

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭРГОНОМИКА  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по аграрному техническому образованию в качестве пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по специальности 1-59 80 01 «Охрана труда и эргономика»*

Минск  
БГАТУ  
2021

УДК 331.101.1(07)  
ББК 30.17я7  
Э74

Составители:

кандидат педагогических наук, доцент *Н. Г. Серебрякова*,  
кандидат технических наук, доцент *Т. В. Молош*,  
старший преподаватель *Е. И. Подашевская*

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности УО «Белорусская  
государственная ордена Октябрьской революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»  
(доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заведующий кафедрой *В. Н. Босак*);  
заведующий лабораторией механизации процессов  
производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства» *Е. Л. Жилич*;  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Охрана труда» Белорусского национального  
технического университета *Л. П. Филянович*

**Эргономика** производственных систем : пособие / сост.:  
Э74 Н. Г. Серебрякова, Т. В. Молош, Е. И. Подашевская. – Минск :  
БГАТУ, 2021. – 168 с.  
ISBN 978-985-25-0133-0.

В пособии рассмотрены вопросы формирования современных представлений об эргономике как научной и проектировочной дисциплине, способной решать практические задачи по учету человеческого фактора для повышения эффективности, безопасности, комфорта системы «человек–машина–среда».

Пособие адресовано магистрантам специальности 1-59 80 01 «Охрана труда и эргономика» и может быть использовано аспирантами и соискателями ученой степени.

УДК 331.101.1(07)  
ББК 30.17я7

ISBN 978-985-25-0133-0

© БГАТУ, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Тема 1. ЭРГОНОМИКА КАК НАУКА. ОБЪЕКТ, ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ЭРГОНОМИКИ. КОГНИТИВНАЯ НАУКА И ЭРГОНОМИКА. ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЭРГОНОМИКИ .....	5
Тема 2. МЕТОДЫ ЭРГОНОМИКИ. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	18
Тема 3. ПСИХИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕЛОВЕКА .....	32
Тема 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК–МАШИНА». ЭТАПЫ И ПРОЦЕДУРЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	60
Тема 5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ.....	84
Тема 6. ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ.....	101
Тема 7. ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА .....	116
Тема 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	129
Тема 9. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЭРГОНОМИКА.....	143
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	165
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	166

## ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Эргономика производственных систем» является формирование у магистрантов специальности 1-59 80 01 «Охрана труда и эргономика системы» знаний: 1) о деятельности человека в системе «человек–машина–среда» (СЧМС); 2) особенностях человека как оператора и пользователя технических средств как важнейшего компонента СЧМС; 3) по управлению безопасностью производственных процессов для их применения; 4) при проектировании, производстве и эксплуатации современных технических, аппаратных и программных средств, реализующих безопасность процессов.

В пособии рассмотрены вопросы формирования современных представлений об эргономике как научной и проектировочной дисциплине способной решать различные практические задачи по учету человеческого фактора для повышения эффективности, безопасности и комфорта СЧМС; очерчены границы проблемного поля и методологии эргономики; описаны особенности труда и профессиональной деятельности человека как субъекта операторской деятельности при взаимодействии с техникой; перечислены принципы и методы создания СЧМС, обеспечивающие требования эргономичности техники, безопасной жизнедеятельности и условий труда пользователей, проблемы коммуникативного и информационного взаимодействия оператора или группы операторов с техническими средствами при применении информационных технологий; озвучены эргономические проблемы проектирования профессиональной деятельности при взаимодействии человека с компьютером; определены факторы эффективности деятельности человека и группы в информационных СЧМС различного назначения.

**Тема 1. ЭРГОНОМИКА КАК НАУКА.  
ОБЪЕКТ, ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ЭРГОНОМИКИ.  
КОГНИТИВНАЯ НАУКА И ЭРГОНОМИКА.  
ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЭРГОНОМИКИ**

*Вопросы*

1. Эргономика как наука. Объект, предмет и задачи эргономики.
2. Междисциплинарные связи эргономики.
3. Когнитивная наука и эргономика.
4. Историческое развитие эргономики.

**Эргономика как наука.  
Объект, предмет и задачи эргономики**

Человек, машина и окружающая их среда рассматриваются в эргономических исследованиях как *сложная система*, поэтому основной объект исследования эргономики – система «человек и машина» (СЧМ). Предметом эргономики является конкретная деятельность человека (группы людей), использующего машины (технические средства). Эргономика изучает характеристики человека, машины и среды, проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия, разрабатывает методы учета этих факторов при модернизации действующей и создании новой техники и технологии, изучает проблемы целесообразного распределения функций между человеком и машиной, функционирования человеко-машинных систем, определения критериев оптимизации таких систем с учетом возможностей и особенностей работающего человека (группы людей) и т. д. Ряд эргономических проблем связан с задачами производства технически сложных товаров широкого потребления, а также с проектированием рабочих мест и условий трудовой деятельности для лиц с пониженной трудоспособностью. Эргономика не только изучает, но и проектирует целесообразные варианты конкретных видов человеческой деятельности, связанных с использованием новой техники.

Эргономика является системно-ориентированной дисциплиной, охватывающей все аспекты человеческой деятельности. Она развивает целостный подход, сочетающий рассмотрение и учет физических,

когнитивных (мыслительных), социальных, организационных и других значимых факторов. Практикующий эргономист должен иметь широкую эрудицию во всех этих сферах. Эргономисты часто работают в конкретных секторах или предметных областях, которые постоянно эволюционируют: создаются новые, а старые получают новые перспективы развития.

К концу XX в. выделились три главных направления внутри эргономики, которые более глубоко изучают специфические особенности человека и характеристики его взаимодействия.

**Когнитивная эргономика.** Связана с психическими процессами: восприятием, памятью, рассуждением, моторной реакцией, и их ролью во взаимодействии человека с другими элементами системы. Она изучает умственную нагрузку, процессы принятия решения, виды работ, требующие высокой квалификации, взаимодействие человека с компьютером, надежность человека, профессиональный отбор и профессиональную подготовку.

**Физическая эргономика.** Рассматривает анатомические, антропометрические, физиологические и биомеханические характеристики и их влияние на физическую деятельность человека. К вопросам этого направления относятся рабочие позы, погрузочно-разгрузочные работы, монотонные движения, работа, чреватая мышечно-скелетными расстройствами, компоновка рабочего места, безопасность и здоровье.

**Организационная эргономика.** Нацелена на оптимизацию социотехнических систем, включая их организационную структуру, политику и процессы. Вопросами организационной эргономики являются коммуникация, управление трудовыми ресурсами, проектирование деятельности, проектирование рабочего времени, коллективная работа, новые парадигмы организации труда, виртуальные организации, удаленная работа и управление качеством.

## **Междисциплинарные связи эргономики**

Для современного этапа развития эргономики особое значение приобретает вопрос о взаимосвязи ее предмета с предметами смежных наук. Это представляется важным в плане решения практических задач организации соответствующих научных исследований

и эффективного использования их результатов в различных сферах деятельности.

Логика развития эргономики все теснее связывает ее с социологией и, прежде всего, с *социологией труда*, которой отводится ведущая роль в реализации комплексного подхода к изучению трудовой деятельности (характер и содержание труда, соотношение различных стимулов и факторов удовлетворенности трудом, социальные аспекты рациональной организации труда и т. д.). Важное место отводится в социологии труда изучению системы «человек–техника».

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

В настоящее время отмечается тенденция к взаимному проникновению психологии и экономической науки, обусловленная потребностями объективного развития производительных сил, изменением характера труда в ходе научно-технической революции, необходимостью улучшения отбора и подготовки кадров, растущим значением рационализации и организации труда с целью эффективного использования «человеческого фактора» и т. д. Под влиянием этих же процессов происходит сближение эргономики и экономической науки. Определение социально-экономической эффективности новой техники, ставшее актуальной проблемой экономической науки, является сферой, где перекрещиваются интересы экономики и эргономики. Без опоры на эргономические знания вряд ли возможно продуктивное решение указанной проблемы.

Эргономика не может не интересоваться изучением отдельных элементов системы, как и психология, физиология и гигиена труда не могут упускать из виду связи изучаемых ими элементов системы с другими составляющими и системой в целом. Следовательно, изучение зависимостей, существующих внутри этой сложной системы, существенно не только с точки зрения эргономики, но и наук, на стыке которых она возникла. Более того, только изучение этих зависимостей позволит решить поставленные перед физиологией труда теоретические и практические задачи.

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 зависимости от существующих связей между указанными элементами системы.

Эргономика не отменяет и не подменяет исследования, проводимые в сфере физиологии, гигиены и психологии труда, но опирается на них, синтезирует их достижения. Эргономика использует полученные результаты и стимулирует определение оптимальных характеристик рабочего процесса, позволяющих достигнуть высокой эффективности труда. В сферу ее интересов входит также изучение изменений функционального состояния организма человека под влиянием его рабочей деятельности, осуществляемых в рамках физиологии труда.

Большое значение для эргономики имеет 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, позволяющей вскрыть генезис и патофизиологические механизмы невротических состояний, возникающих в отдельных случаях у работающих в процессе их деятельности, в частности в стрессовых ситуациях.

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

Эргономика не может развиваться вне связей с *анатомией человека*, наукой о форме и строении отдельных органов и организма в целом. Функциональная анатомия, которая выясняет взаимосвязи особенностей строения органов и систем человеческого организма с характером их функционирования, является одной из отраслей науки, на стыке которых возникла эргономика. Особый интерес для эргономики представляют исследования взаимосвязи и взаимной обусловленности морфологических, биохимических и психических характеристик человека. В эргономике используется и получает дальнейшее развитие совокупность методических



приемов, характерных для антропометрических исследований, с помощью которых измеряют и описывают тело человека в целом и отдельные его части, а также определяют количественные характеристики их изменчивости.

Комплексный подход к изучению и проектированию деятельности человека обуславливает тесные и многоплановые отношения эргономики с психологией. Эргономика связана со многими отраслями психологии: психологией труда и инженерной психологией, железнодорожной, авиационной и космической психологией, социальной психологией и психологией личности, военной и педагогической психологией. Эргономикой в полной мере используются сложившиеся и формирующиеся в психологии методы исследования познавательной и исполнительской деятельности, а в отдельных случаях она развивает и создает новые.

*Инженерная психология* по времени своего возникновения в нашей стране непосредственно предшествовала появлению эргономики. Она также стремилась к комплексности учета человеческих факторов и довольно быстро переросла рамки собственно психологического анализа трудовой деятельности. В начале своего развития инженерная психология решала наиболее острые и актуальные проблемы организации деятельности операторов СЧМ со средствами автоматизации. К ним относились, прежде всего, проблемы сенсомоторного слежения, обнаружения и выделения полезного сигнала из шума на электронно-лучевых трубках, усовершенствования мнемосхем (органов управления) и т. д. Потом задачи инженерной психологии стали формулироваться в более общих терминах: разработка принципов проектирования информационных моделей, исследование процессов информационного поиска, информационной подготовки и принятия решений – и, наконец, еще более широко – организация информационного взаимодействия между человеком и машиной. Естественно, что на каждом этапе развития инженерно-психологических исследований их тематика трансформировалась. Откликаясь на запросы практики, инженерная психология обрала все более широким кругом задач и проблем, для решения которых недостаточно было только компетенции психолога. В коллективы, призванные решать инженерно-психологические задачи, стали привлекать антропологов, биомехаников, физиологов, гигиенистов, дизайнеров и других специалистов,

что обусловило развитие соответствующих форм и методов комплексных исследований. Расширение тематики инженерно-психологического исследования и проектирования привело к тому, что инженерно-психологическая служба в промышленности естественным образом стала превращаться в эргономическую, хотя название некоторое время оставалось прежним. Своеобразной реакцией на этот процесс в инженерной психологии явились призывы к ее «психологизации». По существу, это означало осознание необходимости более строгого определения и сужения области исследования инженерной психологии в целях эффективного ее развития как отрасли психологии, ведущего раздела психологии трудовой деятельности человека. Здесь следует отметить, что любые попытки трактовать инженерную психологию как направление, связанное только с психологическими аспектами разработки и эксплуатации систем, не могут быть успешными, поскольку они противоречат системной идеологии – нельзя эффективно разрабатывать и эксплуатировать систему, выделяя в качестве самостоятельного предмета отдельные аспекты, даже если они психологические.

Эргономика совместно с *педагогикой и педагогической психологией* призвана содействовать процессу совершенствования политехнического образования в средней школе с тем, чтобы дать определенную профессиональную ориентацию и обеспечить соответствующую подготовку подрастающего поколения для работы с проектируемой и создаваемой новой техникой. В процессе политехнического образования можно положить начало приобщению учащихся к эргономической культуре как составной части общей, производственной, трудовой культуры.

Эргономика и *научная организация труда* оперируют различными единицами анализа трудовой деятельности, для определения которых иногда используются одинаковые термины. В эргономике принята схема единиц анализа деятельности, развиваемая в психологической науке: отдельная деятельность, действие и операция. Деятельность направляется мотивом, за которым всегда стоит потребность субъекта. Мотив не только побуждает деятельность и создает ее направленность, но придает деятельности (и всем реализующим ее процессам) определенный личностный смысл (можно сказать также – субъективную ценность). В научной организации

труда единицами анализа трудового процесса являются операции, приемы, действия, движения.

Эргономика и НОТ представляют две самостоятельные, но органически взаимосвязанные сферы научной и практической деятельности. Эргономика вносит все возрастающий вклад в дело научной организации труда.

Эргономика играет важную и все возрастающую роль в обеспечении безопасных условий труда. Под охраной труда понимается система законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Учет требований эргономики – необходимое условие создания удобной, надежной и безопасной техники. Число несчастных случаев, вызванных опасными действиями работающих, значительно больше, чем несчастных случаев, вызванных опасными условиями. В этой связи отмечается, что эргономика открывает новые возможности для определения скрытых причин небезопасных действий, могущих привести к несчастным случаям.

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

Эргономика тесно связана с техническими и математическими науками: кибернетикой, системотехникой, общей теорией систем, исследованием операций и другими дисциплинами и направлениями современных научных исследований.

## **Когнитивная наука и эргономика**

Результатом взаимопроникающего развития ряда других дисциплин стало формирование единого междисциплинарного подхода –

когнитивной науки, в рамках которого появилась возможность широкого обмена идеями, моделями, другими научными результатами исследователей, работающих разными методами над сходной проблематикой (либо использующих сходные методы в разных предметных контекстах). В современном виде когнитивная наука – это междисциплинарный подход, объединяющий исследователей познания, главным фокусом внимания которых является проблематика закономерностей приобретения, преобразования, представления (репрезентирования), хранения воспроизведения информации. Когнитивная наука представляет собой сегодня целое семейство дисциплин, объединенных единой проблематикой и сходными методологическими принципами. Ядро этой науки составляют когнитивная психология и компьютерные дисциплины (включая искусственный интеллект, теорию информации, теорию принятия решений и теоретическую информатику). К ним примыкают нейрофизиология, эпистемология, лингвистика и антропология.

