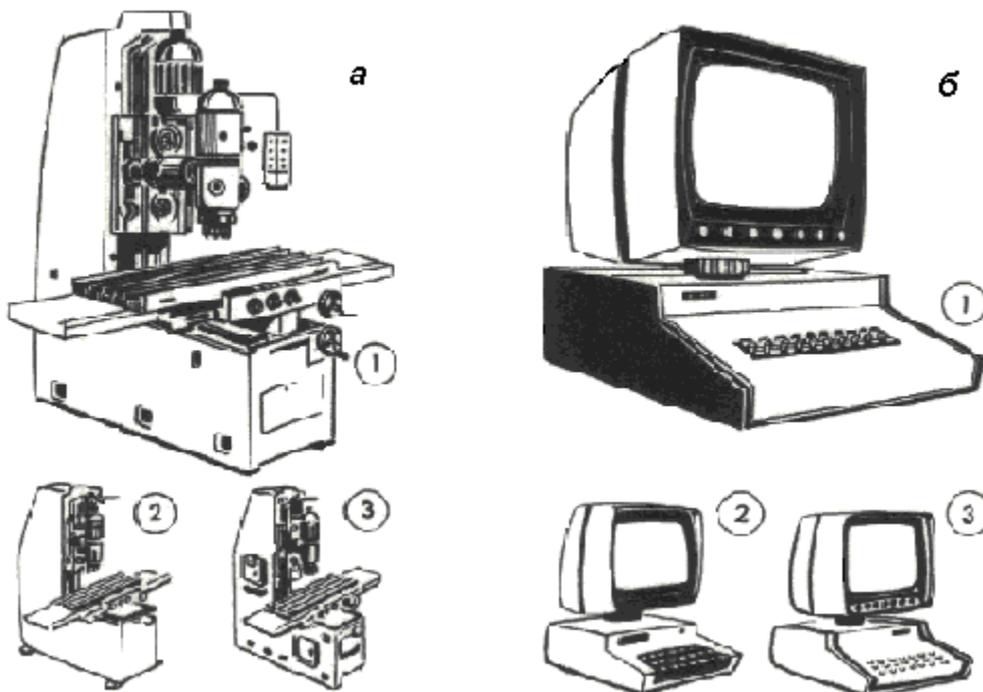


Рис.47 - Проявление контраста сложной структуры рабочей зоны и простого объема станины (а) и контраста тона (б)

противопоставляя ажурную лёгкую конструкцию тяжёлому монолитному основанию.

Низкое противопоставляется высокому; горизонталь – вертикали; светлое – тёмному; шероховатое – гладкому; насыщенное светотенью и пластически сложное – простому и спокойному.

Все эти и многие другие отношения основаны на явно выраженных различиях и являются контрастными. Противопоставление двух начал в композиции уже само по себе делает форму заметной, выделяя её среди других.

Контраст в технике имеет различную природу. В одних случаях его предопределяет конструкция, вся компоновка изделия. В этом случае задача художника-конструктора – развить объективное контрастное начало, обострить его.

В других случаях конструкция вообще не раскрыта и контраст никак не проявляется в форме. В этих случаях композиционный приём диктует необходимость искусственного контраста (геометрически простой объём членится с помощью контрастных сочетаний цвета и тона, или декоративными накладными элементами).

Контраст активизирует любую форму, но контрастность отнюдь не гарантия гармонии. Чтобы её добиться, объективное контрастное начало нужно подчинить интересам композиции.

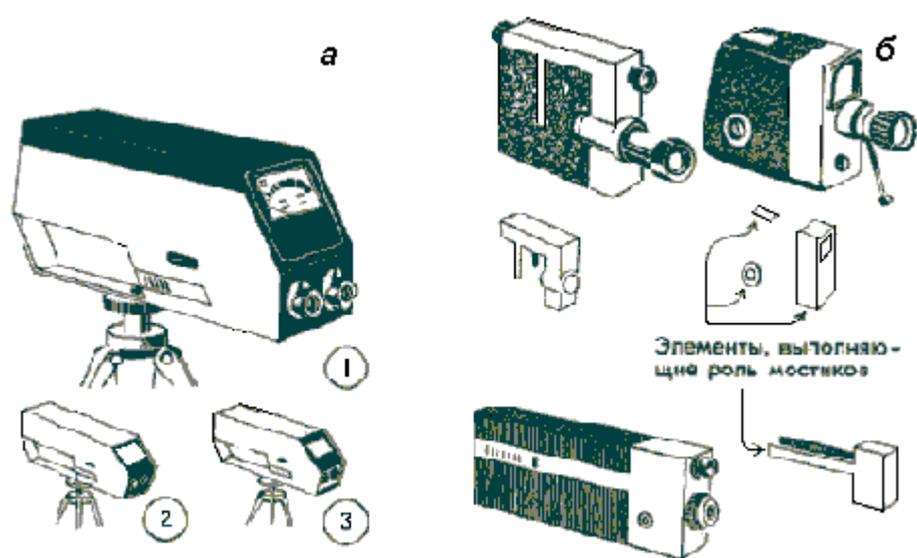


Рис.48 - Проявления контраста тона (а) и фактуры (б) в технике

В технике больше всего возможностей таит в себе контраст открытой технической структуры (пространственно-сложных сплетений элементов механизма) и спокойных простых объёмов. С таким контрастом художнику-конструктору часто приходится иметь дело в станко- и приборостроении. Однако, противопоставляя эти два начала, нельзя нарушать меру контраста. При слишком жёстком контрасте, когда отсутствует переход от одной части формы к другой, возникает опасность утраты композиционной связи элементов, а значит, и целостности формы. Такая форма может зрительно распасться на две части.

Как средство композиции контраст имеет сильные и слабые стороны.

Сила контраста в том, что построенная на его основе форма выразительна и надолго удерживается в памяти.

Лишённая каких-либо контрастов форма становится вялой, неинтересной – она утрачивает важнейший из компонентов эмоциональной выразительности.

Парадоксально, но слабость контраста – в его силе. Избыток контраста разрушителен. Используя контраст в конкретной композиции промышленного изделия, нужно позаботиться, чтобы сила его не оказалась чрезмерной, чтобы была соблюдена определённая степень, или мера контраста.

Для контрастирующих элементов можно построить целый ряд от наименьшей до наибольшей степени контраста.

Взять хотя бы контраст пятна и фона. Если фон абсолютно белый, а пятно абсолютно чёрное – контраст максимален. Но контрастным будет и отношение не совсем белой (тонирующей) поверхности к не совсем чёрному (тёмно-серому) пятну.

Для выразительности и целостности композиции конкретного изделия степень контраста имеет немалое значение.

Например, маленькое тёмное пятно контрастирует с большим светлым фоном. Степень контраста предельно сильная (маленькие тёмные ручки и детали на белой панели). При хорошей компоновке они не нарушают целостности. Но если эти детали увеличить так, что суммарное чёрное приблизится к белому, эффект контраста ослабеет, композиция может стать значительно менее выразительной. Это объясняется тем, что небольшие детали контрастируют дополнительно с белым фоном – малое противопоставляется большому. Во втором случае это нарушается – один из признаков исчез, и равенство чёрного и белого сняло контраст. В этом случае целесообразно несколько смягчить и цветотонный контраст.

При насыщенных панелях приборов, когда площадь свободного фона уменьшается, такое смягчение контраста способствует достижению целостности.

Степень контрастности в технике связана не только с гармонией, но и с необходимостью создания оптимальных условий работы оператора т.к. чрезмерные контрасты способны вызвать преждевременное утомление, а полное отсутствие – притупляет внимание.

Заметим, что контраст неразрывно связан со своим антиподом в композиции – нюансом. Не сопровождаемый тонкими нюансными отношениями, переходами между контрастирующими элементами, контраст может не только огрубить форму, но и сделать её примитивно-схематичной, разрушить её целостность.

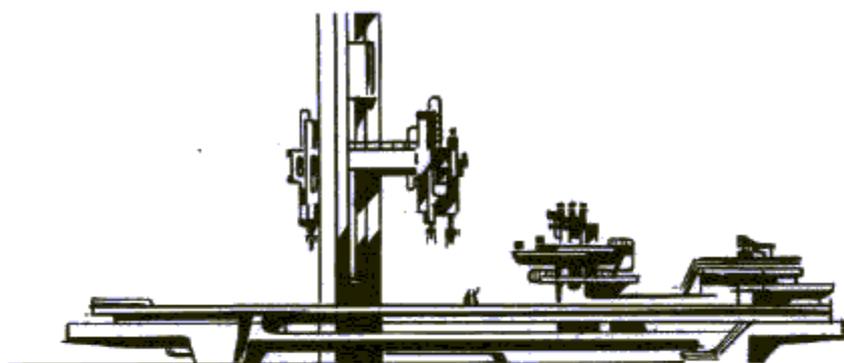
Приёмы использования контраста в технике можно разделить на две большие группы.

К первой относятся те, которые связаны с использованием в композиции объективного контраста, заданного объёмно-пространственной структурой или тектоникой.

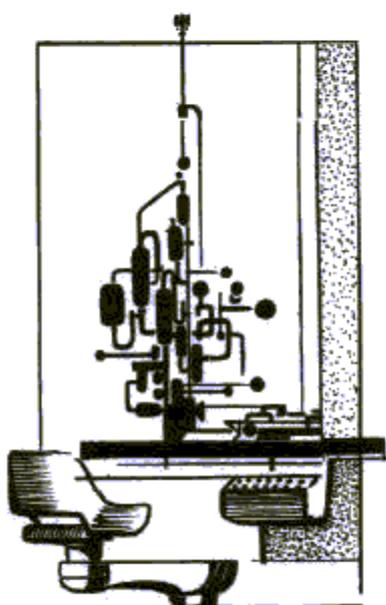
Во-вторую группу входят приёмы, в значительной мере зависящие от художника. Таковы контрасты в отделочных материалах, обработке поверхности, окраске, декоративных элементов и т.п.

Вторая группа более доступная, позволяет более легко достигнуть композиционного эффекта.

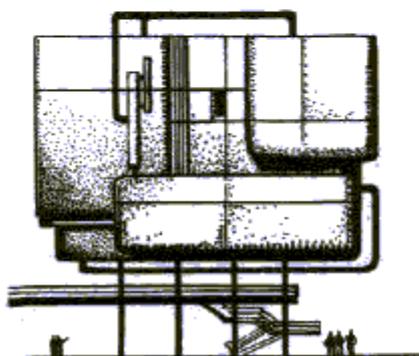
На рис.49 приведены наиболее часто встречающиеся виды контрастных отношений в реальных объектах.



Горизонталь в данной композиции сильнее вертикали и подчиняет ее себе. Мелкие элементы выполняют роль связующих «мостиков»



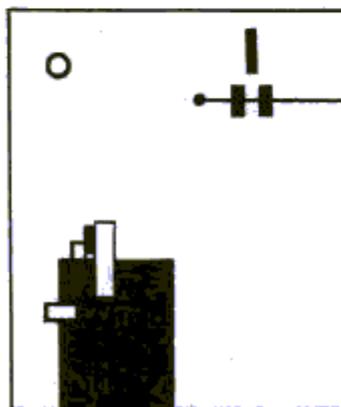
Сложная и мелкая структура контрастирует с лаконичным объемом



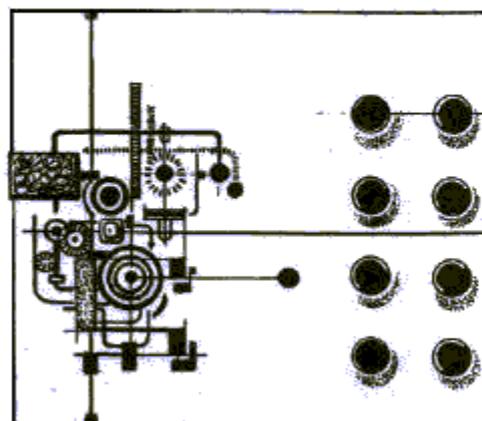
Тектонический контраст

б

в



Противопоставление пятна и фона—темного и светлого



Контраст сложной и простой организации

г

д

Рис.49 - Виды контрастных отношений в условно-технических моделях

Контрастное отношение пятно-фон весьма широко используется в композиции различных промышленных изделий.

Композиции, построенные на контрасте, особенно нуждаются в проверке на макетах, которые полезно доводить до полной имитации материала и цвета.

Рассмотрим пределы цветотональных контрастных отношений и их влияние на композицию.

С развитием технической эстетики весьма актуальными стали вопросы цветовых соотношений в окраске станков, машин, приборов.

Появляются научно-обоснованные рекомендации по окраске пультов, отдельных их элементов, мнемосхем, операторских пунктов, приборных панелей и т.д.

Здесь многое определяется контрастом, непосредственно связанным с психофизиологией и поэтому оказывающим существенное влияние на условия труда и утомляемость оператора.

Контрастные цветовые отношения позволяют выделить наиболее ответственные зоны станка, пульта управления, сосредоточить внимание на важнейших элементах системы управления.

Но, к сожалению, порой рекомендации являются бездоказательными, а то и просто неверными – особенно это относится к рекомендациям по проектированию изделий культурно-бытового назначения.

Художники-конструкторы порой склонны к предельным цветотональным контрастам, что порой отрицательно сказывается на целостности формы вещи, утомляя нервную систему человека. В таких случаях чисто внешний эффект противоречит назначению вещи, её месту в интерьере, связи с другими предметами.

Предельными следует считать, по-видимому, такие контрастные отношения, при которых ещё сохраняется композиционная целостность.

Путём сопоставления вариантов в моделях, макетах, чертежах могут быть приблизительно найдены пределы контраста структуры, цвета, отношения пятна к фону и т.п.

4.4.6 Нюанс и нюансировка

Контраст в решении формы промышленного изделия вызывает необходимость его дополнения, сопровождения нюансными отношениями. Без этого тонкого аккомпанемента композиция становится прямолинейно-примитивной. Однако всё дело в том, как нюанс сопровождает контраст.

Следует отметить, что нюансировка формы в профессиональном отношении - задача очень сложная. Контраст во многих случаях обуславливается самой компоновкой, всей основой конструкции изделия; это предопределяет и облегчает работу над композицией. От проектировщика зависит не столько выбор контрастирующих начал, сколько их умелое использование.

Что касается нюанса, то ни инженерная компоновка, ни объёмно-пространственная структура почти не обуславливают его.

Это сфера чисто художественного осмысливания формы и материала.