Специальной наукой о человеке как особом биологическом виде является антропология. В структуру современной антропологии входят три основных раздела: морфология человека (изучение индивидуальной изменчивости физического типа, возрастных стадий – от ранних стадий зародышевого развития до старости включительно, полового диморфизма, изменения физического развития человека под влиянием различных условий жизни и деятельности); учение об антропогенезе (об изменении природы ближайшего предка человека и самого человека в течение четвертичного периода), состоящее из приматоведения, эволюционной анатомии человека, палеоантропологии (изучающей ископаемые формы человека); расоведение.

Основной вывод, который позволяет сделать современное состояние антропологии в отношении развития человека: на каком-то этапе биологического развития произошло выделение человека из животного мира (пограничный этап «антропогенеза-социогенеза»), и в эволюции человека прекратилось действие естественного отбора, основанного на биологической целесообразности и выживании наиболее приспособленных к природной среде особей и видов. С переходом человека из животного мира в социальный, с его превращением в биосоциальное существо законы естественного отбора сменились качественно иными законами развития.

Нейронаука представляет синтез знаний различных научных дисциплин, прежде всего, нейробиологии, прикладной математики, физики, медицины и психологии. Нейронаука становится все более важной для изучающих психологию, так как она позволяет вплотную приблизиться к разгадкам тайн человеческого мозга. На основе нейронауки и когнитивной психологии возникла новая область науки – нейрокогнитология. Нейрокогнитология развивается на стыке нейронауки и когнитивной психологии, особенно теорий памяти, ощущения и восприятия, решения задач, языковой обработки, моторных и когнитивных процессов.

Лингвистика (языкознание, языковедение) – наука о естественном человеческом языке вообще и обо всех языках мира как индивидуальных его представителях.

Эпистемология (греч. *episteme* – знание + *logos* – учение) – философско-методологическая дисциплина, в которой исследуется знание как таковое, его строение, структура, функционирование и развитие.

Психолингвистика, как ее трактует современная наука, – область лингвистики, изучающей язык как феномен психики. С точки зрения психолингвистики язык существует в той мере, в какой существует внутренний мир говорящего и слушающего, пишущего и читающего.

Когнитивная лингвистика – направление в языкознании, которое исследует проблемы соотношения языка и сознания, роль языка в концептуализации и категоризации мира, в познавательных процессах и обобщении человеческого опыта, связь отдельных когнитивных способностей человека с языком и формы их взаимодействия.

## **Историческое развитие эргономики**

Термин «эргономика» (греч. *ergon* – работа + *nomos* – закон), предложенный еще в 1857 польским естествоиспытателем В. Ястшембовским [2], получил широкое распространение после 1949 г., когда группа английских ученых во главе с К. Мареллом организовала Эргономическое исследовательское общество, с которым обычно связывают формирование эргономики как самостоятельной научной дисциплины. В СССР в 20-е г.г. XX в. предлагался термин

«Эргология», но в настоящее время принят английский термин. В США данная дисциплина называется «Исследование человеческих факторов», а в ФРГ – «Антропотехника».

Первые исследования, с которыми непосредственно связывают зарождение эргономики, относят к 20-м гг. XX в., когда в Великобритании, США, Японии и некоторых других странах физиологами, психологами, врачами и инженерами предпринимались попытки комплексного изучения человека в процессе трудовой деятельности с целью максимального использования его физических и психологических возможностей и дальнейшей интенсификации труда. Первые шаги в научном изучении трудовой деятельности обычно связывают с именем Ф. Тейлора и относят к периоду образования крупного капиталистического машинного производства. Создавая одну из первых научно обоснованных систем эксплуатации наемного труда, Ф. Тейлор проводит экспериментальные исследования простого машинного труда, результаты которых используются при его рационализации. Руководствуясь при проведении этих исследований принципами технологического детерминизма, в соответствии с которыми рабочий рассматривается в качестве одного из элементов технологической системы производства, Ф. Тейлор обосновывает необходимость разделения трудовых функций работающих на элементарные операции и стандартизированные движения. Продолжая работы, начатые Ф. Тейлором, Ф. Гилбрет выдвигает идею универсальных микродвижений (терблигов), из комбинации которых в различных сочетаниях и в различной последовательности должна состоять любая операция [3]. Трудовые функции предельно упрощаются на заводах Г. Форда. В рамках системы Ф. Тейлора зарождается и практически реализуется в капиталистическом производстве концепция «инженерного проектирования» методов работы. Важную роль в формировании этой концепции сыграли труды Ф. Гилбрета, где обоснована необходимость перехода от изучения метода работы после ее начала к его изучению до начала работы, т. е. к проектированию процесса. В работах Ф. Тейлора содержится мысль о том, что максимальная подгонка человека к машине предполагает и соответствующее ее проектирование. По технико-экономическим причинам принцип, согласно которому орудия труда должны соответствовать физической организации работника, был реализован на практике

Ф. Тейлором лишь на примере конструирования простейших орудий труда – лопат различных размеров и форм.

Определение рациональных перерывов в работе как способ борьбы с утомлением – один из принципов, выявленный Ф. Тейлором чисто эмпирически. Однако принцип этот не ограждал систему Ф. Тейлора от проблемы борьбы с утомлением, которую капиталистическая система организации труда обостряла до предела. В Германии, Англии, США и других странах в конце XIX – начале XX в. организуются специальные гигиенические и физиологические лаборатории, кафедры и институты, сотрудники которых изучают влияние на организм человека трудовых процессов и окружающей его производственной среды.

Интерес к СЧМ возник в середине XX в. и обусловлен тем, что в качестве объектов технического проектирования и конструирования все чаще стали выступать различного рода сложные системы управления производством, транспортом, связью, космическими полетами (и т. п.), эффективность функционирования которых во многом определяется деятельностью человека, включаемого в них в качестве ведущего звена. Сочетание способностей человека и возможностей машины (или совокупности технических средств) существенно повышает эффективность управления. Несмотря на совместное выполнение функций управления человеком и машиной, каждая из двух составляющих этой сложной системы подчиняется в работе собственным, свойственным только ей закономерностям, причем эффективность функционирования системы в целом определяется тем, в какой степени при ее создании были выявлены и учтены присущие человеку и машине особенности, в том числе ограничения и потенциальные возможности.

В 1950-е гг. эргономика интенсивно развивается во многих странах мира: создана Международная эргономическая ассоциация (1961), в которой представлено свыше 30 стран; раз в 3 года проводятся международные конгрессы по эргономике; в Международной организации по стандартизации образован технический комитет «Эргономика». В Великобритании с 1957 издается журнал «Ergonomics», ставший официальным органом Международной эргономической ассоциации.

Истоки белорусской эргономики находятся в психологии труда и психотехнике. Первые исследования в области психотехники

начали проводиться с 1925 г., когда в Белорусской ССР была создана первая психотехническая лаборатория при БГУ (Минск) по инициативе Всебелорусской ассоциации научной организации труда. В дальнейшем развитие эргономики в Белорусской ССР было неразрывно связано с формированием дизайна и эргономики в СССР. В Советском Союзе в 60-е гг. прошлого века был образован Всесоюзный научно-исследовательский институт технической эстетики (ВНИИТЭ) с первым в стране отделом эргономики. Белорусский филиал ВНИИТЭ (БФ ВНИИТЭ) был создан по решению правительства СССР в 1965 г. в Минске, где были начаты обширные исследования в области дизайна и эргономики. Филиал ВНИИТЭ быстро развивался и стал одним из наиболее крупных и развитых институтов со специализацией в автомобильном и сельскохозяйственном машиностроении, станкостроении, медицинской технике, энергетике. Институт обладал большим опытным и макетным производством, был хорошо оснащен различной научной аппаратурой, станочным оборудованием. Имелось несколько подвижных лабораторий на базе автомобилей, оборудованных комплексом мобильной аппаратуры для проведения полевых и натурных исследований деятельности операторов мобильной техники.

В БФ ВНИИТЭ к 1991 г. работали три структурных подразделения по психологии труда и эргономике. Самой крупной из них была лаборатория по психологии труда операторов автомобилей, тракторов, сельхозмашин и средств транспорта.

Большинство промышленных изделий, созданных при участии ведущих специалистов БФ ВНИИТЭ, защищались авторским свидетельством на Промышленный образец СССР, что свидетельствовало об их мировом уровне по эстетическим и эргономическим показателям.

Решением правительства Республики Беларусь БФ ВНИИТЭ в 1991 г. был преобразован в Белорусский институт дизайна Комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

Решением проблем эргономики, связанных с перспективными инновационными разработками, занимается Национальная академия наук Беларуси.

Активно используются достижения эргономики при создании карьерных самосвалов БелАЗ, а также в машиностроительном холдинге «Амкодор» при проектировании и производстве дорожно-



строительной, коммунальной, сельскохозяйственной и другой спецтехники, а также на других белорусских предприятиях.

В процессе эргономического обеспечения решаются следующие вопросы: 1) распределение функций между человеком и технико-информационными устройствами, а также между членами группы; 2) выбор состава, вида и других характеристик перерабатываемой человеком информации, средств индикации и сигнализации, органов управления; 3) компоновка рабочих мест; 4) разработка способов и средств обеспечения жизнедеятельности, определения критериев, методов и средств профессионального отбора, обучения, адаптации и тренировки специалистов, организации труда; 5) разработка приемов поддержания их работоспособности, положительной трудовой мотивации, сохранения здоровья.

### **Контрольные задания**

1. Назовите актуальные проблемы современной эргономики.
2. Укажите науки, с которыми тесно связана эргономика.
3. Приведите связь эргономики с когнитивной наукой.
4. Назовите исторические этапы развития эргономики.
5. Назовите предмет и основные задачи эргономики.

## Тема 2. МЕТОДЫ ЭРГОНОМИКИ. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

### *Вопросы*

1. Современная методология исследований в эргономике.
2. Эргономика в информационных системах и технологиях.

### **Современная методология исследований в эргономике**

Методы научных исследований – это приемы и средства исследований, с помощью которых получают сведения, необходимые для вынесения практических рекомендаций и построения научных теорий.

Методологическую базу эргономики составляет системный подход. Он позволяет использовать в эргономическом исследовании в том или ином сочетании методы различных наук, на стыке которых возникают и решаются качественно новые проблемы изучения систем «человек и машина».

Развитие любой науки зависит от того, насколько используемые методы совершенны, насколько они валидны (англ. *validity* – годность, обоснованность) и надежны. Валидность метода показывает, в какой мере он измеряет то качество (свойство, способность, характеристику и т. п.), для оценки которого он предназначен. Надежность метода определяется степенью воспроизводимости и согласованности результатов, полученных при его применении. Если метод оценки надежен, он должен давать воспроизводимые и согласованные результаты. Если же метод дает разные результаты при применении его в разных случаях или при выполнении подсчетов разными исследователями, значит, он ненадежен. Простая аналогия – резиновая линейка. Если неизвестно, насколько она растягивается при каждом измерении, то результаты будут ненадежны, независимо от того, насколько аккуратно проводилось каждое измерение.

В эргономике применяются различные методы.

**Метод наблюдений.** На раннем этапе исследования лабораторные эксперименты и корреляционный метод могут оказаться

преждевременными, и большего можно достичь, наблюдая за естественным ходом интересующего вас явления. Более того, многие поведенческие акты можно изучить только в условиях наблюдения за естественным процессом, исключающим вмешательство экспериментатора. Внимательное наблюдение за поведением человека служит отправной точкой для очень многих психологических исследований, и позднее это поможет в лабораторном изучении. Например, видеозапись рабочей позы и лица оператора, показаний наблюдаемых им приборов и индикаторов, направлений взгляда и управляющих движений – все это позволяет детально рассмотреть паттерны (англ. *pattern* – образец, шаблон) движений, совершаемых в процессе его деятельности, и определить, что надо улучшить в организации информационного пространства. Исследователи подготовлены к проведению наблюдений за естественным поведением: они точно записывают наблюдаемое и избегают проекции собственных установок на содержание своих отчетов. При этом для наблюдений зачастую не требуется специализированная лаборатория.

Некоторые проблемы, которые трудно изучать путем прямого наблюдения, можно исследовать путем косвенного наблюдения, т. е. с помощью опросников и интервью. Вместо того чтобы наблюдать, практикуют ли люди тот или иной вид поведения, исследователь просто спрашивает их об этом. Но так как людям свойственно выставлять себя в более благоприятном свете, этот метод более подвержен влиянию пристрастий, чем непосредственное наблюдение. Тем не менее, метод интервью дал немало важных результатов. Опросы широко использовались также для выяснения политических взглядов людей, предпочтения ими товаров, потребности в медицинском уходе и т. п. Всем хорошо знакомы такие виды опроса, как социологический опрос и перепись населения. Для адекватного проведения опроса надо, чтобы опросник, прошедший тщательное предварительное тестирование, предъявлялся группе людей, отобранных так, чтобы они адекватно представляли изучаемую группу населения. В целом метод опроса обычно является вспомогательным при психологическом изучении деятельности. Он может быть использован в тех условиях, когда невозможно или затруднительно проведение непосредственного наблюдения или эксперимента.

**Биографический метод.** Еще один способ косвенно наблюдать за человеком – это познакомиться с его биографией. Сегодня исследователь чаще спрашивает людей о том, что они делали в прошлом, чем наблюдает интересующий его вид поведения. Приведем один пример, показывающий, как важно изучать возможное поведение человека на основании его записей в социальной сети. В Испании в 2013 году на железнодорожной линии высокоскоростного движения произошла чудовищная катастрофа, унесшая несколько десятков жизней. Виновником этой катастрофы был машинист электровоза, который при прохождении крутого виража вел состав со скоростью в два с лишним раза большей разрешенной. Причем делал он это умышленно, несмотря на неоднократные предупреждения автоматического «советчика». Выяснили причину такого поведения машиниста: на своей странице в социальной сети он неоднократно высказывался о своей страсти к быстрой, агрессивной манере вождения, о любви к рискованной езде. Вовремя изученная история этого индивида могла бы послужить важным источником данных для его психологического портрета и в конечном итоге позволила бы предотвратить катастрофу.