Использование этого средства композиции зависит от детального уточнения и разработки формы, выбранных приёмов декоративной обработки

материалов, от индивидуальности самого художника-конструктора.

Специфика гармоничной организации формы заключается в том, что контраст и нюанс взаимообусловлены.

Если форма, лишённая контрастных противопоставлений мало выразительна и скучна, то форма, не дополненная тонкими нюансными отношениями, неизбежно окажется грубой (колонна, увенчанная изящным фризом, станок с операторским местом, пультом управления).

Особое значение нюансировка формы приобретает при конструировании изделий, непосредственно удовлетворяющих наши потребности (кинокамеры, фотоаппараты, часы, магнитофоны, транзисторные радиоприёмники, осветительная аппаратура).

Использование нюанса в композиции теснейшим образом связано с технологическими возможностями производства (необходима не просто отлаженная технология, а строжайшее соблюдение ТУ на всех этапах изготовления изделия).

Большую роль с точки зрения нюансировки формы играют композиционно активные “узелки” – которые создаются в местах размещения различных органов управления – кнопки, клавиши, затворы, ручки. Здесь не может быть мелочей – всё должно быть продуманно и уточнено с технологом. Нюанс, как средство композиции проявляется в пропорциях, ритме, в цветовых и тональных отношениях, декоре, пластике, в построении поверхностей со сложными лекальными образующими.

Нюансы пропорций создают своеобразную основу формы, делают её спокойной.

Нюансы пластические, проявляясь в характере формы, придают ей особую теплоту.

Нюансы формы во многом связаны со спецификой материалов.

Нюанс также тесно связан с пластикой и характером формы. Небольшой изгиб формообразующей линии, появление лёгкого светового блика на скосе фаски, едва заметный подъём поверхности, чёткость риски, разрезающей корпус – всё это создаёт те индивидуальные особенности характера формы, которые отличают данное изделие от его аналогов.

Нюанс – самое тонкое из средств художника-конструктора, и только в совершенстве овладев им, он сможет создавать изделия высокого эстетического уровня.

4.4.7 Метрический повтор

Метрический повтор в композиции – неоднократное и с одинаковыми интервалами повторение какого-либо элемента.

Повторы могут носить разнообразный характер в зависимости от того, какие это элементы, каков их размер и шаг, повторяется ли один элемент, либо одновременно два или несколько разных элементов и т.д. Это одинаково оформленные и расположенные с одним и тем же интервалом шкалы, сигнальные лампочки, кнопки, тумблеры прибора, несущие конструктивные опоры, кронштейны, отверстия и т.д.

Может композиционно использоваться повторяющийся и акцентированный стык одинаковых элементов, места разъёмов и даже повтор крепёжных деталей.

Для современных технических структур тема повтора чрезвычайно характерна. Пульт управления ЭВМ, многие приборы в своих формах отражают многократно повторяющиеся унифицированные элементы.

Метрический повтор в технике в большинстве случаев связан с конструкцией и отражает характер функциональных процессов (иллюминаторы судна или самолета, простенки, окна и двери вагона, шкалы рядов приборов).

Попытаемся на условных моделях (рис.50) выяснить некоторые наиболее общие закономерности композиции, связанные с метрическим повтором.

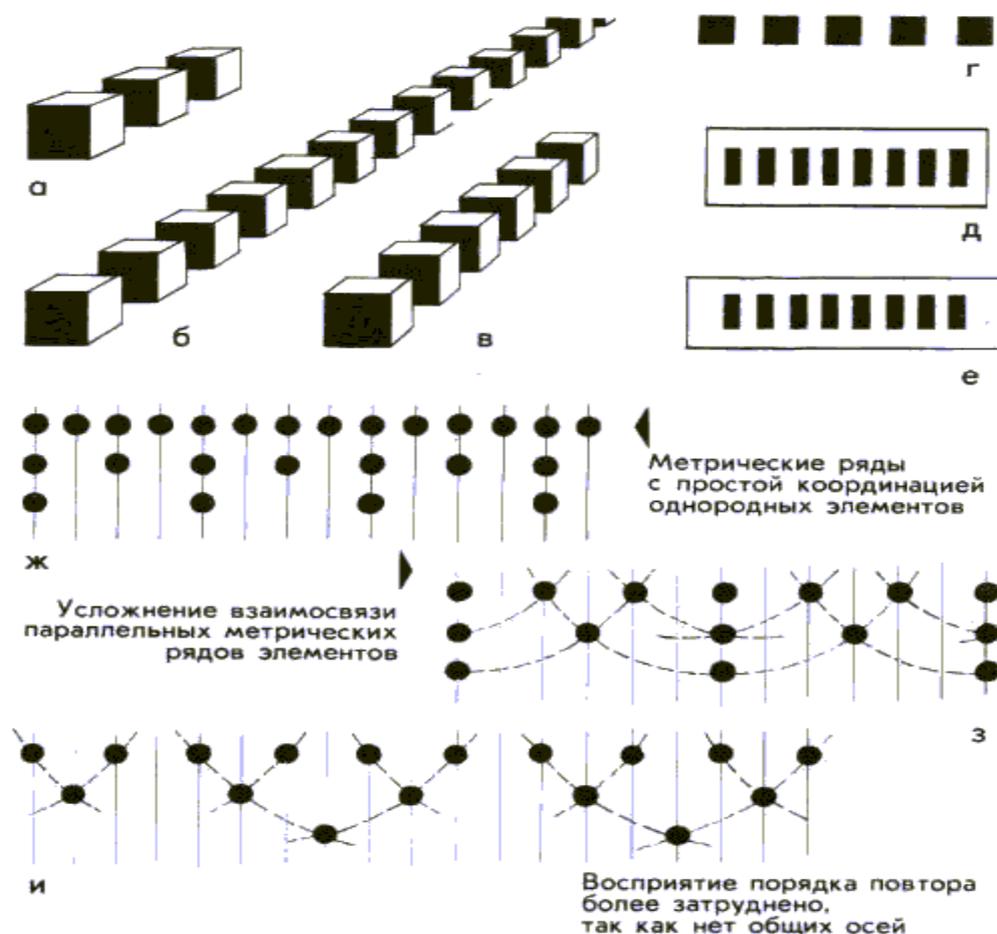


Рис.50 - Закономерности композиции, связанные с метрическим повтором

Участие художника-конструктора необходимо в самом начале разработки системы с повторяющимися элементами. Только на этой стадии можно многое исправить – укрупнить или уменьшить шаг чередования, поддержать повтор определённой группы элементов в данном ряду, скоординировать между собой ряды или умело расставить те элементы, которые, не чередуясь, метрически не повторяясь, всё же включаются в общую систему, прерывая ряды или ряд. Это должны быть вкрапления не случайные, но строго законо-

мерные с точки зрения композиционного развития всей системы. Случайные сбивки метрического ряда элементов могут серьёзно повлиять на целостность формы изделия или сложной системы, а в отдельных случаях вообще свести на нет организующую силу повтора как закономерности.

Хотя метрический повтор сам по себе уже закономерность, но это ещё не гармония. Если бесконечно повторять одну и ту же ноту в музыке или строить композицию на повторении одного только элемента, гармонии не возникнет. Напротив, неизбежны монотонность и скука, которая одолевает при взгляде на длинный дощатый забор.

На рис.50-(а) – простой метрический ряд; т.к. число элементов невелико, он воспринимается как нечто законченное. Рис.50-(б) – “бесконечный” ряд.

Три кубика – явно не ряд – слишком мало. По-видимому, мы начинаем воспринимать повтор как некий порядок с момента, когда перестаём мгновенно улавливать количество элементов $n \geq 6...7$.

Рис.50-(д) – в связи с равенством полей и интервалов впечатление монотонности наступает раньше, чем на рис.50-(е).

Организирующая роль метрического повтора зависит, прежде всего, от активности самого повторяющегося элемента, от его роли в композиции.

Наиболее активны повторы в объёмно-пространственной структуре изделия, которые обычно становятся главной ведущей темой и держат всю композицию.

Не столь выражены повторы обрамлений шкал на панелях приборов и т.п., хотя многое зависит здесь от контраста пятна и фона.

Иногда повтор создаётся искусственно, и тогда он используется как дополнительное средство организации формы или с декоративной целью, принимая характер орнамента.

В эскизной стадии работы над композицией полезно проверить ряды чередований: просмотреть, правильно ли выбран шаг, какова сила “пятна” по отношению к фону и т.д.

Метрический ряд может быть:

- простым, основанным на повторе одного элемента;
- более сложным, когда ряд скоординирован с другим;
- весьма сложным, когда в композиции развивается одновременно несколько рядов метрических повторов.

Когда развивается одновременно несколько рядов метрически повторяющихся элементов, композиция становится особенно насыщенной, выразительной и интересной. В этом случае выявляются главные и второстепенные ряды, необходимо добиваться, чтобы второстепенные ряды дополняли главный. К примеру, у поезда метро довольно сложный метрический повтор – окна, шаг двери и межвагонные промежутки. В зависимости от условий такой повтор можно усилить или ослабить, цветом выделяя двери или обозначая через весь вагон мощную горизонтальную полосу.

Бывает и так, что функция и конструкция диктует необходимость неожиданного отступления от закономерно повторяющегося шага или изме-

нения элемента (группы элементов) ряда. Появляется вставка. Так как элемент системы выполняет иную роль, чем прочие, его специально выделяют из общего метрического ряда (деталью, по ширине и т.д.).

Целостность формы требует, чтобы основные горизонтальные линии были не сбиты – ведь они завязывают всю композицию. Дополнительные свободные поля поддерживают композиционную вставку. Важны и пропорции, в которых вставка делит такую панель. Вставка может выполнять двойную роль:

- служить акцентом композиции, тогда она должна быть значительно активнее рядового элемента;

- или разряжать насыщенность ряда, в этом случае она должна быть гораздо “легче”, чем основные элементы.

Заметим, что близкое к рассматриваемому средству композиции – ритм – почти исключает возможность каких бы то ни было отступлений.

Сбивка ритма, как правило, ведёт к серьёзным нарушениям целостности. В ходе разработки различных изделий нередко приходится изменять размеры одного из интервалов, или – при одинаковом шаге – один из элементов ряда. В принципе это возможно – лишь бы сбивка не оказалась случайной.

Совершенно недопустимо почти незаметное изменение шага, формы или цвета выделяемого элемента.

Между тем, считают, что незначительное отступление от метрического шага меньший грех, чем явное изменение размера. Композиция этого не терпит, акцент в ряду может быть только явным и композиционно обоснованным.

Метрический ряд должен иметь начало и конец – иначе он будет выглядеть случайным фрагментом чего-то незавершённого.

Композиционно таким началом и концом на панели пульта могут быть, например, кратные поля, более широкие, чем шаг метрического ряда.

Обозначить начало и конец метрического ряда можно акцентированием близких к крайним или крайних элементов и некоторыми другими приёмами.

Если же сильный акцент появляется внутри ряда, то завершённость композиции возникает как следствие определённых пропорций, в которых поделен этот ряд. Завершённость ряда достигается разными путями (размером, цветом, обработкой поверхности, выдвижением вперёд, композиционной сдержанностью всего ряда).

В заключение следует отметить, что метрический повтор в технике – не только средство композиции, но и одна из наиболее ярко проявляющихся закономерностей композиции.

4.4.8 Ритм

Понятия ритм и метрический повтор нередко смешивают, подразумевая под ритмом любое повторение элементов, в том числе и метрические повторы.

В отличие от метрического повтора закономерность, на которой основан ритм, выражается в постепенных количественных изменениях в ряду чередующихся элементов – в нарастании или убывании чередований, объема или площади, в сгущениях или разряжениях структуры, силы тона и т.п.

Ритм проявляется в закономерном изменении порядка, и зрительная реакция на ритм – это реакция на “порядок” – но порядок не метрический, а ритмический.

Метрический повтор воспринимается проще ритма. Это можно объяснить тем, что ритмичный ряд задаёт форме композиционное движение и таким образом связан с проявлением динамичности и с композиционным равновесием.

Изменяя порядок нарастания ритмического ряда, объём элементов, их структурную насыщенность и т.п. можно усилить или ослабить динамичность формы.

Ритм связан с такой особенностью зрительного восприятия, как движение глаза в направлении нарастания изменений ряда. Наш глаз весьма чутко реагирует на едва заметное отступление от закономерности, на которой строится ритмический ряд.

Динамичность, придаваемая форме ритмом, может быть серьёзно нарушена сбивкой в порядке изменения ряда элементов.

Проявления ритма в технике весьма разнообразны. На рис.51 приведены примеры выражения различных ритмических последовательностей. Это и постепенное нарастание плотности структуры ажурной металлической конструкции у мачты высоковольтной передачи, в изменениях размеров конструкций и т.п.

Ритм может развиваться в пределах метрической системы элементов.

Мерительным инструментом в композиции, единственным и довольно точным, служит профессиональное ощущение композиции, в данном случае чувство ритма. Организующая роль ритма в композиции тем активнее, чем сильнее само проявление этой закономерности.

Ведь ритм может быть выражен слабо, когда изменения чередований или самих элементов едва заметно, но может быть настолько сильным, что становится главным началом в композиции. Многое зависит от протяжённости ряда.

Слишком короткий ряд не в состоянии взять на себя организующую роль – число элементов должно быть не менее 4 -5.

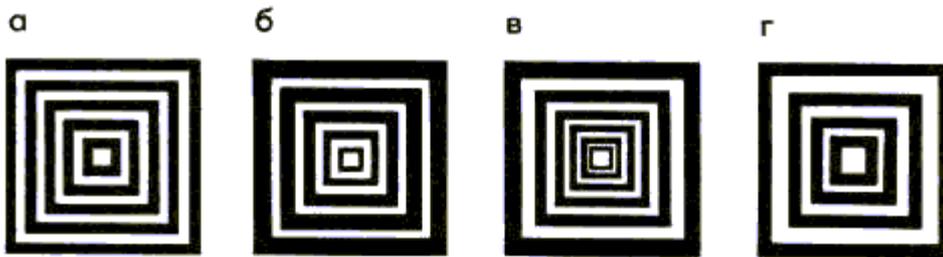
Работая над композицией надо решать и такой вопрос как приёмы завершения ритма. Если метрический повтор не создаёт в этом отношении особых трудностей, то тема ритма, связанная с динамичностью формы, требует особых приёмов для завершения композиции, чтобы не возникло впечатление случайного обрыва ритма.