Чаще всего историю индивида составляют по реконструкции биографии человека на основе воспроизведенных им событий и записей. Реконструкция необходима потому, что история конкретного человека, как правило, не вызывает интереса, пока у него не начались какие-нибудь проблемы, и тогда знание о его прошлом становится важным, чтобы понять его поведение в настоящем. По сравнению с результатами непосредственного наблюдения ретроспективный метод может давать искаженное представление о событиях или упускать что-либо из виду, но зачастую он является единственной возможностью.

**Экспериментальный метод.** Основным и наиболее эффективным методом является лабораторный эксперимент, дающий возможность осуществлять точный контроль за переменными, которые могут быть независимыми и зависимыми. Независимая переменная – та, которой экспериментатор манипулирует, зависимая – та, которую он наблюдает. Зависимая переменная почти неизбежно оказывается некоторой характеристикой поведения испытуемого. Исследователь тщательно контролирует условия, как правило, в специально оборудованной лаборатории и проводит измерения

с целью выяснения взаимосвязи между этими переменными, которые могут принимать различные значения. Но многие эксперименты, особенно в области образования, могут проводиться и вне специальных лабораторий – например, эксперимент, направленный на выяснение эффекта проблемного обучения на объем воспроизводимого студентами материала. Технологию проведения экспериментального исследования можно оценить на следующем примере.

Задача и исследовательская гипотеза сформулированы. Исходные условия: изложение материала проблемным методом – возможная причина, т. е. независимая переменная. Объем воспроизведенного студентами материала – следствие, т. е. зависимая переменная.

Далее, чтобы определить, зависит ли объем воспроизведенного обучающимися материала от метода обучения, экспериментатор должен организовать две группы, одна из которых будет обучаться традиционным методом, другая – проблемным методом. Первая группа будет называться *контрольной*, вторая – *экспериментальной*. Эффект проблемного метода исследуется с помощью сравнения его с эффектом традиционного метода, но для достоверности этой процедуры необходимо осуществить *контроль посторонних переменных*.

Посторонние эффекты могут осуществлять такие переменные, как «возраст», «пол», «курс обучения» и другие, поэтому необходимо выровнять обе группы по полу, возрасту, курсу обучения для минимизации эффектов посторонних переменных на изучаемую зависимую переменную. Осуществить такое выравнивание можно посредством случайного распределения участников исследования между группами по этим посторонним переменным.

Важным моментом в проведении экспериментального исследования является манипуляция независимой переменной, заключающаяся в создании разных условий эффектов или уровней этой независимой переменной для участников исследования. В приведенном примере манипуляция этой переменной заключается в выделении двух уровней: проблемного и традиционного методов обучения. Наконец, последний момент в экспериментальном исследовании носит название наблюдения. В ситуации эксперимента предметом наблюдения являются эффекты манипуляции независимой переменной, которые обнаруживаются в изменениях зависимой переменной. В приведенном примере в качестве зависимой

переменной выступает объем воспроизведенного материала, и по нему сравнивают эффекты проблемного и традиционного методов. Если показатель зависимой переменной выше при проблемном методе, чем при традиционном методе, значит, гипотеза подтвердилась. Если одна переменная зависит от другой переменной, то принято говорить, что одна из них является функцией другой. Так, в описанном эксперименте можно сказать, что объем воспроизведенного обучающими материала является функцией от метода обучения.

Как правило, эксперименты проводятся в специальных лабораториях, поскольку для контроля за предъявлением стимулов и точного измерения поведения обычно требуется точная техника.

Основная терминология экспериментальных исследований.

*Гипотеза* – утверждение, подлежащее проверке.

*Переменная* – фактор, участвующий в исследовании, который может принимать различные значения.

*Независимая переменная* – переменная, не зависящая от действий участников эксперимента.

*Зависимая переменная* – переменная, значения которой, в конечном счете, зависят от значений независимой переменной.

*Экспериментальная группа* – группа, в которой присутствует условие, являющееся предметом изучения.

*Контрольная группа* – группа, в которой отсутствует условие, являющееся предметом изучения.

*Измерение* – система, в соответствии с которой переменным приписываются численные значения.

Под «планированием эксперимента» имеется в виду процедура сбора данных. Наиболее простые экспериментальные проекты предусматривают для исследователя возможность манипулировать независимой переменной и изучать ее влияние на зависимую переменную. Если все, кроме независимой переменной, сохранять неизменным, то в результате эксперимента можно будет сделать такого рода утверждение: «При прочих равных условиях  $Y$  увеличивается с увеличением  $X$ ». Или наоборот: «При увеличении  $X$  уменьшается  $Y$ ». Эти утверждения можно проиллюстрировать примерами из экспериментальной практики: а) «при увеличении степени стробирования (отсечения) речевого сигнала с увеличением числа слогов ( $X$ ) в слове восприятие слов ( $Y$ ) улучшается»;

б) «чем больше испытуемые упражняются в восприятии синтезированной речи, тем получается более стойкий долговременный эффект». Иногда эксперимент сосредоточен только на влиянии определенного условия при его наличии или отсутствии (независимая переменная, имеющая два возможных значения: наличие и отсутствие). Для построения эксперимента требуется экспериментальная группа, в которой данное условие присутствует, и контрольная группа, в которой это условие отсутствует. В качестве иллюстрации проведено исследование: оказывает ли влияние дополнительное включение слухового анализатора на запоминание информации? Экспериментальной группе предъявляют информацию по обоим каналам – зрительному и слуховому, контрольной группе – эту же информацию, только по зрительному каналу. Если в экспериментальной группе воспроизведут больше информации, чем в контрольной, то улучшенное воспроизведение можно отнести на счет ее подачи по слуховому каналу.

Для некоторых проблем исследование с одной независимой переменной может оказаться слишком ограниченным. Иногда требуется изучить влияние, оказываемое несколькими взаимодействующими независимыми переменными на одну или даже несколько зависимых переменных. Исследование, в котором одновременно манипулируют несколькими переменными, называют многофакторным экспериментом.

При проведении эксперимента часто приходится производить измерения. Различают два типа измерений: физические и психологические. С физическими измерениями психологи сталкиваются при исследовании особенностей психомоторики – например, при определении времени латентного (скрытого) периода простой сенсорно-моторной реакции. Физические измерения широко применяются в различных психофизических исследованиях. В тех случаях, когда физические измерения применить нельзя, используют психологические измерения. С этой целью полученные результаты приходится шкалировать, размещая в определенном порядке.

Например, при субъективном оценивании качества синтезированной речи в экспериментах использовались следующие шкалы: 1 – «общее впечатление»; 2 – «усилия по слушанию»; 3 – «проблемы понимания»; 4 – «артикуляция»; 5 – «произнесение»; 6 – «нормы

разговора»; 7 – «приятность голоса». Каждая шкала состояла из пяти градаций. Например, шкала 1 «общее впечатление» имела градации: «превосходно», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «плохо».

С целью более точного сообщения результата переменным присваиваются баллы. Так, ответ «превосходно» соответствовал 5 баллам, ответ «плохо» – 1 баллу.

## **Эргономика в информационных системах и технологиях**

В эргономических исследованиях применяются методы, требующие обработки полученных данных с использованием информационных технологий.

Измерения в экспериментах проводятся на выборке, состоящей из многих испытуемых. Результатом такого исследования, соответственно, будут данные в виде набора чисел, которые затем надо обобщить и интерпретировать. Для решения этой задачи нужно использовать статистику – дисциплину, имеющую дело с выборками данных, полученных от индивидов из той или иной группы населения; затем на основе этой выборки сделать заключение, касающееся всей группы. Наиболее простая и часто применяемая статистическая мера – среднее, являющееся просто рабочим термином для среднего арифметического. Оно равно сумме всех показателей, поделенной на количество этих показателей. В исследованиях, где участвуют экспериментальная и контрольная группы, сравниваются два средних: среднее для испытуемых из экспериментальной группы и среднее для испытуемых контрольной группы. Исследователей интересует разница этих двух средних величин, насколько она достоверна. С такими проблемами статистика справляется при помощи тестов на значимость различия. Различие между экспериментальной и контрольной группами является «статистически значимым», и это означает, что полученные данные прошли статистический тест и наблюдаемое различие заслуживает доверия.

**Метод корреляций.** Не со всеми проблемами можно справиться экспериментальным методом. Существует множество ситуаций, когда исследователь не может контролировать, какие испытуемые попадают в те или иные условия. Например, если надо проверить



гипотезу, что слепые обладают большей чувствительностью к изменениям текстуры, чем нормально видящие, то придется отобрать две группы: группу слепых, и группу нормально видящих, и проверить, различаются ли они также по тактильной (кожной) чувствительности. С этой целью можно использовать метод корреляций, чтобы определить, связана ли некоторая переменная, которую исследователь не может контролировать, с другой интересующей исследователя переменной, иначе говоря, коррелируют ли они между собой.

Имеется несколько разновидностей этого метода: линейный, ранговый, парный и множественный. *Линейный корреляционный анализ* позволяет устанавливать прямые связи между переменными величинами по их абсолютным значениям. Эти связи графически выражаются прямой линией, отсюда название «линейный». *Ранговая корреляция* определяет зависимость не между абсолютными значениями переменных, а между порядковыми местами, или рангами, занимаемыми ими в упорядоченном по величине ряду. *Парный корреляционный анализ* включает изучение корреляционных зависимостей только между парами переменных; *множественный*, или многомерный, – между многими переменными одновременно. Распространенной формой многомерного корреляционного анализа является факторный анализ.

В приведенном примере о группах у переменной тактильной чувствительности есть только два значения, отражающих, соответственно, чувствительность нормально видящих и слепых. Чаще случается, что каждая из переменных может принимать много значений, и тогда надо определить, насколько величины одной и другой переменной коррелируют между собой. Определить это может статистический параметр, называемый коэффициентом корреляции и обозначаемый  $r_{xy}$ . Коэффициент корреляции позволяет оценить, насколько связаны две переменные, и выражается числом от  $-1$  до  $+1$ .

Ноль означает отсутствие связи; полная связь выражается единицей ( $+1$ , если отношение положительное, и  $-1$ , если оно отрицательное). По мере увеличения  $r_{xy}$  от 0 до 1 сила связи возрастает.

При применении коэффициента корреляции следует знать следующее.

1. Корреляция бывает положительной (+) и отрицательной (–).
2. Знак корреляции показывает, связаны ли две переменные положительной корреляцией (величина обеих переменных растёт

или уменьшается одновременно) или отрицательной корреляцией (одна переменная растет при уменьшении другой).

3. По мере усиления связи двух переменных  $r$  увеличивается от 0 до 1. Чтобы лучше это представить, рассмотрим несколько известных положительных коэффициентов корреляции.

4. В психологических исследованиях коэффициент корреляции 0,60 и выше считается достаточно высоким. Корреляция в диапазоне от 0,20 до 0,60 имеет практическую и теоретическую ценность и полезна при выдвижении предсказаний. К корреляции от 0 до 0,20 следует относиться осторожно, при выдвижении предсказаний ее польза минимальна.

5. Важно понимать, что между экспериментальными и корреляционными исследованиями есть существенное различие. Оно касается причинно-следственных (каузальных) связей. Как правило, в экспериментальном исследовании посредством манипулирования независимой переменной определяют ее причинное воздействие на зависимые переменные. Такие причинно-следственные связи нельзя вывести из корреляционных исследований, возможно только оценить взаимоотношения между двумя переменными, а именно – направление этих взаимоотношений и степень их выраженности (тесноту связей).

**Тесты.** Наиболее яркий пример использования корреляционного метода – тесты по измерению некоторых способностей, достижений и других психологических качеств. При тестировании группы людей, различающихся по какому-нибудь качеству (например, математическим способностям, ловкости рук или агрессивности), предъявляют некоторую стандартную ситуацию. Затем можно вычислить корреляцию между изменениями показателей данного теста и изменением другой переменной.

Тестирование – важный инструмент психологических исследований. Оно позволяет получать большое количество данных о людях с минимальным отрывом их от повседневных дел и без применения сложного лабораторного оборудования. В настоящее время происходит становление новой для психологической диагностики области исследований – компьютерной психодиагностики как междисциплинарного направления. Использование возможностей сети Интернет для планирования, организации и проведения психологических исследований стало актуальной

проблемой в области компьютерной психодиагностики, так как проводимые в сети Интернет разработки относятся к достаточно широкому кругу предметных областей, однако большинство их является когнитивно-ориентированными, т. е. касаются преимущественно познавательных процессов. Список предметных областей исследований включает в себя познание, мышление, психолингвистику, восприятие и ощущение, память, принятие решений, внимание, личность, социальные группы, социальное познание, социальные установки, психология компьютерных пользователей.

Сеть Интернет имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами проведения исследований.

1. Экономия времени, средств, человеческих и других ресурсов. Фактор экономии ресурсов обычно является ключевым при принятии решения о проведении эксперимента в сети Интернет.

2. Возможность набрать большее число испытуемых, что обеспечивает и большую точность статистических выводов.

3. Расширение выборки по сравнению с традиционными формами, что позволяет снизить влияние культурно-специфичных факторов и дает возможность с большей уверенностью обобщать результаты исследования. Иногда проведение исследования в сети – единственный способ набрать необходимое количество испытуемых из целевой совокупности. Здесь проще найти специфическую группу испытуемых, труднодоступную в обычных условиях, в частности, исследовать маргинальные социальные группы.

4. Легкость изменения методического инструментария на этапе его разработки и апробации.

5. Приближенность экспериментальной ситуации к условиям, в которых находится испытуемый, что обеспечивает большую экологическую валидность.

6. Снижение влияния экспериментатора.

7. Возможность предоставления индивидуальной обратной связи непосредственно после прохождения тестирования, что служит дополнительным фактором привлечения испытуемых.

8. Испытуемые в интернете более откровенны, что снижает искажение данных под воздействием фактора социальной желательности.

9. При опросах с использованием электронной почты выявлена меньшая потребность в одобрении, чем в традиционных исследованиях. При ответах на открытые вопросы по электронной почте испытуемые дают более подробную и развернутую информацию.

10. Появление дополнительных возможностей программного контроля за выполнением заданий. Эта позволяет решить проблему неполных ответов, их формата и последовательности выполнения заданий. Инструкцию и стимульный материал предоставляет программный комплекс, осуществляющий также обработку полученных данных. Полученные результаты автоматически соотносятся с психометрическими нормами, на основании чего испытуемому выводится текст интерпретации.

11. Пользователи компьютерной сети подготовлены к встрече с тестами, так как для получения обратной связи многие администраторы сети создают и размещают на своих серверах непсихологические опросники-анкеты. Достаточно большой процент пользователей имеет опыт участия в опросах, предъявляемых в виде одностраничной анкеты или последовательности диалогов. У пользователей глобальной сети достаточно высока готовность к участию в тестировании еще и потому, что многие администраторы сайтов размещают на них профессиональные тесты в качестве развлекательного материала.

Вместе с тем у исследований, проводимых в сети Интернет, есть и очевидные недостатки.

1. Испытуемый может давать произвольные ответы на вопросы с одной целью: посмотреть, что получится.

2. Велика вероятность намеренного искажения информации о себе, особенно социально-демографической. Ответы, которые даются таким образом, могут быть вполне правдоподобны и поэтому могут не поддаваться контролю с помощью программного обеспечения.

3. Сайт, на котором проводится исследование, может выглядеть совершенно по-разному на разных мониторах и при просмотре разными браузерами, что не может не влиять на результаты. Эти особенности необходимо учитывать в тех случаях, когда восприятие стимульного материала играет важную роль при проведении исследования.

4. При проведении исследования в интернете испытуемый лишен возможности задать вопрос, касающийся понимания того, как именно выполнять задания. Это может привести к неверному пониманию заданий и, следовательно, искажению результатов, поэтому необходимо формулировать инструкцию четко. При проведении исследования

желательны обратная связь и наличие информации о том, сколько времени займет участие в исследовании.

**Современные аппаратные методы психологических исследований.** Методы основываются на сложной компьютерной технике, а также на достижениях современной физики. С их помощью стало возможным получать изображения живого мозга, не причиняя пациенту повреждений и страданий (раньше получение подобной информации было возможным только при нейрохирургических операциях или путем аутопсии, т. е. после смерти пациента).

Первый из таких методов носит название компьютерная аксиальная томография. Голова пациента пронизывается тонкими веерообразными рентгеновскими лучами при помощи вращающегося рентгеновского аппарата. Результаты измерений поступают в компьютер, где путем соответствующих вычислений воссоздается картина поперечных сечений мозга, которую можно сфотографировать или показать на телеэкране.

Более новый и совершенный метод носит название «ядерный магнитный резонанс». Человека помещают в специальную цилиндрическую камеру с постоянным сильным магнитным полем, делаются сотни тысяч замеров, которые затем преобразуются компьютером в двухмерное изображение исследуемого анатомического органа. Первоначально метод позволял осуществлять наблюдение только статичных биологических структур, затем появилась быстродействующая техника, делающая его пригодным для исследования быстро изменяющихся процессов, связанных с познавательной деятельностью.

Наиболее информативным методом, позволяющим получить данные о степени нервной активности в различных участках мозга, является метод компьютерного сканирования, который называется позитронно-эмиссионной томографией (ПЭТ). Метаболические процессы в каждой клетке организма требуют затрат энергии, и в качестве ее источника нейроны мозга используют глюкозу (дезоксиглюкозу), вбирая ее из кровотока. Если в глюкозу добавить немного радиоактивных изотопов, то эти изотопы излучают позитроны, каждый из которых, пройдя через ткань мозга, сталкивается с электроном. В результате столкновения появляется пара протонов, которые улавливаются детекторами специальной ПЭТ-камеры. Информация от детекторов обрабатывается компьютером

и преобразуется в цветное изображение поперечного сечения мозга, где различные цвета отображают различные уровни нервной активности. ПЭТ было применено при открытии двух особых видов памяти: эпизодической и семантической.

Сканеры, использующие описанные методы, оказались бесценными инструментами для изучения связи между мозгом и поведением. Это является примером, как технические достижения в одной научной области позволяют другой области также сделать рывок вперед.

Еще одним нашедшим применение в эргономике методом является регистрация окулоmotorной активности человека. Она производится с помощью специальных приборов – *айтрекеров*. Айтрекеры определяют ориентацию оптической оси глазного яблока и динамику изменения этой ориентации во времени. Это делается тремя способами.

1. Механический контакт с глазом. Это могут быть контактные линзы со встроенными зеркалами или миниатюрное устройство, создающее магнитное поле. Измерения используются исследователями, изучающими динамику и скрытую физиологию движения глаз.

2. Бесконтактные оптические методы регистрации движения глаз. Используется инфракрасная подсветка, которая отражается глазным яблоком и регистрируется видеокамерой. Айтрекеры, основанные на видеозаписи движений глаз, используют отражение инфракрасной подсветки от роговицы глаз для расчета направления на центр глазного яблока и дальнейшего сравнения с координатами центра зрачка. Более сложный тип айтрекера использует отражение от хрусталика глаза. Наиболее сложные айтрекеры анализируют также расположение сосудов на роговице глаза и его сетчатке. Данная категория айтрекеров используется в задачах гейтрекинга (нахождение точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости экрана, на котором предъявляется некоторый визуальный стимул).

3. Электрические потенциалы, измеряемые электродами, расположенными вокруг глаз. Глаз является источником стабильного электрического поля, которое может быть обнаружено в условиях полной темноты. Анализ этих электрических сигналов может быть использован для айтрекинга.

Айтрекинг может быть использован в юзабилити-тестированиях (метод оценки удобства продукта для пользователя), а также в управлении внешними устройствами с помощью контроля движений глаз.

**Методы моделирования.** Применяются, когда использование других методов затруднено. Их особенностью является, с одной стороны, опора на определенную информацию о том или ином психическом явлении, с другой, – их использование не требует участия испытуемых или учета реальной ситуации. Поэтому сложно отнести разнообразные методики моделирования к разряду объективных или субъективных методов. Модели могут быть техническими, логическими, математическими, кибернетическими и т. д.

В *математическом моделировании* используют математическое выражение, формулу, в которых отражена взаимосвязь переменных и отношения между ними, воспроизводящие элементы и отношения в изучаемых явлениях. *Техническое моделирование* предполагает создание прибора или устройства, по своему действию напоминающего то, что подлежит изучению. *Кибернетическое моделирование* используется для решения психологических задач – понятий из области информатики и кибернетики. *Логическое моделирование* основано на идеях и символической, применяемой в математической логике.

Развитие компьютеров и программного обеспечения для них дало толчок к моделированию психических явлений на основе законов работы ЭВМ.

### **Контрольные задания**

1. Охарактеризуйте методы, применяемые в эргономических исследованиях.
2. Назовите особенности экспериментального метода в эргономике.
3. Приведите область применения метода корреляций в эргономике.
4. Назовите возможности использования интернета в эргономических исследованиях.
5. Перечислите аппаратурные методы психологических исследований.
6. Дайте определение понятиям «айтрекинг» и «гейзтрекинг».

### Тема 3. ПСИХИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕЛОВЕКА

#### Вопросы

1. Психофизиологические характеристики человека.
2. Модель специалиста. Профессиограмма. Психограмма.
3. Кибернетический и информационный подходы к восприятию.
4. Память, внимание и мышление.

#### Психофизиологические характеристики человека

Чаще всего ощущение определяют как элементарный психический процесс, состоящий в отражении отдельных свойств предметов материального мира, а также внутренних состояний организма при непосредственном воздействии на соответствующие рецепторы. К ощущениям относятся: зрение, слух, обоняние, вкус, кожные ощущения, включающие чувство давления, температуры и боли, ощущения тела.

**Чувствительность.** Общим свойством всех сенсорных модальностей является их чрезвычайно высокая чувствительность при обнаружении объекта или события или их изменения. Наиболее показательным в этом отношении является зрение. Выделяют два типа порогов чувствительности: абсолютный и дифференциальный, или разностный, и, как правило, абсолютный порог подразделяют на нижний и верхний. *Нижним абсолютным порогом ощущения называется минимальная величина раздражителя, при котором впервые возникает ощущение.* Раздражители, сила действия которых лежит ниже абсолютного порога ощущения, называемые подпороговыми, или субпороговыми стимулами, как правило, не дают ощущений, но это не значит, что они не оказывают никакого воздействия на организм. *Верхний абсолютный порог – значение стимула, при котором он перестает восприниматься адекватно.* Верхний абсолютный порог иногда называют *болевым порогом*, потому что при величинах стимулов, превышающих его, человек испытывает боль.



Начало изучению порогов ощущений было положено немецким физиком, психологом и философом Г. Т. Фехнером, впервые включившим элементарные ощущения в круг интересов психологии [1]. По его мнению, искомая граница проходит там, где начинается ощущение, т. е. возникает первый психический процесс. Для определения нижнего абсолютного порога Фехнер разработал три метода, которые активно используются: метод границ, или метод минимального изменения; метод постоянных раздражителей; метод средней ошибки, или процедура уравнивания стимулов.

Первый и второй методы относятся к категории косвенных. Третий метод – процедура уравнивания – относится к категории прямых методов, особенностью которого является *контроль испытуемым интенсивности стимула*, т. е. он должен довести интенсивность до едва распознаваемого уровня, который признается пороговым. Хотя это и быстрый метод, он, как правило, дает наименее точные данные. Его основной недостаток – плохая воспроизводимость результатов, причина которой, возможно, заключается в том, что разные испытуемые выполняют стандартные процедуры с разной точностью и аккуратностью.

Аналогичным способом определяется и *верхний абсолютный порог*. Абсолютные пороги – верхний и нижний – определяют границы доступного нашему восприятию окружающего мира. Величина абсолютного порога характеризует абсолютную чувствительность. Они связаны обратной зависимостью, т. е. *абсолютная чувствительность численно равна величине, обратно пропорциональной абсолютному порогу ощущений*.

Различные анализаторы обладают разной чувствительностью. О чувствительности глаза мы уже говорили. Очень высока чувствительность и нашего обоняния. Порог одной обонятельной клетки человека для соответствующих пахучих веществ не превышает восьми молекул, а чтобы вызвать вкусовое ощущение требуется по крайней мере в 25 000 раз больше молекул, чем для возникновения обонятельного ощущения.

Абсолютная чувствительность анализатора в равной степени зависит как от нижнего, так и от верхнего порога ощущения. Величина абсолютных порогов, как нижнего, так и верхнего, изменяется в зависимости от разных условий: характера деятельности и возраста человека, функционального состояния рецептора, силы и длительности действия раздражения и т. д.

Другая характеристика чувствительности – это способность к различению, которую называют *относительной, или разностной*, так как это чувствительность к изменению раздражителя. Соответственно, *та минимальная разница между двумя раздражителями, необходимая для восприятия их как разные сигналы, носит название дифференциальный порог, или порог различения.*

Человек наделен следующими видами ощущений: 1) зрением, 2) слухом, 3) обонянием, 4) вкусом, 5) осязанием (или кожным чувством). Наиболее информативным видом из них является зрение, которое для человека является ведущей, наиболее важной сенсорной системой. На биологическом уровне это подтверждается тем, что в обработке визуальной информации участвует примерно половина коры головного мозга; на поведенческом уровне ведущую роль зрения для человека каждый может испытать, завязав себе глаза.

Каждый орган чувств реагирует на определенный вид физической энергии, и для зрения физическим стимулом является свет. Свет – электромагнитное излучение, распространяемое в пространстве в виде волн в узком диапазоне спектра от 380 до 760 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Вне чувствительности зрительной системы человека находятся космическое излучение, рентгеновские лучи, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, а также волны радио- и телевизионного диапазона.

В глазу имеются две системы: одна – для формирования изображения, другая – для преобразования этого изображения в электрические импульсы. Система формирования изображения глаза работает подобно фотоаппарату. Ее задача – сфокусировать отраженный от объекта свет так, чтобы получилось его изображение на сетчатке, тонком слое на задней поверхности внутри глазного яблока. Поступающий в глаз свет на своем пути к сетчатке проходит через роговицу, водянистое тело, хрусталик и стекловидное тело. Количество света, поступающего в глаз, регулируется величиной зрачка – небольшого отверстия в радужной оболочке, расположенной в передней части глаза. Радужная оболочка состоит из круговых мышц, которые могут сжиматься и расслабляться, регулируя тем самым размер зрачка. Радужная оболочка придает глазам их характерный цвет (голубой, карий и т. д.). Система формирования изображения включает роговицу, зрачок и хрусталик. Роговица –

это прозрачная передняя поверхность глаза, через нее входит свет, лучи которого роговица преломляет вовнутрь, начиная тем самым формировать изображение. Хрусталик завершает процесс, фокусируя свет на сетчатке. Чтобы сфокусировать свет от объектов, находящихся на различном расстоянии, хрусталик меняет свою форму. Для близких объектов он становится более выпуклым, для далеких – более плоским.

Зрачок, третий компонент системы формирования изображения, – это круглое отверстие, диаметр которого меняется в ответ на изменение интенсивности света. В темноте его величина наибольшая, на ярком свету – наименьшая; тем самым он поддерживает количество света, необходимое для формирования качественного изображения при различной интенсивности света. Зрачок может изменять свой размер в 16 раз.

Эти компоненты служат для фокусировки изображения на задней стенке глазного яблока, т. е. на сетчатке. Там начинается работа системы преобразований. «Сердцем» этой системы являются рецепторы. Рецептивные клетки подразделяются на два вида: палочки и колбочки, названные так из-за своей различной формы. Эти два вида рецепторов имеют разную специализацию, отвечающую разным целям. Палочки устроены так, чтобы видеть в условиях ночного освещения; они работают при низких интенсивностях и не дают ощущения цвета. Колбочки наиболее удобны для дневного зрения; они реагируют на высокую интенсивность и дают цветовые ощущения. Палочки и колбочки расположены в том слое сетчатки, который дальше всего отстоит от роговицы.

Сетчатка содержит также сеть нейронов плюс опорные клетки и кровеносные сосуды. Маленькое углубление в сетчатке («фовеа», или центральная ямка) является областью самого острого зрения. Остальная часть сетчатки, периферическая сетчатка, наилучшим образом функционирует при низких уровнях освещенности. Попадание света на фовеа необходимо для эффекта цветового зрения.

Свет – форма излучения электромагнитной энергии, передающейся в виде бесконечного потока волн с разной длиной. Соответствующий психологический, или субъективный, эффект, оказываемый волнами разной длины, заключается в том, что человек воспринимает разные *цвета* или *оттенки*. Глазное яблоко, лежащее в защищающем его углублении черепа, имеет сферическую

форму, его диаметр равен примерно 20 мм. Снаружи глазное яблоко покрыто белой, непрозрачной оболочкой толщиной около 1 мм, которая называется *склерой* (она придает глазу белизну). На передней поверхности глаза склера переходит в прозрачную мембрану, называемую роговицей.