Добиться этого не просто, так как ритм задаёт сильное композиционное движение. Для достижения композиционной завершенности приходится вводить до начала ритма такие элементы, которые позволяют достигнуть композиционного равновесия всей системы при её композиционном движении.

Из всех средств композиции ритм особенно тесно связан с психофизиологией восприятия, в значительной мере объективно обусловлен.



Ритм декора обрамлений окон с сокращением интервала в сторону башни придает динамичность архитектурной композиции

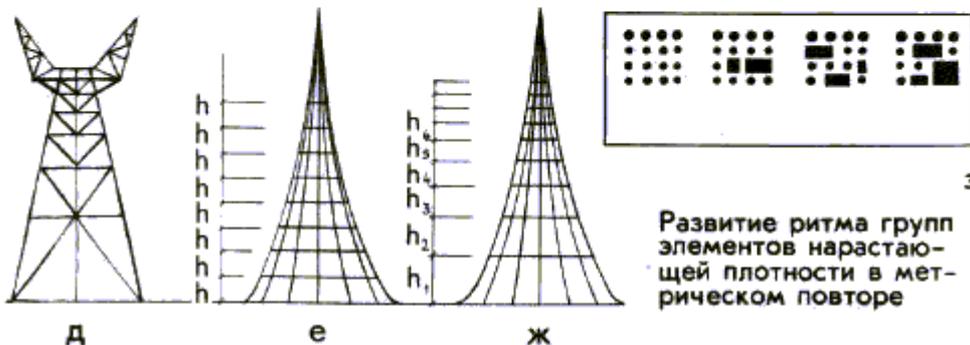


Ритм проявляется только в закономерном сокращении величины квадратов

Активность ритма возрастает с убыванием толщин решеток к центру

Предельно активен ритм при одновременном изменении промежутков и толщин

Ритм нарушен вследствие изменения интервала при неизменных толщинах решетки



Развитие ритма групп элементов нарастающей плотности в метрическом повторе

Рис.51 - Различные проявления ритма в технике

На рис.51 показан жилой дом, динамичность такого сооружения достигнута с помощью ритма крупных декоративных обрамлений окон верхних этажей.

На рис.51 - (а...г) показаны закономерности или их нарушения в ритмических системах. Постепенное нарастание плотности структуры ажурной металлической конструкции мачты высоковольтной передачи на рис.51-(д-ж) выполнено закономерным изменением размеров элементов конструкций.

4.4.9 Цвет

В последнее время появилось немало рекомендаций и научных разработок, связанных с окраской станков и машин, но всё же каждый новый художественный проект – это своё, особое видение цвета промышленного изделия, своя цветовая композиция.

Пожалуй, самая волнующая часть всего творческого процесса – выполнение завершённого проекта в цвете – когда перед художником - конструктором, как живая, предстаёт готовая вещь.

Художник-конструктор должен в совершенстве владеть техникой выполнения проекта в цвете и знать особенности самого цвета.

Цвет – одно из самых “субъективных” средств композиции, но одной лишь интуиции здесь недостаточно, особенно при проектировании сложных машин или комплексов оборудования, интерьера насыщенного разнообразными приборами.

Нередко художники-конструкторы, увлекаясь цветом, забывают о назначении изделия и особенностях его эксплуатации, тогда как цвет должен служить логическим дополнением и завершением всей композиции. В этих случаях цвет вступает в противоречие с объёмно-пространственной структурой и тектоникой, разрушая целостность и внося дисгармонию.

Как построить цветовую композицию?

Как выбрать тональность?

В станко- и приборостроении выбор цвета определяется во многом эргономическими требованиями, что же касается изделий культурно-бытового назначения, то здесь возрастает роль создания гармоничного цветового ансамбля всего жилого интерьера.

Эргономические обоснования выбора цвета станков разработаны достаточно глубоко. В частности, исследования показали, что нельзя пренебрегать цветом фона, который в процессе обработки детали постоянно находится в поле зрения рабочего.

Для металлов тёплых - латунь, медь – фон должен быть серым, синим.

Цвет клавиатуры многих приборов и пультов в их соотношении с фоном, цвет мнемосхем в различных условиях эксплуатации, сочетания цветов многих элементов на щитах управления энергосистемы – всё это требует не интуитивного выбора цветовой гаммы, а эргономического обоснования.

Цвет должен быть увязан с объёмно-пространственной структурой объекта – это одно из главных условий применения цвета в художественном конструировании.

Форма лаконичная, геометрически просто и чётко организованная плоскостями, не насыщенная тенями, не будет мрачной при тёмно-синих или тёмно-серых цветах.

Но если композиция объекта насыщена тёмными глухими тенями, то красить в синий, тёмно-зелёный и тёмно-серый цвет нельзя – он будет мрачным, тяжёлым. Совсем другое, когда такая форма окрашена светлой краской (светло-бежевой, светло-серой, почти белых тонов).

Цвет тесно связан с другими средствами композиции – пропорциями, масштабом, контрастом, нюансом. С помощью цвета можно акцентировать нужные элементы формы или композиционно ослабить их, соподчинить или объединить. Цвет помогает создавать композиционные мостики между отдельными частями формы.

Удачное цветовое решение помогает раскрыть сущность вещи, обострить или сделать нейтральным характер формы.

В ходе работы художнику-конструктору приходится учитывать ещё одно обстоятельство. Так называемый “одновременный контраст”, т.е. изменение восприятия цвета в зависимости от цветового окружения.

“Изменение” цвета бывает очень сильным так, что может полностью сделать цвет изделия зрительно иным, чем было задумано.

Существует таблица изменения цвета в зависимости от цвета фона. Художнику-конструктору полезно иметь эту таблицу, т.к. постоянно в технике приходится иметь дело с цветовым взаимодействием “фон-пятно”.

Например, панель пульта управления – это цветовое пятно на фоне корпуса пульта. Цветовые пятна на самой панели – это шкалы, кнопки, сигнальные лампочки. Поэтому всякий раз приходится подбирать наилучшие варианты сочетания.

Художник-конструктор при работе имеет дело не только с окрашиваемыми частями, но и с цветом многих отделочных материалов – пластмасс, металлов, дерева, кожзаменителя и т.п. поэтому нужен немалый опыт и умение, чтобы совместить различные отделочные материалы, гармонизировать их по цвету и фактуре, учесть отражающие свойства разных поверхностей.

Хромированное покрытие, холодное, в тенях тёмно-серо-голубое, окажется чужеродным в тёплой цветовой гамме. Точно так же тёплое золотистое гальванопокрытие композиционно не увязывается с гаммой холодных окружающих цветов.

Производственники иногда не видят особой разницы в том, что металлопокрытие будет чуть желтее или чуть краснее, холоднее или теплее в оттенке. А ведь когда речь идёт о сочетании цветов, даже нюансные изменения цвета подчас искажают весь замысел.

Особенность цветовой гармонии в том, что это своеобразная система, в которую нельзя произвольно вносить изменения, не рискуя нарушить её целостность.

4.4.10 Тени и пластика

Термин “пластика” наиболее употребителен в художественном конструировании. Им постоянно пользуются дизайнеры, обсуждая проекты будущих станков, машин, приборов, но если сравнить толкования его разными

специалистами, окажется, что все они понимают пластику формы по-разному.