Роговица и хрусталик фокусируют попадающий в глаз свет на сетчатке, выстилающей заднюю поверхность глазного яблока. Светочувствительные рецепторы сетчатки превращают энергию света в нейронный импульс, который передается дальше в зрительную систему по волокнам зрительного нерва. Свет, способный вызвать у человека цветное ощущение, имеет строго определенную длину волны: это лучи видимого электромагнитного спектра с длиной волны от 380 до 760 нм. Следовательно, говоря о «синем» или «красном» свете, имеют в виду коротко- или длинноволновый свет, который воздействует на зрительную систему таким образом, что вызывает ощущение синего или красного (цветов). Цветоощущение – это совершенно субъективный результат воздействия на нервную систему отраженного луча, принадлежащего к видимой части спектра и имеющего определенную длину волны. Иными словами, *цвет – продукт деятельности зрительной системы, и не является неотъемлемым свойством видимого спектра*. Ощущение цвета вызывают три параметра света: *длина волны, интенсивность и спектральная чистота*. Каждому из этих параметров соответствует свой особый психологический аспект ощущения цвета: *цветовой тон, яркость и насыщенность*. Цвета, которые мы воспринимаем в повседневной жизни, можно считать смесью нескольких цветовых составляющих, каждая из которых характеризуется своей длиной волны. Цвет предмета – результат смешения этих составляющих, поскольку в зрении имеется некоторый механизм интеграции. Рассматривают две разновидности процесса смешения цветов: субтрактивное и аддитивное смешение.

***Субтрактивное смешение.*** Субтрактивный процесс – смешивание красок. Если смешать желтую и синюю краски, то получим зеленый цвет. Желтый пигмент красителя отражает свет в красном, желтом и зеленом диапазонах видимого спектра, и поглощает свет в остальных диапазонах. Синий пигмент отражает свет в синем, зеленом и фиолетовом диапазонах спектра, в остальных – поглощает. Если смешать два таких пигмента, то единственным диапазоном

видимого спектра, световые лучи которого не будут поглощаться, станет зеленый. В этом случае можно видеть зеленый цвет (смещение в этом случае происходит фактически в самом материале).

**Аддитивное смещение.** При аддитивном смещении цветов процесс выполняется глазом человека. Пример аддитивного смешения – одновременное проецирование на одно и то же место экрана световых пучков разных цветов.

**Теории цветового зрения.** Известно немало теорий, пытавшихся объяснить различные явления, связанные с цветовым зрением. Современному состоянию науки более других соответствуют две теории, которые правильнее было бы назвать не «теориями», а «различными уровнями объяснения феномена «цветовосприятия»: трехкомпонентная теория цветового зрения и оппонентная теория процессов цветовосприятия [3].

Суть трехкомпонентной теории цветового зрения заключается в следующем: для восприятия всех цветов, присущих лучам видимой части спектра, достаточно рецепторов трех типов. В соответствии с этим наши цветоощущения – результат функционирования трехкомпонентной системы, или рецепторов трех типов, каждый из которых вносит в них свой определенный вклад.

Второй важнейшей теорией цветового зрения является *оппонентная теория процессов цветовосприятия*, создателем которой является немецкий физиолог Э. Геринг, который исходил из существования трех независимых механизмов, однако считал, что в основе каждого из них лежит пара *оппонентных* процессов (или нейрофизиологических систем) цветоразличения: сине-желтый, зелено-красный и черно-белый. Каждый процесс способен вызвать сенсорные ощущения двух типов, являющиеся антагонистами друг друга. Иными словами, механизм цветовосприятия таков, что каждая пара способна вызвать только одно из двух возможных ощущений, т. е. человек видит красный *или* зеленый цвет, желтый *или* синий, а не зеленый *и* красный и не желтый *и* синий [2].

Кодирование цвета представляет собой *двухстадийный процесс* – антагонистические, или оппонентные, свойства являются результатом стимуляции трихроматических рецепторов. В результате недавно проведенных нейрофизиологических исследований были обнаружены клетки различных типов, обладающие антагонистическими, или оппонентными, свойствами. С помощью методов

функциональной магниторезонансной томографии (ФМРТ) было доказано существование в мозгу клеток, оппонентно реагирующих на стимуляцию красным и зеленым, а также желтым и синим светом. Они активируются длинами волн, соответствующими одному концу видимого спектра (например, красным светом), и тормозятся длинами волн, соответствующими противоположному концу видимого спектра (например, зеленым светом), кодируя таким образом информацию о цвете.

Слух, как и зрение, является важнейшим средством получения информации о внешней среде. Для многих людей – это основной канал коммуникации и средство передачи музыки. Это возможно благодаря тому, что небольшие изменения звукового давления приводят в колебательное движение мембрану внутреннего уха. Источником давления являются звуковые волны. Основными *физическими* характеристиками звуковых волн являются *частота, амплитуда, или интенсивность, и сложность.*

### **Модель специалиста. Профессиограмма. Психограмма**

Человек в труде по мере совершенствования из простого исполнителя, работника превращается в субъекта труда, ставящего и реализующего свои цели в труде, далее – в специалиста, квалифицированно выполняющего труд на основе специальной подготовки, позднее – в профессионала, осуществляющего свой труд на основе его высоких стандартов; иногда человек развивается и дальше, становясь творцом, новатором в труде, обогащая опыт профессии.

Общество стремится как можно большее число работников сделать специалистами, дать им профессиональное образование, специальную подготовку. В психологии труда разрабатывается модель специалиста – как отражение объема и структуры профессиональных и социально-психологических качеств, знаний, умений, в совокупности представляющих его обобщенную характеристику как члена общества.

Различают модель специалиста (работающего, функционирующего) и модель подготовки специалиста, которая строится для организации профессионального обучения и исходит из модели специалиста.

При построении модели специалиста возможны варианты:

– модель деятельности специалиста, куда может входить описание видов профессиональной деятельности, сферы и структуры профессиональной деятельности, ситуаций профессиональной деятельности и способов их решения, в том числе типовые, профессиональные задачи и функции, профессиональные затруднения, типичные учреждения и рабочие места;

– модель личности специалиста, куда включаются необходимые качества и свойства работника. Модель личности специалиста – это «описание совокупности его качеств, обеспечивающих успешное выполнение задач, возникающих в производственной сфере, а также самообучение и саморазвитие работника». К каждому виду профессиональной деятельности желательно подбирать, разрабатывать личностные качества. Например, для модели деятельности инженера описаны профессиональные задачи (специальные технические, экономико-организационные, задачи по подбору и расстановке кадров, повышению своей квалификации); там же в модели личности инженера разработаны психологические качества, умения и знания для каждого вида профессиональной деятельности; тип организации и подразделения, должности от начальной до более высоких.

Модель специалиста может быть различной для молодого, начинающего специалиста и опытного, успешного специалиста, ибо по мере профессионализации и на разных ее стадиях для специалиста будет характерно разное соотношение качеств. Одни авторы считают, что лучше строить модель деятельности и личности уже сложившегося специалиста, другие отмечают, что ошибочно, например, в профессиограмме завышать требования и рассчитывать только на идеального, а не на среднего работника.

Модель специалиста должна включать компоненты, определено влияющие на эффективность деятельности и обеспечивающие контроль за ней, легко диагностируемые, создающие возможность вмешательства и коррекции.

Модель специалистов, имеющих одну и ту же специальность, но получивших разные специализации, могут очень отличаться.

Модель подготовки специалиста исходит из модели специалиста и включает виды учебной и познавательной деятельности по овладению профессиональной деятельностью, учебные планы и программы, воспитательные меры, формы связи с производством,

квалификационные характеристики специалистов. Необходимо суметь построить модель специалиста и перевести ее в модели подготовки специалиста.

Вариантом модели специалиста является профессионально-квалификационная модель, где отражены: виды профессиональной деятельности на разных должностях и различных рабочих местах, обязанности и функции, качества, знания и навыки. Такие модели необходимы для подбора и расстановки кадров, для аттестации, для составления программы подготовки и переподготовки специалистов.

Квалификационная характеристика специалиста отражает специальность (специализацию) и уровень квалификации. Данная характеристика может иметь вид профиля специалиста. В профиле указываются виды профессиональной деятельности, обычно не более двух-трех, например, инженер-исследователь-конструктор или инженер-конструктор-технолог. Возможны модели специалистов узкого и широкого профиля. Квалификационную характеристику называют еще нормативной моделью – это обобщенные требования к деятельности и личности специалиста, паспорт специалиста. Квалификационный профиль – это выражение необходимых работнику качеств в количественном выражении.

В целом модель специалиста может включать следующие компоненты:

- профессиограмму как описание психологических норм и требований к деятельности и личности специалиста;
- профессионально-должностные требования (ПДТ) – описание конкретного содержания деятельности специалиста, определяющего, что и как он должен делать при решении профессиональных задач в условиях конкретной должности. ПДТ содержит перечисление минимума профессиональных умений, которыми должен владеть специалист для обеспечения необходимого уровня профессиональной деятельности;
- квалификационный профиль – сочетание необходимых видов профессиональной деятельности и степени их квалификации, квалификационные разряды для оплаты.

Описанная структура модели специалиста является одной из возможных, разные исследователи в зависимости от своего подхода строят различные ее варианты.



Профессиограмма – это научно обоснованные нормы и требования профессии к видам профессиональной деятельности и качествам личности специалиста, которые позволяют ему эффективно выполнять требования профессии, получать необходимый для общества продукт и вместе с тем создают условия для развития личности самого работника. Профессиограмма – это обобщенная эталонная модель успешного специалиста в данной области, хотя иногда отмечается, что в профессиограмме надо учитывать и варианты выполнения профессиональной деятельности на «среднем» уровне. Из профессиограммы человек получает сведения об объективном содержании труда, о психологических качествах, требуемых от человека. Вместе с тем профессиограмма – это не жесткая стандартная схема, а гибкая ориентировочная основа развития специалиста. Профессиограмма должна не сковывать индивидуальное творческое развитие специалиста, а лишь давать ориентиры объективных требований профессии к человеку. Профессиограмма может меняться по мере изменения профессии, поэтому обращаться к профессиограмме необходимо так или иначе в течение всей профессиональной жизни как специалисту-психологу, так и каждому работающему человеку для того, чтобы осуществлять коррекцию психологических качеств с учетом современных требований профессии. Таковы назначение и функции профессиограммы.

Возможны разные подходы к содержанию и структуре профессиограммы. Распространенной является комплексная профессиограмма (К. К. Платонов, Ю. В. Котелова и др. [6]), где учитывается широкий круг характеристик (социальных, технологических, экономических, медико-гигиенических) труда в целом. Указывается цель, предмет, способ, критерий оценки результатов, характеристика нужной квалификации, средства, условия, организация, кооперация труда, интенсивность труда, виды опасности, воздействия на работника, польза для работника. В последнее время предлагается аналитическая профессиограмма (Е. М. Иванова [7]), в которой раскрываются «не отдельные характеристики компонентов в профессии и профессионально-важные качества (ПВК) человека, а обобщенные нормативные и морфологические показатели структуры профессии и психологической структуры профессиональной деятельности». В аналитической профессиограмме подчеркивается необходимость разделения двух блоков и профессиограмме:

1) описание объективных характеристик профессиональной деятельности, не зависящих от конкретного человека и выработанных в общественном опыте; 2) описание психологической деятельности человека и его качеств, симметричных объективной деятельности, но не совпадающих с ней.

Профессиограмма должна отвечать следующим требованиям [1]:

- четко выделять предмет и основные результаты труда (на что направлены главные усилия человека в труде);

- подчеркивать направленность каждого труда на благо конкретного человека: все, в том числе технические профессии, должны, хотя и в опосредованной форме, облегчать жизнь конкретного человека;

- выделять не отдельные компоненты и стороны профессии, а описывать ее целостно в системе характеристик, особо подчеркивая при этом стержневые, приоритетные, ядерные составляющие и отличая их от производных, второстепенных, вспомогательных;

- показывать возможные линии развития человека средствами профессии, динамику психических новообразований в ходе труда, из которых человек может выбрать направления роста с учетом своей индивидуальности;

- показывать перспективы изменения в самой профессии (каким может быть специалист завтрашнего дня, ближайшего будущего);

- иметь направленность на решение практических задач (профессиональное обучение, профотбор, рационализация новых видов труда и др.);

- описывать необходимые некомпенсируемые психологические профессиональные качества, а также психологические свойства человека, которые хотя и отсутствуют у него, но могут быть компенсированы.

**Профессиограмма и ее составляющие.** «Трудограмма» (описание труда в профессии) включает следующее:

1. Предназначение, «миссия» профессии, ее роль в обществе (производство материальных товаров или идей, оказание услуг в разных социальных сферах; сбор, хранение и передача информации и др.), направленность на человека.

2. Распространенность профессии (типичные для данной профессии учреждения).

3. Предмет труда в профессии – стороны окружающей действительности, на которые воздействует человек в ходе труда (материальные предметы, идеальные предметы – культура, информация, индивидуальное или общественное сознание людей, предметы натуральные в контексте природы и искусственные, созданные человеком). Правильное видение предмета труда – первый важный шаг к профессионализму.

4. Профессиональные знания как совокупность сведений о сторонах труда в профессии.

5. Деятельности, действия, приемы, умения, способы работы, технологии, техники, применяемые в данной профессии для успешного достижения результата; степень их развернутости, обобщенности, автоматизированности.

6. Средства труда – стороны окружающей действительности (материальные и идеальные объекты), которые человек использует для воздействия на предмет труда при реализации своих целей, для получения нужного продукта труда. К средствам труда относят реальные инструменты, приборы, компьютеры, оргтехнику, а также знаковые средства и системы правил логического мышления, моральной и эстетической оценки и др. Предмет и средства труда могут меняться местами даже в рамках одной профессии.

7. Условия труда: режим труда и отдыха, возможности их варьирования; характеристика социального окружения; санитарно-гигиенические факторы труда; интенсивность, темп труда и продолжительность нагрузки; рабочее место, рабочий пост.

8. Организация и кооперация труда: формы индивидуальной, совместной, групповой деятельности, преобладающие в данной профессии; виды профессионального общения и позиции в нем, обмен средствами и продуктами труда между его участниками; нормы выполнения и сроки; субординация и иерархия подчинения, социальный статус и должности в рамках профессии.

9. Продукт труда (или его результат) – те качественные и количественные изменения, которые человек привносит в предмет труда; критерии оценки результата труда, степень заданности результата труда, его более или менее жесткая регламентация (от исполнительного труда – к творчеству).

10. Возможные уровни профессионализма и квалификационные разряды в данной профессии, категории и их оплата.

11. Права представителя данной профессии: психологическая и социальная безопасность, наличие благоприятного микроклимата в профессиональной среде; социальные гарантии, размеры оплаты труда и отпуска, охрана труда; допустимость индивидуального стиля выполнения трудовой деятельности и индивидуального варьирования операций; возможность повышения квалификации, переподготовки на смежные профессии; формы служебного продвижения и поощрения профессионального роста.

12. Обязанности представителя данной профессии: владение профессиональной компетентностью, знание этических норм профессионального поведения (духовность в общении с коллегами); соблюдение профессиональной и служебной тайны в работе с людьми; умелое ведение документации; ограничения (чего не следует делать в профессии никогда). Должностные функциональные обязанности (что и как должен делать человек данной профессии в условиях конкретной должности в том или ином учреждении).

13. Позитивное влияние данной профессии на человека: возможность личностной самореализации, векторы и возможная динамика внутреннего роста; возможность развития индивидуальности и личности средствами этой профессии, принадлежность к определенной профессиональной общности, социальному кругу.

14. Негативные стороны профессии: зоны и типы трудностей и ошибок, возможные материальные и нравственные потери, наличие экстремальных и стрессовых ситуаций, резкая смена ситуаций или паузы, монотония, ограничения времени, дефицит информации или информационная перегрузка; возможность аварийных ситуаций, профессиональной деформации личности и другие психологические вредности; отсутствие профессионального роста; виды нареканий («штрафов») за низкую эффективность, за нарушение этических норм.

**Психограмма.** Описание человека труда в профессии, т. е. психологические качества, желательные для эффективного выполнения профессиональной деятельности, общения, для профессионального роста, преодоления экстремальных ситуаций в труде, называются психограммой. Сюда относятся:

1. Характеристики мотивационной, волевой, эмоциональной сфер специалиста:

– мотивы, цели, задачи, потребности, интересы, отношения, ценностные ориентации человека, психологические позиции;

- профессиональные притязания, профессиональная самооценка, самоосознание себя как профессионала;
- эмоции, психические состояния, эмоциональный облик;
- удовлетворенность человека трудом, его процессом и результатом.

## 2. Характеристики операциональной сферы специалиста:

- психологические знания о труде, профессии;
- психологические действия, способы, приемы, умения, техники, психотехнологии (в их влиянии на себя и на других людей);
- профессиональные способности, профессиональная обучаемость, открытость к профессиональному росту;
- профессиональное мышление, в том числе творческое, возможность обогатить опыт профессии;
- профессиональное саморазвитие, умение проектировать и реализовать планы своего профессионального роста;
- психологические противопоказания (т. е. психические качества, абсолютно или относительно несовместимые с профессией), а также качества, отсутствие которых может быть компенсировано. Желательно определение противопоказаний в мотивационной и операциональной сфере;
- линии профессионального роста и линии распада профессиональной деятельности и личности специалиста, пути их реабилитации.

Целесообразно также указать возможные пути профессионального обучения и переобучения, тренируемости и упражняемости отдельных психологических качеств, пути переделки, компенсации и реабилитации, пути повышения квалификации и переквалификации, переориентации в рамках данной профессии (с учетом индивидуальных особенностей человека) и переподготовки на другую профессию или специальность.

## **Кибернетический и информационный подходы к восприятию**

Рассматриваются две концепции восприятия, представляющие существенный интерес для эргономики.

Первая концепция, которую можно назвать кибернетической трактовкой восприятия, важна для проектировщиков и эксплуатационников различных технических систем. Во многом эта концепция

базируется на модели перцептивного цикла У. Найссера [6]. Авторы этой концепции (П. Фоули, Н. Моури) исходят из того, что назначение перцептивной системы состоит не в том, чтобы сформировать изображение в высших зрительных отделах мозга или представление звуков в высших отделах слуховой системы мозга, а в том, чтобы обеспечить достаточные условия для адаптивного поведения [7]. Поэтому они считают неправильной точку зрения, что назначение восприятия – донести до сознания наблюдателя точное отображение состояния окружающей среды. Смысл этого определения становится более понятен, если рассмотреть процесс восприятия в некоторой прикладной области (например в эргономике). Чтобы взаимодействовать с окружающей средой, летчик, оператор за пультом управления или оператор дистанционных манипуляторов должен иметь возможность воспринимать *состояние этой среды*. Водителю, управляющему автомобилем, оператору энергетической станции – всем им нужна перцептивная информация, чтобы *действовать надлежащим образом*. Отсюда следует, что особенности восприятия могут быть объяснены в том случае, если рассматривать восприятие как компонент некоторой замкнутой системы управления с обратной связью.

Поскольку рассматриваемый процесс с обратной связью имеет итеративный характер, можно сделать ряд выводов. Один из наиболее важных выводов заключается в том, что точность не является самой главной характеристикой восприятия. Часто для выполнения какого-нибудь действия достаточно приблизительно оценить состояние окружающей среды. Если действие привело к нежелательным результатам, то можно выполнить следующую итерацию вместо того, чтобы пытаться получить более точную информацию, или же выбрать более подходящее действие, или сделать и то и другое. Иными словами, действия могут быть направлены непосредственно на решение нужной задачи, на управление данным процессом, который контролирует оператор (по традиции это называют «ответом», или «выходом», оператора), *или на изменение состояния самого оператора*. Выбранное действие может заключаться и в более пристальном взгляде на шкалу измерительного прибора (более длительном наблюдении кривых, записываемых на ленте самописцем) или более внимательном прислушивании к звуку. Тем самым можно обеспечить получение более точных оценок.

Действием будет также и переход к другому концу пульта управления, получение на экране другого изображения или подстройка яркости и контрастности для того, чтобы улучшить разборчивость деталей на дисплее. По мнению авторов этой концепции, основой восприятия является не анализ образов, а принятие решения (тактического плана) относительно того, какую именно информацию взять для обработки и как ее обрабатывать.

Вторая концепция, носящая название информационного подхода, основана на точном анализе визуального восприятия, ориентированном на применение математики и базирующемся преимущественно на компьютерных имитациях и искусственном интеллекте.

Информационный подход, разработанный Д. Марром, исходит из того, что такое значимое перцептивное действие, как распознавание объекта, включает в себя решение зрительной системой проблемы, связанной с *обработкой информации* [8]. По его мнению, зрительная система анализирует ретинальное изображение и извлекает из него информацию точно так же, как компьютеры решают сложные задачи. В соответствии с информационным подходом принципиальной моделью, позволяющей понять механизм восприятия, является то, как компьютер (или аналогичное ему устройство, созданное специально для того, чтобы «видеть») раскладывает образ на элементы и анализирует его. (Эту точку зрения разделяют и сторонники таких тесно связанных с информационным подходом научных направлений, как *искусственный интеллект* и *компьютерное зрение*.) По своей сути теория Марра и гипотетическая, и математическая, поскольку она сформировалась на основе компьютерного моделирования зрительной системы в момент распознавания ею объекта [8]. Информационный подход пытается проследить весь процесс зрительного распознавания – начиная от спроецированного на сетчатку образа и вплоть до активного узнавания предмета наблюдателем. Начальный этап решения такой сложной задачи, какой является для зрительной системы распознавание объекта, представляет собой дробление этой задачи на ряд последовательно выполняемых стадий, или операций. Результаты обработки («обсчета») информации, получаемые на каждой предыдущей стадии, являются исходными данными для следующей стадии, и этот процесс продолжается вплоть до окончательного

решения перцептивной проблемы, т. е. до того момента, когда предмет распознан. Марр определил три важнейших информационных уровня, или три шага, последовательного анализа информации, содержащейся в образе на сетчатке [8]. Для каждого уровня анализа характерен отдельный, специфический процесс обработки, или компонент, который важен для успешного решения проблемы распознавания. Более того, эти уровни организованы по иерархическому принципу: последовательный анализ информации начинается с извлечения абстрактного или очень общего представления о каком-либо аспекте окружающей среды, описываемого математически и приводящего к конкретному представлению, т. е. к распознаванию конкретного объекта. Тремя уровнями извлечения из изображений информации о форме объекта, обобщаемыми независимо друг от друга, являются следующие типы представления: первоначальный эскиз, 2,5-мерный эскиз и представление трехмерной модели.

***Первоначальный эскиз.*** В зависимости от отражения света предметами и объектами, находящимися в поле зрения наблюдателя, и от того, как его глаз фокусирует свет, образ, возникающий на сетчатке, содержит паттерны разной интенсивности.

Результатом начальной стадии обработки зрительной информации является предварительное описание этих физических компонентов, и, в первую очередь, – расстояния от наблюдателя. По терминологии Марра [8], первая стадия – это создание первоначального эскиза, который зрительная система «рассчитывает» на основании различий между объектами и их фоном, возникающих за счет разных интенсивностей отражаемого ими света, таких как различия в светимости. Эта стадия, которую можно сравнить с выявлением их текстуры, формы, положения в пространстве и с набором рутинных математических операций, служит для обнаружения и акцентирования прерывистости светимости – резких изменений интенсивности – в образе на сетчатке, где значения интенсивностей меняются с разными скоростями, выявляя границы и края объектов. Это начальная стадия (или математическая обработка), осуществляемая зрительной системой, но она важна, потому что ранний этап обработки информации о форме объекта основан на информации о его краях. Итак, составление первоначального эскиза заключается в извлечении из сетчаточного образа информации о краях,



контурах и границах, а также информации об их местоположении и ориентации в пространстве.

**2,5-мерный эскиз.** На последующем уровне обрабатывается информация, полученная на предыдущем уровне, и цель этой обработки – определение ориентации и глубины контуров и структур физического мира (предметов и объектов) относительно наблюдателя. Иными словами, извлекается информация о глубине и расстоянии, связанная непосредственно с удалением этих структур от данного наблюдателя. Марр назвал эту ориентированную на наблюдателя стадию 2,5-мерным эскизом [8]. Можно сказать, что в самом названии этой стадии в известной мере отражена именно та точка, с которой начинает вырисовываться еще недостаточно четкая, но уже более определенная, чем на первом уровне, информация об окружающей среде, соответствующая восприятию данного наблюдателя, т. е. речь идет об окружающей обстановке, которую видит наблюдатель, находящийся в определенной точке.

**Представление трехмерной модели.** На последней стадии обработки зрительной информации контуры и структуры, извлеченные на второй стадии, трансформируются в трехмерные модели. Когда это происходит, наблюдатель получает объемное изображение физического мира, которое преимущественно не зависит ни от местоположения наблюдателя, ни от его ориентации в пространстве. На этой стадии обработки информации наблюдатель распознает конкретные окружающие предметы и их взаимное пространственное расположение.

Информационный подход весьма существенно отличается от типичных подходов к толкованию перцептивной обработки информации, основанной на восходящих процессах. Он трактует перцептивную активность (т. е. распознавание объекта) как результат выполняемых зрительной системой и последовательно протекающих стадий обработки и обсчета информации, каждая из которых обрабатывает определенную часть информации, содержащейся в образе на сетчатке, а затем обобщает ее и передает на следующую, более высокую стадию для дальнейшей обработки. Иными словами, действия зрительной системы представлены в виде последовательности выкладок или элементарных (рутинных) расчетов, выполняемых на основании сетчаточного образа. Следовательно, информационный подход скорее представляет собой

описание последовательности операций, выполняемых компьютерной программой, предназначенной для обработки и анализа информации о некоторых физических свойствах окружающего мира, нежели традиционное, в биологических терминах, описание того, как именно зрительная система и мозг обрабатывают сенсорный сигнал. Преимущественно именно по этой причине информационный подход чрезвычайно тесно связан с такими отраслями науки, как искусственный интеллект и информатика: сравнительно новый информационный подход многими своими находками и достижениями обязан именно этим смежным отраслям знаний. В соответствии с информационным подходом анализ сетчаточного образа может быть уподоблен достаточно сложной обработке информации вычислительной машиной, которая описывается формальными математическими терминами.

### **Память, внимание и мышление**

В деятельности операторов огромное значение имеет такой психический процесс, каковым является *память*. *Память – процесс запечатления, сохранения, воспроизведения и утраты прошлого опыта, который делает возможным использование опыта в деятельности и восстановление его в сфере сознания.*

Одним из самых старых является научный подход, основанный на идеях ассоциационизма, или на теории «стимул–реакция». Согласно этой теории способность вспоминать – это результат образования ассоциаций, или связей, между стимулами и реакциями, причем от прочности таких связей (называемой прочностью навыка) зависит легкость припоминания. Существование ассоциаций связано с тем, что предметы и явления действительно запечатлеваются и воспроизводятся не изолированно друг от друга, а в связи друг с другом. Воспроизведение одних влечет за собой воспроизведение других, что обуславливается реальными объективными связями предметов и явлений. В рамках ассоциационизма были получены впечатляющие результаты. Особо следует отметить работы Эббингауза и Йоста, установивших несколько законов памяти [6].

Первый закон устанавливал зависимость забывания материала от времени (*кривая забывания Эббингауза*).

Второй закон – это закон накопления и распределения повторений, в окончательной форме сформулированный Йостом (*закон Йоста*). Наконец, был открыт «позиционный (краевой) забывания материала от времени эффект», который заключается в том, что при заучивании расположенных в ряд элементов хуже всего запоминаются элементы, несколько смещенные от центра к концу ряда.

Исследования ученых П. И. Зинченко и А. А. Смирнова [9] внесли серьезный вклад в понимание механизмов *непроизвольной и произвольной памяти* (такое деление памяти прямо связано с особенностями деятельности человека). В первом случае запоминание и воспроизведение осуществляется автоматически, без волевых усилий человека, без контроля со стороны сознания. При этом отсутствует специальная цель что-то запомнить или припомнить, т. е. не ставится специальная мнемическая задача. В этом случае речь идет о непроизвольном (непреднамеренном) запоминании и воспроизведении. Во втором случае такая задача присутствует, а сам процесс требует волевого усилия. Разрабатывая проблему соотношения этих двух видов памяти, П. И. Зинченко доказал, что установка на запоминание, делающая его прямой целью действия субъекта, не является сама по себе решающей для эффективности процесса запоминания [8]. В определенных случаях непроизвольное запоминание может оказаться эффективнее произвольного. В его экспериментах непреднамеренное запоминание картинок в ходе деятельности, целью которой была их классификация (без задачи запомнить), оказалось определенно выше, чем в случае, когда перед испытуемым была поставлена задача – специально запомнить картинки. Информация, кодируемая более значимыми средствами, будет сохраняться в непроизвольной памяти лучше, чем информация, кодируемая другими, более поверхностными средствами. Так, запоминаемость слов сильно зависит от цели, которая стоит перед испытуемым во время предъявления материала. Предполагается, что различные цели активируют различные системы связей, поскольку люди имеют разное отношение к материалу.