Пластика формы характеризует, прежде всего, особенности объёмно-пространственной структуры, определяя её рельефность, глубинность, насыщенность тенями и светом.

Пластичная форма – это форма рельефная, скульптурная, с мягкими переходами основных образующих. И наоборот: форма без пластики – суха, аскетична, для неё характерна бедная светотеневая структура.

Сегодня, когда качество любого промышленного изделия определяется и его эстетическим совершенством, нельзя мыслить чисто “чертёжными” категориями. Не только художник, но и инженер должен уметь грамотно оттушевать ортогональный чертёж, построить тени, выявить блики.

Если, прищурясь, посмотреть на предмет он окажется размытым в контурах – прорисовуется одними тенями и светом. Так выявляется его светотеневая структура, яснее раскрывается и главное в композиции, и её недостатки.

Рассматривая организующую силу теней в композициях промышленных изделий, нельзя ли причислять тени к числу средств композиции? Ведь свет и тень не являются компонентами изделия её формы: стоит изменить положение источника света и меняется структура теней и света.

Однако в технике обычно существует стационарное освещение объектов, что создаёт условия для поиска лучшего варианта светотеневой структуры. С другой стороны, взаимодействие света и теней, характер их распределения, глубина и т.д. есть результат определённого пластического решения объёмно-пространственной структуры.

Отсюда следует, что средством композиции всё же является пластика формы, т.е. всё то, что материально определяет характер поверхности и влияет на светотеневую структуру.

Художники-конструкторы говорят, что труднее всего добиться выразительности предмета с элементарно простой формой.

Слишком простая, лишённая пластики форма кажется невыразительной, скучной. Поэтому художник прибегает к усложнению формы, делает её пластичной, чтобы во взаимодействии теней со светом найти интересный композиционный образ.

Таким образом, пластика и тени настолько тесно связаны между собой, что как средство композиции должны рассматриваться вместе.

Тени связывают воедино все элементы формы, укрепляют её основу. Особенно рельефным и выразительным объект становится, когда он и освещён оптимально.

Но большинство предметов изменяют своё положение в пространстве во время работы. Художнику-конструктору в этом случае приходится, работая над формой, учитывать и этот фактор. Рассмотрим несколько приёмов, чтобы уяснить, как учитывать в работе над формой собственные и падающие тени на примере рис.52.

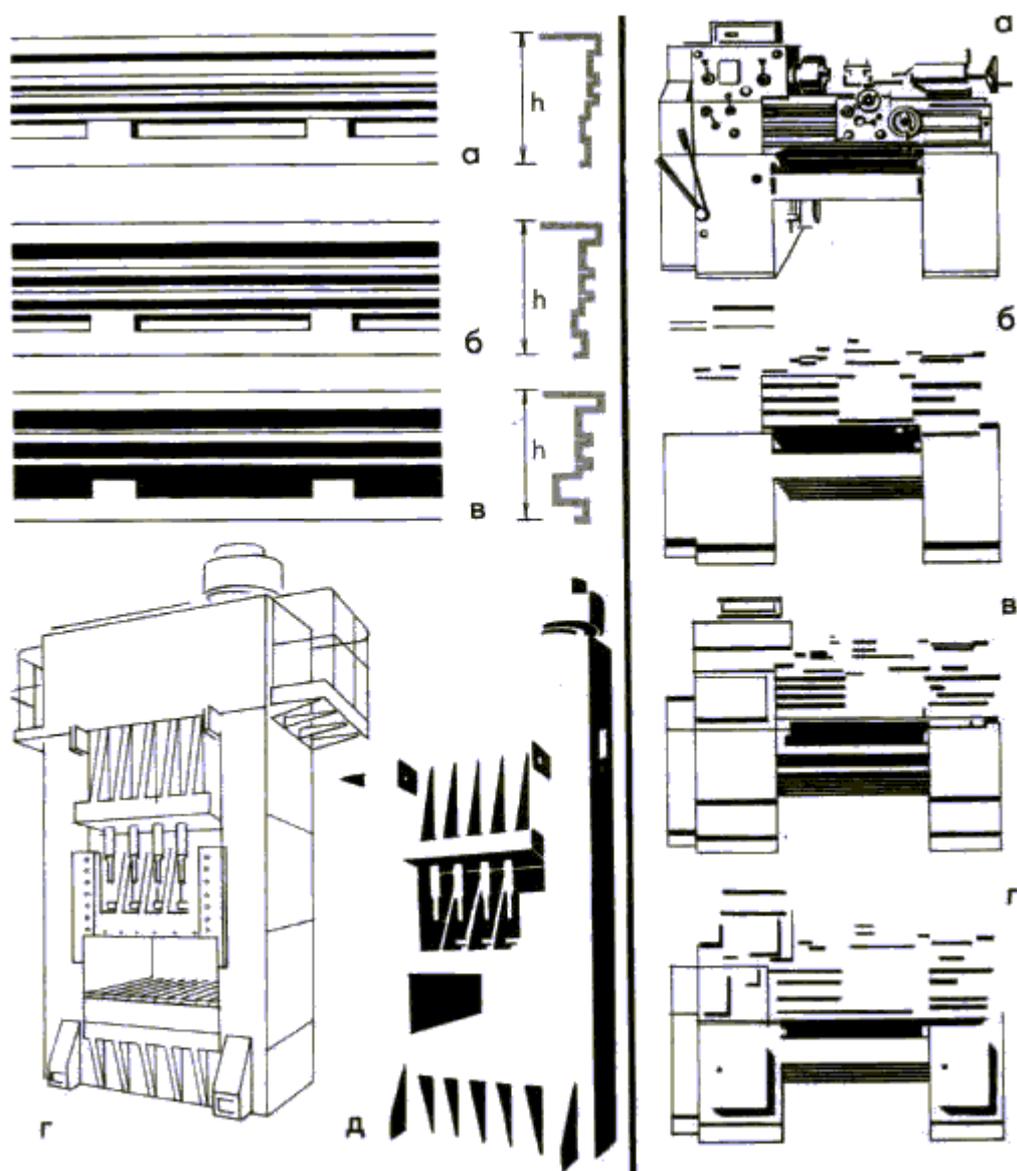


Рис.52 - Примеры свето-теневой структуры изделий

У профиля на рис.52-(а) глубина минимальна и падающие тени не перекрывают освещенные участки вертикальных плоскостей. По величине теней можно судить о глубине рельефа, рельеф малопластичный. У профиля на рис.52-(в) – слишком большие выносы и глубокие поднутрения. Пример светотеневой структуры многотонного пресса приведен на рис.52-(г...д). Сочная и сильная пластика строится здесь на использовании метрического повтора нескольких вертикальных элементов.

Примеры проявления различной степени свето-теневых структур токарного станка приведены на рис.52 справа. Форма этого станка получилась целостной и лаконичной не только благодаря последовательному развитию композиционного приема, основанного на выявлении строгой системы горизонталей, но и благодаря четкой структуре света и теней.

Значение тени и света в различных конкретных ситуациях могут быть различными: в одних случаях организующую роль играет свет, в других – тень.

Так, в некоторых сложных машинах большое число элементов находится в зоне глубоких падающих щелей. В этом случае ярко освещенные тонкие горизонталы профилей полок держат темноту, организуя светотеневую структуру. Если она плохо организована, то целостность формы может быть нарушена.