В исследованиях, посвященных изучению непроизвольной памяти, А. А. Смирнов также пришел к выводу, что прочнее запоминается та информация, которую испытуемые запомнили непроизвольно в процессе деятельности, а не та, основной целью которой было запоминание [9]. Эти работы предвосхитили концепцию уровневой

обработки информации, оказавшей большое влияние на современные представления о памяти.

В современной когнитивной психологии присутствуют разные точки зрения на структуру памяти. Одна из психологических теорий представляет память в виде структуры «ящиков» в голове, и на основании этой теории исследователи выдвинули проверяемую гипотезу, согласно которой главную роль при переводе информации из кратковременной памяти в долговременную играет повторение. Конкурирующая с ней теория (теория уровневой обработки) отрицает структурный подход к организации памяти.

Пять органов чувств могут обнаруживать огромное количество информации, несмотря на то, что их чувствительность ограничена. Эта информация поступает в систему обработки через один (или несколько) из пяти имеющихся у человека органов чувств и в течение короткого времени сохраняется в сенсорной форме в так называемом «сенсорном регистре». В течение непродолжительного времени информация может оставаться в таком регистре, где подвергается первоначальной процессуальной обработке. Прежде всего, осуществляется распознавание образов – сложный процесс, возникающий в результате контакта между информацией, находящейся в сенсорном регистре, и информацией, накопленной в памяти. С распознаванием образов тесно связан другой процесс, называемый вниманием. Ввиду того, что большая часть этой информации для нас неинтересна или просто превосходит нашу способность к дальнейшей обработке, только небольшое количество информации обрабатывается до уровня кратковременной памяти (КВП). На этом этапе информация хранится в течение недолгого срока в КВП, но теперь она уже не находится в первоначальной, сенсорной форме. Кроме этого, в КВП информация может удерживаться неопределенно долго благодаря процессу, называемому «повторением», и при соответствующей обработке эта информация может со временем быть отложена в долговременной памяти (ДВП), где сохраняется практически бесконечно. Для когнитивной эргономики большое значение имеет теория долговременной рабочей памяти (ДРП), которая дает ответ на вопрос, как используется память в сложных когнитивных процессах – от выработки навыков до понимания текста. Авторы этой теории пришли к выводу, что все исследования памяти за последние сто лет проводились в условиях

лабораторных экспериментов с искусственными стимулами. Использование стандартных моделей рабочей памяти не позволяет объяснить многие сложные когнитивные процессы. Например, почему емкость памяти, необходимая для их осуществления, намного превосходит показатели, полученные в лабораторных экспериментах. Теория ДРП определяет условия, при которых емкость рабочей памяти может быть значительно увеличена, и описывает механизмы, ответственные за это увеличение. При незнакомых задачах и областях знания используется кратковременная рабочая память (КРП), емкость которой сильно ограничена. Поскольку практически во всех лабораторных экспериментах имели дело с незнакомыми задачами – запоминание списка слов, бессвязных слогов и т. д., – постольку емкость рабочей памяти всегда была небольшой. ДРП преобладает в экспертных областях знания, в то время как в незнакомых областях от нее не может быть никакой пользы.

Таким образом, рабочая память состоит из двух компонентов: КРП, которая доступна в любых условиях, но сильно ограничена в своей емкости (эта та память, которую изучали в большинстве экспериментов по исследованию памяти), и ДРП, которая не ограничена по емкости, но доступна только в экспертных областях знания.

Традиция изучать внимание в контексте сознания восходит еще к истокам научной психологии. Основоположник научной психологии В. М. Вундт и его последователи в результате своих экспериментов пришли к выводу, что простые реакции на зрительные и слуховые раздражители зависят не только от параметров внешних стимулов, но и от отношения испытуемых к восприятию этих стимулов [3]. Отсюда вхождение какого-либо содержания в сознание было названо перцепцией, а фокусировка ясного сознания на отдельных сторонах содержания – апперцепцией, или вниманием.

Представители гештальтпсихологии, следуя своим взглядам на природу восприятия, считали, что не интенции (намерения) субъекта, а объективная структура поля определяет восприятие предметов и явлений. Они представляли внимание как один силовой фактор, оказывающий влияние на психологические процессы субъекта. По их мнению, если эта сила исходит от субъекта и направлена на объект – это случай произвольного внимания, если же она

(сила) исходит от объекта в направлении субъекта – это случай непроизвольного внимания.

Среди теорий внимания широкую известность также приобрела теория Т. Рибо, который считал, что внимание всегда связано с эмоциями и вызывается ими [8]. Особенно тесную связь он усматривал между эмоциями и произвольным вниманием. Внимание, по его мнению, всегда сопровождается изменениями физического и физиологического состояния организма. Существуют три вида физиологических элементов внимания: сосудистые, дыхательные, мимические. Особо ярко явление внимания проявляется в мимике. Например, как при сосредоточении на чем-то у многих происходит сокращение мышц лба, в результате поднимаются брови, шире раскрываются глаза. Акцент на двигательной составляющей акта внимания стал причиной, почему данная теория получила название *моторной теории внимания*.

Первая многоаспектная классификация внимания, не потерявшая своей актуальности и в настоящее время, принадлежит В. Джеймсу. Он выделил шесть видов внимания согласно критериям произвольности, направленности и способу связи акта внимания с наличным мотивационным состоянием [9]. По активности человека в организации внимания различают три его вида: непроизвольное, произвольное, послепроизвольное.

*Непроизвольное внимание* является наиболее простым видом внимания. Его часто называют пассивным, или вынужденным, так как оно возникает и поддерживается независимо от сознания человека в силу особенностей объекта внимания как раздражителя.

В отличие от непроизвольного внимания главной особенностью произвольного внимания является то, что оно управляется сознательной целью. Этот вид внимания тесно связан с волей человека и был выработан в результате трудовых усилий, поэтому его называют волевым, активным, преднамеренным.

Еще один вид внимания, подобно произвольному, носит целенаправленный характер и первоначально требует волевых усилий, но затем человек «входит» в работу: интересными и значимыми становятся содержание и процесс деятельности, а не только ее результат. (Такое внимание было названо Н. Ф. Добрыниным *послепроизвольным* [6].)

*Непосредственное внимание* не управляется ничем, кроме того объекта, на который оно направлено и который находится в сфере интересов и потребностей человека. *Опосредственное внимание* регулируется с помощью специальных средств, таких как слова, жесты и пр. *Чувственное внимание* связано с эмоциями и избирательной работой чувств. В процессе чувственного внимания в его фокусе находится какое-нибудь впечатление. *Интеллектуальное внимание* связано с сосредоточенностью и работой мысли. При интеллектуальном внимании в его фокусе присутствует мысль.

Особую значимость для эргономики имеют *свойства внимания*. Внимание обладает рядом свойств, которые характеризуют его как самостоятельный психический процесс. К основным свойствам внимания относятся устойчивость, концентрация, распределение, переключение, отвлекаемость и объем внимания.

*Устойчивость* заключается в способности определенное время сосредоточиваться на одном и том же объекте. Для измерения устойчивости внимания обычно используются таблицы Бурдона, состоящие из беспорядочного чередования отдельных букв, причем каждая буква повторяется в каждой строке одно и то же количество раз. Испытуемому предлагается в течение длительного времени (3, 5, 10 мин) вычеркивать заданные буквы (в простых случаях одну или две буквы, в сложных – заданную букву лишь в том случае, если она стоит перед другой, например гласной). Экспериментатор отмечает число букв, вычеркнутых в течение каждой минуты, и число пропусков. Аналогично измеряется устойчивость внимания с помощью таблиц Крепелина, состоящих из столбиков цифр, которые испытуемый должен складывать в течение длительного времени. Продуктивность работы и число допускаемых ошибок могут служить показателем колебаний внимания.

*Концентрация* внимания – это следующее свойство внимания. Под концентрацией внимания подразумевается степень или интенсивность сосредоточенности внимания.

Под *распределением* внимания понимают способность человека выполнять несколько видов деятельности одновременно. Распределение внимания связано со способностью обрабатывать информацию для двух задач или по двум каналам параллельно. Примером может служить способность управлять локомотивом

(автомобилем, самолетом) и вести переговоры с диспетчером по радиосвязи.

Под *объемом* внимания понимается количество объектов, которые мы можем охватить с достаточной ясностью одновременно. Для измерения объема внимания применяются разные методики. Например, на экране монитора испытуемому предъявляется поле, поделенное прямыми линиями на 16 равных частей (квадратов). На некоторых квадратах в случайном порядке располагаются точки. В каждом квадрате может быть не более одной точки. Всего на матрице (поле) может быть не более 9 точек. Количество точек зависит от номера задания. В первом задании испытуемому предъявляются две точки, во втором – три и т. д. Каждое из последующих заданий содержит на одну точку больше, чем предыдущее. Всего выполняется 8 заданий. Таким образом, последнее из заданий содержит 9 точек. Каждое из заданий предъявляется испытуемому 2 раза продолжительностью 2 с.

Испытуемому предлагается запомнить расположение точек и воспроизвести их с помощью «мыши» на предъявляемом чистом разграфленном поле. Задания следуют по мере возрастающей трудности от 1 до 8, соответственно, испытуемый должен запомнить расположение от 2 до 9 точек. На воспроизведение 1–5 заданий дается 15 с, 6 и 7 заданий – по 20 с, 8 и 9 заданий – по 25 с. Критерием успешности служит количество правильно воспроизведенных точек на двух любых полях, содержащих максимальный результат. Время выполнения задания – около 5 мин.

*Переключение* означает сознательное и осмысленное перемещение внимания с одного объекта на другой. В целом переключаемость внимания означает способность быстро ориентироваться в сложной изменяющейся ситуации. Наиболее популярная методика исследования переключения – это методика Шульте–Горбова. На экране монитора (сенсорный экран) испытуемому предъявляется черно-красная таблица. В ней в случайном порядке расположены числа черного цвета от 1 до 25 и числа красного цвета от 1 до 24. Испытуемому предлагается: при выполнении задания «А» находить и указывать только числа черного цвета в порядке их возрастания, при выполнении задания «В» находить и указывать только числа красного цвета в порядке их убывания, при выполнении задания «С» находить и указывать попеременно числа черного цвета в порядке их возрастания и числа красного цвета в порядке их убывания.



вания, т. е. «1–24», «2–23» и т. д. Результаты пробы рассчитываются по формуле:

$$T = C - (A + B),$$

где  $T$  – время переключения внимания;

$A$  – время выполнения 1-го задания;

$B$  – время выполнения 2-го задания.

Критерием успешности служит величина критерия « $T$ » и количества допущенных ошибок. Время выполнения методики – 6–7 мин. Для эргономической и инженерной практики важным является открытие экспериментально лауреатом Нобелевской премии Д. Каннеманом [2] такого психофизиологического показателя, как расширение зрачка, отражающего динамику умственного усилия, вкладываемого в решение задачи. Теперь исследователи при соблюдении определенных условий, регистрируя только диаметр зрачка, могут по характеру изменений этого произвольного показателя судить о динамике степени умственного усилия или внимания, не прибегая к каким-либо дополнительным процедурам.

Важнейшим из познавательных процессов является *мышление* – активный процесс отражения объективного мира в мозгу человека в форме суждений, понятий, умозаключений. Мышление как социально обусловленный психический процесс неразрывно связано с речью и языком. В отличие от ощущений, восприятий и представлений, мышление есть процесс обобщенного и опосредствованного отражения действительности. В когнитивной психологии мышление трактуется как процесс, с помощью которого формируется новая мысленная репрезентация. Это происходит путем преобразования информации, достигаемого в сложном взаимодействии мысленных атрибутов суждения, абстрагирования, рассуждения, воображения и решения задач.

В зависимости от характера решаемых задач, степени развернутости, осознанности производимых мыслительных операций, формы информации, быстроты принимаемых решений, различают практическое, теоретическое, наглядно-действенное, наглядно-образное, словесно-логическое, оперативное мышление. Прежде всего, можно выделить *теоретическое мышление* как познание общих законов, правил, закономерностей и *практическое мышле-*

ние как решение конкретных практических задач. Теоретическое мышление характерно для ученых, потому что в своем развитии может опираться не только на обобщение чувственных данных, но оперировать исключительно абстрактными понятиями. Одной из особенностей практического мышления является то, что оно разворачивается в условиях дефицита времени и ограничивает возможности проверки гипотез.

*Наглядно-действенное мышление* – анализ и синтез познаваемых объектов в процессе практической деятельности с ними. *Наглядно-образное мышление* – процесс трансформации перцептивных образов и представлений объектов (например, мысленное вращение объекта, его реконструкция и т. п.).

*Образное мышление* – процесс отражения и соотнесение текущей информации о состоянии объекта с ранее накопленной информацией. Понятийное и образное мышление в реальной трудовой деятельности выступают в тесном единстве, переходят одно в другое, что обеспечивает конкретное отражение проблемной ситуации.

*Словесно-логическим, или понятийным, мышлением* называется процесс отражения в сознании человека существенных связей и отношений между предметами и явлениями материального мира.

Для эргономики и инженерной психологии особое значение имеет *оперативное мышление*. Под оперативным мышлением понимается такой процесс решения практических задач, в том числе и задач управления, в результате которого формируется субъективная модель предполагаемой совокупности действий (плана операций), обеспечивающих решение поставленной задачи. Оно включает выявление проблемной ситуации и систему мысленных и практических преобразований.

Основными компонентами оперативного мышления являются: структурирование (которое проявляется в образовании более крупных единиц на основе связывания элементов ситуации между собой), динамическое узнавание (узнавание частей конечной ситуации в исходной проблемной ситуации) и формирование алгоритма решения (выработка принципов и правил решения задачи, а также в каждом конкретном случае – определение последовательности действий).

Выявлено три этапа процесса решения. На первом этапе наблюдается стремление действовать только с одним элементом ситуации:

каждый элемент выступает здесь как одномерный вектор. На втором этапе элементы группируются определенным образом. Третий этап состоит в выработке общих принципов решения данной задачи, обеспечивающих соединение элементов в инвариантные подгруппы и разъединение неудовлетворительно (с точки зрения задачи) связанных элементов.

В деятельности оператора существенную роль играет образное, или наглядное, мышление, т. е. оперирование представлениями реальной ситуации, воссозданными на основе принятой и декодированной информации.

Мыслительная деятельность операторов неразрывно связана с трансформацией образов управляемых объектов. Оперативный образ формируется на основе соотнесения текущей информации о состоянии объекта с той информацией о нем, которая ранее была накоплена оператором. Развитие оперативного мышления может быть активизировано различными приемами, способами методического порядка, например, через создание оперативных образов.