И наоборот, если объем организован крупными плоскостями, - слишком прост, малопластичен (важными бывают лёгкие тени, членящие объем – разъемы деталей, стыки элементов). Контрастируя с большой освещенностью, тени могут придать выразительность объёму. Полезно прорисовывать формы с глубокими рельефами – одними тенями.

Перевод пластики на лаконичный язык света и тени дисциплинирует глаз и руки художника.

Итак, сложное взаимодействие теней и света нельзя считать второстепенным в работе над формой промышленного изделия – от светотеневой структуры во многом зависит целостность композиции.

Значение светотеневой структуры для композиции определяет и профессиональные приёмы пластической проработки формы; начинать эскизирование надо не с паутины тонких карандашных линий, а с сочных плотных мазков, создающих теневую структуру на фоне белой бумаги.

Мы кратко изложили основные сведения о средствах композиции в технике, об их значении в общей структуре теории композиции, об особенностях их использования в процессе художественного конструирования различных промышленных изделий.

4.5 Особенности художественного конструирования РЭС бытового и профессионального назначения

С точки зрения специфики внешнего оформления, все РЭС удобно разделить на профессиональные и бытовые. При конструировании профессиональных РЭС в большей степени учитываются эргономические параметры, а при конструировании бытовых РЭС – эстетические качества.

Конструирование профессиональных РЭС. Человек-оператор при работе на профессиональных РЭС выполняет свои функции на рабочем месте, под которым понимается зона, оснащённая необходимыми техническими средствами. При эргономическом конструировании рабочего места необходимо учитывать следующее: рабочую позу человека-оператора (сидя, стоя, стоя/сидя); потребность оператора в обзоре рабочего места, а также соседних рабочих мест; наличие рабочей поверхности для письма, установки телефонных аппаратов, хранения документов, наличие пространства для ног при работе сидя; конфигурацию и размеры индикаторов и органов управления; приоритет, последовательность и темп поступающей информации (например, пилот истребителя МИГ-15 6...8 раз в минуту смотрит на приборы, каждые

две секунды он оценивает показания трёх приборов, в сложной ситуации это время уменьшается до 1 с); частоту использования органов управления, их связь с элементами индикации.

Работая на профессиональных РЭС, в общем случае оператор выполняет диспетчерские функции: наблюдение за поступлением информации, переработка информации и принятие решений, исполнение принятых решений.

Пространство для размещения бумаги и пишущих принадлежностей должно быть от 100 до 200 мм в глубину, если предполагается, что оператор будет делать заметки. Для выполнения записей и установки телефона и документов этот размер следует увеличить до 400 мм.

Основным требованием является размещение элементов индикации на линии зрения, проходящей через ось глаз в соответствии с наклоном головы оператора.

Элементы индикации и управления следует размещать в соответствии с ГОСТ 23000-78 «Пульты управления. Общие эргономические требования». При расположении индикаторов следует учитывать их приоритет (роль при достижении цели; цена ошибки оператора; частота использования; срочность использования информации; надёжность работы индикаторов). Наиболее приоритетные индикаторы располагают прямо перед оператором, менее важные – сбоку слева, ещё менее важные – сбоку справа. Следует также учитывать: идентичность информации; логическую связь между сообщениями; совместное использование индикаторов; соответствие размещения индикаторов и технических устройств, работа которых отображается; соответствие навыкам оператора.

Чтобы облегчить обнаружение отклонения одного из параметров группы индикаторов, их указатели в нормальном режиме следует устанавливать в одинаковом положении. Для концентрации внимания операторов элементы индикации могут быть объединены в логические блоки рамкой или их расположению может придаваться динамический характер, например путём сужения поля в месте максимальной информативности (внизу экрана). Уменьшить габариты панелей индикации можно, используя комбинированные (интегральные) индикаторы, совмещённые с органами управления (светящаяся кнопка).

Эффективность выполнения операций управления в значительной степени зависит от конструкции органов управления и характера их размещения друг относительно друга и относительно органов индикации.

Органы управления РЭС по своему назначению являются исполнительными (кнопки, тумблеры, клавиши). К элементам управления предъявляются требования быстроты передачи информации от оператора, надёжности работы, эстетичности, технологичности конструкции. По конструктивной реализации элементы управления целесообразно разделить на управляемые одним пальцем (нажимные, передвижные), двумя и большим числом пальцев (поворотные, многооборотные, рычажные). Широкое применение нашла их разновидность - клавишно-коромысловые переключатели. Они могут быть

как одиночными, так и объединены в коммутационные группы с общим обрамлением.

Целостность панели управления РЭС достигается благодаря умелому использованию соподчинённости второстепенных элементов главным, пропорциональности и масштабности. Для лицевой панели РЭС ведущим является её фон, ведомыми – шкалы, индикаторы, кнопки, тумблеры, переключатели, ручки и т.д. Среди ведомых можно выделить наиболее значимые элементы. Пропорции в вертикальном направлении являются более значимыми, чем в горизонтальном. Основным средством достижения пропорциональности является геометрическое подобие на основе использования рядов: арифметических ($H_1 - H_2 = H_2 - H_3$), геометрических ($H_1 : H_2 = H_2 : H_3$), ряда гармонических ($H_1 : H_3 = (H_1 - H_2) / (H_2 - H_3)$) и др. Пропорции, основанные на определённых отношениях, воздействуют весьма активно, как зримо воспринимаемая закономерность, нарушение которой сводит на нет целостность формы.

При компоновке панели управления в целом необходимо принимать во внимание следующие факторы: взаимное расположение органов индикации и управления с учётом последовательности работы с ними, чтобы органы зрения и управления человека двигались в одном направлении без резких скачков и зигзагов; при работе с двумя и более ручками регулировки руки оператора не должны перекрещиваться; при работе двумя руками следует стремиться к тому, чтобы движения оператора были симметричны и синхронны; при наличии нескольких разнесённых пультов их состав и расположение должны быть хорошо продуманы.

При внешнем оформлении профессионального РЭС необходимо обращать внимание на эргономичность и эстетичность вспомогательных элементов – соединителей, ручек для переноски, элементов крепления, опорных ножек, направляющих и т.д.

Внешнее оформление бытовых РЭС. Конструкция бытовых РЭС в 80-е годы претерпела значительные изменения. Это связано с появлением новых видов аппаратуры, а также с улучшением характеристик традиционной аппаратуры. К новым видам бытовых РЭС следует отнести электронные игры, бытовые компьютеры, видеоманитроны и видеокамеры, лазерные воспроизводящие звуко- и видеоустройства. К РЭС с улучшенными параметрами относятся цветные телевизоры на ИС с дистанционным управлением и стереофоническим звуком, двухкассетные магнитофоны и магнитола, усилители с эквалайзерами, магнитофоны для воспроизведения звуковой и видеoinформации с наушниками и экранами в виде очков, автомобильные магнитола и многое другое. Эта аппаратура выполняется в виде отдельных блоков. Размеры блоков часто унифицированы, что позволяет их компоновать в виде стоек со встроенными объёмами для хранения кассет, пластинок и т.д. При цветовом оформлении преобладают нейтральные цвета, что позволяет учесть возможность их размещения в любом интерьере. Ввиду того, что новые виды аппаратуры имеют большое количество органов управления и индикации, при разработке их конструкции в большей степени учитываются требования эргономики.

При оформлении бытовых РЭС требуется учитывать интересы предполагаемого потребителя: технические параметры (звуковые колонки, многодорожечная запись, регулировка качества звука, видеозапись и т.д.), технологические и эстетические параметры («престижное» оформление), удовлетворение от самого процесса общения с аппаратурой, наличие большого количества элементов управления и индикации, «приборное» оформление. Цветовое оформление должно учитывать интерьер. Чтобы аппаратура подходила под любой интерьер, иногда идут на «нейтральное», приборное оформление бытовой аппаратуры.

В настоящее время отработка внешнего оформления РЭС осуществляется на всех этапах конструирования. На стадии эскизного проектирования изучаются техническое задание, художественно-конструкторские аналоги и прототипы, каталоги, проспекты, ГОСТы 12-й группы и другая информация (в том числе патентная). На стадии технического проектирования эскизный проект корректируется с учетом конкретных конструкторско-технологических требований. При этом окончательно выбирают форму изделия и его цветовое решение с учетом технологических требований. В результате получают полный комплект художественно-конструкторской документации, необходимый для разработки рабочего проекта. На этапе разработки рабочей документации и изготовления опытного образца дизайнер дает консультацию и осуществляет надзор за сохранением замысла технического художественно-конструкторского проекта, контролирует и визирует конструкторскую и технологическую документацию, оформляет заявку на промышленный образец.

При эргономическом анализе необходимо убедиться в том, что расположение приборов и органов управления обеспечивает удобное положение человека при работе, рабочая плоскость находится на удобной высоте с учетом рабочего положения и расстояния до глаз, органы управления размещены в пределах досягаемости с учетом положения тела оператора при работе; форма, размеры и материал органов управления соответствуют прилагаемому усилию, прилагаемые усилия допустимы с точки зрения физиологии, конструкция обеспечивает удобство обслуживания и ремонта РЭС (доступность, степень риска, освещенность и т.д.), для выполнения данной работы достаточна существующая освещенность, органы управления и индикации размещены на оптимальном расстоянии в поле зрения, деления шкал видны достаточно четко, индикаторы расположены достаточно близко от соответствующих органов управления, в однотипной аппаратуре органы управления расположены одинаково и правильно, по положению органов управления и индикации возможно быстро определить ситуацию (например, включено/выключено), рука при перемещении органа управления не закрывает шкалу индикатора, режим работы оператора допускает правильное чередование работы и отдыха, а также динамических и статических видов нагрузки, существует соответствие между перемещением органов управления и вызванными ими эффектами, органы управления и индикации размещены в последовательности, соответствующей порядку выполнения операций, физическая и

психическая нагрузка при работе соответствует возможностям различных операторов (мужчин, женщин, молодых и пожилых работников).

На этапе эстетического анализа выясняется объёмно-пространственная структура и определяется ведущий формообразующий принцип (симметричное, асимметричное, статическое, динамическое решение); уточняется композиционная иерархия целого, определяются акценты, главные и второстепенные элементы; определяется логика взаимопереходов и взаимосвязей отдельных объёмов и сочленений; выявляется единство и подобие геометрического построения поверхностей элементов целого; оценивается динамика формы, направленности масс (объёмов) и их соответствие функции изделия; оцениваются информативные свойства формы, с помощью которых человек информируется о функции изделия в целом и его отдельных частей; проверяется тектоничность основных формообразующих элементов; проверяется соответствие формы конструктивным особенностям применяемого материала и характеру его работы; определяется степень согласованности, соразмерности и соподчинённости элементов и целого; оценивается характер отношений отдельных элементов целого (контрастных, нюансных, тождественных связей в форме); проверяется пропорциональность композиции; уточняются наличие модуля и оптимальность его значения; оценивается соответствие пропорционального строя динамическим тенденциям формы изделия; проверяется ритмический строй изделия по горизонтали и вертикали; оценивается сложность ритмического построения и чёткость восприятия ритма и соответствие ритма тенденциям формы; определяется масштаб изделия по отношению к предметам окружающей среды и к человеку, выявляются масштабные несоответствия и элементы – указатели масштаба; оценивается поверхность изделия с точки зрения рисующих световых линий (бликов светового каркаса), гармоничность формы светового каркаса; оцениваются фактура поверхностей и использованные декоративные свойства материала; оцениваются самостоятельные элементы (крепёжные детали, органы управления, устройства индикации и т.д.), их относительность и взаимосогласованность; оцениваются единство деталей и целого, выделение цветом функционально важных элементов, стилевая направленность и наличие фирменного стиля.

Анализ слабых решений столь же полезен, сколь и анализ удачных. Ввиду того, что при анализе необходимо учитывать специфику схемотехнических, конструкторских, эргономических и эстетических свойств конкретных образцов РЭС, его целесообразно выполнять на макете или опытном образце, изготовленном промышленными методами из серийно выпускаемых материалов. Это позволяет оценить соответствие художественно-конструкторского замысла по таким тонким свойствам, как фактура поверхности, цветовой колорит, тональность цвета, световой каркас, а также проверить окончательно эргономичность изделия (удобство пользования им).

При художественно-конструкторском оформлении РЭС необходимо учитывать технологические ограничения на формо- и цветообразование, фактуру поверхности (матовая, шероховатая, блестящая, с “рисунком”), параметры применяемых материалов (цветовой тон, защитно-декоративные

свойства, технологичность их использования). Художник-конструктор должен учитывать ограничения по формообразованию, накладываемые технологией (прессование пластмасс, литьевое или вакуумное формование и т.д.). Это должно найти отражение в конструкции РЭС (радиусы закругления, литейные уклоны, поднутрения, толщина стенок и т.д.). Особое внимание он должен обратить на соответствие параметров материалов паспортным данным, так как от этого зависят такие нюансные свойства, как тон и фактура поверхности, световой каркас. В ряде случаев художник-конструктор должен и может настоять на изменении компоновки изделия, использовании материалов или улучшенных технологических процессов. Это особенно важно, когда надо обеспечить конкурентоспособность и быстрый сбыт изделия. Работа художника-конструктора тем успешнее, чем с более раннего этапа разработки изделия он в неё включился.

Заключение

Как стремился показать автор на протяжении данного пособия, эргономика, дизайн, инженерная психология и теория композиции в технике – явления глубоко и многосторонне обусловленные.

Организация формы промышленного изделия (в том числе радиоэлектронная аппаратура бытового назначения) определяется многочисленными объективными факторами, в то же время подчиняется специфическим, присущим композиции закономерностям.

Изделия РЭС бытового назначения должны обладать подлинной красотой формы, быть удобными в пользовании, надежно функционировать в течение срока службы, обладать повышенными потребительским спросом.

Перечисленные качества и свойства изделия могут быть достигнуты только в результате совместной творческой деятельности инженера-конструктора, технолога, дизайнера и эргономиста, используя научные знания и практический опыт в сфере эргономики, дизайна и художественного конструирования.

Список используемой литературы

1. Эргономика: принципы и рекомендации. Под ред. Зинченко В.П. М. ВНИИТЭ. 1990
2. Венда В.Ф. Эргономические исследования и художественное конструирование. М. 1996
3. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Инженерно – психологические требования к системам управления. М. 1989
4. Эргономика. Под ред. Дуганова Г.В. Киев.1986
5. Ломов Ю.С. Композиция в технике. М.1990