### **Контрольные задания**

1. Назовите психофизиологические характеристики человека.
2. Определите понятия профессиограммы и психогаммы.
3. Охарактеризуйте кибернетический и информационный подходы к восприятию.
4. Назовите виды и свойства внимания.
5. Охарактеризуйте основные виды мышления.

## **Тема 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК–МАШИНА». ЭТАПЫ И ПРОЦЕДУРЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### *Вопросы*

1. Современные эргономические подходы к проектированию СЧМ.
2. Распределение функций в СЧМ.
3. Этапы и процедуры эргономического проектирования СЧМ.

### **Современные эргономические подходы к проектированию СЧМ**

Проектирование сложных систем, в том числе и СЧМ, осуществляется, главным образом, методами общей теории систем.

Фундаментальным понятием общей теории систем является сложность – совокупность огромного числа объектов, функционирующих вместе и взаимодействующих непростым способом.

Сложные системы можно анализировать, концентрируя внимание на объектах или на процессах. Целесообразно рассматривать систему как упорядоченную совокупность объектов, которые в процессе взаимодействия друг с другом обеспечивают функционирование системы как единого целого.

При проектировании современных сложных и дорогостоящих систем приходится заботиться не только о том, чтобы они надежно и качественно выполняли возложенные на них функции, но учитывать также затраты сил и средств на их изготовление, на обучение обслуживающего персонала, соотнося эти показатели с тем эффектом, который будет давать применение таких систем, с ожидаемым спросом на них.

Помимо того, нужно, чтобы создаваемые системы были пригодны для быстрого и гибкого приспособления к выполнению новых задач, возникающих в связи с изменением внешних и внутренних условий их функционирования. Следовательно, при разработке и создании сложных систем приходится ориентироваться не только на достижение уже имеющихся целей, разрешение существующих задач, но и на прогнозирование новых условий и вариантов их действия, перспектив их дальнейшего использования. При этом

приходится учитывать, что ошибки, допущенные при проектировании подобных сложных систем: неучет отдельных целей, факторов, особенностей работ, – могут обходиться очень дорого и приводить к большим потерям материального и социального порядка.

Все эти обстоятельства коренным образом изменили направление традиционного инженерного мышления: наряду с дифференциацией и тонкой специализацией, утвердившихся в проектировании, возникли противоположные задачи – интеграции и синтеза сложных систем, – задачи, в которых не требуется увязывать многие цели, согласовывать большое число факторов технического, экономического, социального порядка, учитывать развитие системы и ее перспективы. Для решения таких задач пришлось привлечь к процессу проектирования специальные методы математики и кибернетики. Общеизвестно, что сложными системами нельзя управлять без использования математических моделей.

Проектирование сложных систем, таким образом, превратилось в *многоступенчатую* задачу, включающую в себя ряд крупных проблем:

- научное исследование целей, возможностей, условий, перспектив и прочих факторов, определяющих выбор, создание и применение данной системы;
- выбор на основе этих данных принципа и структуры системы, удовлетворяющих предъявляемым к ней требованиям;
- проектно-конструкторские разработки системы;
- изготовление системы;
- практическое применение системы (эксплуатация).

При системотехническом проектировании важны такие свойства систем, как эквивиальность и робастность.

*Эквифинальность* системы – свойство системы приходиться в некоторое состояние, определяемое лишь ее собственной структурой, независимо от начального состояния и изменений среды. Это динамическое свойство системы, осуществляющей переход из различных начальных состояний в одно и то же конечное состояние. Оно состоит в том, что при определенной системе управления, контроля и планирования процессов и сфер деятельности влияние отдельных внутренних или внешних факторов не способно в корне изменить поступательный характер результативности производимых работ.

*Робастность* системы (англ. *robust* – крепкий, сильный) – способность сохранить частичную работоспособность сложной системы при отказе отдельных элементов или подсистем.

Робастность сложной системы обеспечивается функциональной избыточностью или неизбыточностью связей между элементами.

Например, человеческий мозг как сложная система обладает свойством робастности. Если несколько элементов (нервных клеток) погибает, то мозг будет продолжать функционировать за счет того, что нервные клетки имеют избыточные связи между собой.

При организации каналов передачи важных сообщений используется «горячее» резервирование, суть которого состоит в одновременной работе как основного, так и резервных каналов передачи информации. При отказе в работе основного канала тут же происходит переход на один из резервных каналов. «Горячее» резервирование обеспечивает системе обработки информации свойства робастности.

Всякая система допускает подразделение на *подсистемы*. В СЧМ можно выделить две подсистемы: «человек» и «машина». Подсистема «машина» может рассматриваться как окружение подсистемы «человек» или наоборот. И вся СЧМ может расцениваться как подсистема более крупной системы или как ее окружение.

Основную задачу системотехнического проектирования можно определить как нахождение способа оптимального согласования входов и выходов системы. Для этого требуется выявить все входы и выходы рассматриваемой системы и, используя известные преобразования и передаточные функции, установить соответствующие связи между множеством ее входов и множеством выходов. Если такую задачу не удастся решить посредством одного преобразования, то система делится на соответствующие подсистемы, и предпринимаются попытки ее решения посредством ряда преобразований (ряда передаточных функций) в нескольких подсистемах.

Входы и выходы системы, а также ее подсистем группируются по признакам: несут ли они информацию, энергию, материалы. Отметим, что при проектировании системы важно предусматривать совместимость между выходом одной подсистемы и связанным с ним входом другой не только по характеру сигнала, но и по прочим показателям (форме, диапазону и т. п.).

Системы характеризуются и степенью их целостности (*когерентности*). Система является когерентной, если каждая ее часть оказывается связанной с другой ее частью таким образом, что изменение в одной части вызывает изменения во всех остальных ее частях и во всей системе. В этом смысле другой крайностью являются системы с независимым поведением их частей, где изменения в каждой части происходят независимо, а общее изменение в системе равно физической сумме изменений в отдельных ее частях.

Системы оцениваются также по степени *иерархической упорядоченности*, т. е. с точки зрения подчиненности не только самих подсистем, но и их планов и целей. Можно расценивать системы и по степени их *централизованности*, т. е. по наличию в них ведущей подсистемы, играющей доминирующую роль среди остальных. Определение ведущей подсистемы осуществляется исходя из конкретных условий решаемой задачи.

Следует обратить внимание и на закон развития систем, или *историчность*. Очевидно, что любая система не должна быть неизменной, что она не только функционирует, но и развивается. Можно привести примеры становления, расцвета, упадка и даже смерти биологических и общественных систем, но все же для конкретных случаев развития организационных и технических систем трудно определить эти периоды.

Не всегда даже руководители организаций и конструкторы сложных технических комплексов учитывают, что *время* является непременной характеристикой системы, что каждая система *исторична* и что это такая же закономерность, как целостность, интегративность и др. Известна и основа закономерности историчности – внутренние противоречия между компонентами системы. Но вот как управлять развитием или хотя бы понимать приближение соответствующего периода развития системы – эти вопросы еще мало исследованы. В последнее время на необходимость учета закономерности историчности обращают больше внимания. В системотехнике при создании сложных технических комплексов требуется, чтобы уже на стадии проектирования системы рассматривались не только вопросы создания и обеспечения развития системы, но и вопрос, как и когда нужно ее уничтожить (возможно, предусмотрев и механизм уничтожения системы, подобно тому, как мы предусматриваем механизмы развития системы).

При анализе проблемы создания современной СЧМ можно выделить в виде отдельных аспектов такие задачи, как техническое, инженерно-психологическое и художественное проектирование.

С учетом системотехнического подхода такое разделение проблемы проектирования системы следует понимать как условное, поскольку эти задачи тесно связаны между собой. Если в теоретическом плане, при соответствующих допущениях, еще возможно рассматривать эти аспекты раздельно, то в практическом приложении приходится вести речь идет о *едином процессе системотехнического проектирования*. Такое проектирование уже по своей сущности основано на учете различных человеческих потребностей. Даже при проектировании «чисто» технической системы, действующей автоматически, т. е. довольно независимо от человека, приходится учитывать, в какой мере она будет удовлетворять человека как средство его труда по стоимости и многим другим критериям. При создании же СЧМ, в которых человек выступает как компонент системы (обычно ведущий), объем и широта требований, вытекающих из потребностей человека, существенно возрастают. Учесть всю эту сложную совокупность требований человека, управляющего системой, в сочетании с требованиями технического, экономического и прочих порядков, возможно только при посредстве методов системотехники.

## Распределение функций в СЧМ

Одной из наиболее существенных причин, «породивших» инженерную психологию, было появление машин, способных выполнять некоторые интеллектуальные человеческие функции (мышления, управления, организации). Это обстоятельство привело к тому, что в целом ряде задач возможности человека и машины в современной системе стали соизмеримы, в связи с чем возникла проблема распределения функций между человеком и машиной. Вместе с тем были выделены существенные различия между человеком и машиной как компонентами системы, показывающими, что проблема распределения функций должна рассматриваться и как техническая, и как психологическая. На современном этапе, когда основой производства и транспорта стали системы или комплексы машин, оптимальные



распределения функций рассматриваются как распределение функций контроля и управления. Особенности этих систем – средства автоматизации со все более высокой степенью интеллектуализации.

В проблеме распределения функций между человеком и автоматикой, как отмечал М. А. Котик [1], тесно переплелось большое число существенных человеческих и машинных факторов, которые необходимо учитывать при проектировании СЧМ. Поэтому данная проблема оказалась той базой, на основе которой стали разрабатываться методы системотехнического проектирования подобных систем. Принципы и способы решения этой, по словам Н. Винера [9], «одной из великих проблем» испытали значительную эволюцию. Одним из первых вариантов ее решения стал принцип *преимущественных возможностей*, разработанный в работах К. Крейка, П. Фиттса, А. Чапаниса [7]. Суть принципа заключается в том, что функции человеку и автоматике должны назначаться в зависимости от того, чьи преимущества будут лучше использоваться при выполнении задачи управления. Инструментом распределения функций являлись созданные перечни их сравнительных возможностей для различных задач, показателей процессов управления и даже параметров экономической эффективности.

Сформировался ряд критериев распределения функций между человеком и машиной, которые используются при проектировании сложных систем и оправдали себя на практике. Среди этих критериев выделяется максимизация показателей СЧМ, т. е. такое распределение функций, при котором достигается высокий результат их совместного действия в системе. Эти критерии, по мнению Д. Мейстер и Дж. Рабидо [10], зачастую избирают сами разработчики, причем руководствуясь не соображениями выгод системы, а удобством проектирования, поэтому наиболее существенным критерием проектирования является «достижение максимального уровня тактико-технических данных с минимальными затратами времени и средств». Именно на достижение компромиссного решения, дающего оптимальную комбинацию этих переменных, и должно быть направлено распределение функций между человеком и машиной.

Особый интерес вызывает степень автоматизации СЧМ, которая характеризует относительное количество информации, перерабатываемой автоматическими устройствами.

Для каждой СЧМ существует определенная оптимальная степень автоматизации, при которой эффективность СЧМ становится максимальной. При этом чем сложнее СЧМ, тем больше потери эффективности из-за неправильного выбора степени автоматизации. Оптимальная степень автоматизации устанавливается в процессе решения задачи распределения функций.

Эта проблема существует только в сфере информационных процессов, где показатели человека и машины соизмеримы. Распределение функций (с точки зрения энергетических затрат) решается сравнительно просто: за человеком оставляют такие двигательные задачи, которые не перегружают его и в то же время создают необходимый уровень активности и подвижности.

Распределение функций между человеком и машиной осуществляется на ранних стадиях проектирования, когда отсутствует большинство данных о работе системы и о деятельности в ней человека. К тому же, необходимые для этого характеристики зависят от избранного варианта распределений функций. Поэтому распределение функций оказывается *многошаговым процессом*, включающим в себя этап предварительного распределения и ряд последовательных коррекций этого варианта, осуществляемых уже по ходу дальнейшего проектирования.

В эргономике сложилась определенная методика предварительного распределения функций между человеком и машиной, основанная на качественных критериях. Рассмотрим ее последовательность.

1. *Определение назначения системы* (формирование ее целей и перечня разрешаемых ею задач). Проектируемую систему представляют в виде преобразователя входной информации, поступающей в систему, в соответствующие выходные сигналы, отвечающие ее назначению и требованиям задачи. На этом этапе рассматриваются входные сигналы будущей системы и принципы их преобразования в требуемые выходные сигналы. Оцениваются вероятности появления в системе различных задач и способов преобразования информации.

2. *Отбор отдельных функций для машины*, в основу которого берется следующий принцип: те задачи, которые в настоящее время выполняются машиной с требуемым качеством при приемлемой стоимости и габаритах, сохранить и в проектируемой системе за машиной.

3. *Остальные задачи системы ранжируются* по наиболее существенным характеристикам (одной или нескольким):

– количество признаков выполнения каждой задачи при разных условиях деятельности;

– количество возможных вариантов решения задачи при различных условиях ее выполнения;

– достоверность информации, используемой при решении задачи;

– вероятность появления данной задачи;

– логическая или вычислительная сложность разрешения задачи и др.

4. Распределение оставшихся задач осуществляется по следующему принципу: задачи, разрешаемые с учетом многих признаков, имеющие много *вариантов решений*, отличающиеся высокой *неопределенностью* информации, *незначительной логической и вычислительной сложностью*, целесообразно предварительно поручать человеку. Задачи противоположных свойств возлагаются на машину.

Поскольку возможности человека и машины обусловлены не только отдельными задачами, но и всей совокупностью возложенных на них заданий, то следует принимать во внимание и общую загрузку оператора и машины при избранном варианте распределения функций, учитывать возникающие при этом условия деятельности (особенно информационное обеспечение и пропускную способность информации). Степень загрузки оператора и машины в таких случаях проверяется посредством специального моделирования ожидаемых условий работы, попутно оцениваются и возможности машины по выполнению порученных ей функций. По результатам проверок осуществляется уточнение выбранного распределения.

Подобный метод распределения функций является лишь предварительным, поскольку он полностью не определяет окончательный вариант такого распределения, однако способствует сокращению времени поиска оптимального варианта.

В противовес принципу преимущественных возможностей Н. Джорданом был выдвинут принцип *взаимодополняемости человека и машины* [9]. Согласно данному принципу, необходимо не распределять функции, а организовывать совместную деятельность человека и машины таким образом, чтобы происходило взаимное усиление их функций. Машины могут служить человеку двумя

способами: как орудия труда и как производящие машины, т. е. функционирующие автоматически. В первом случае взаимодополняемость будет выражаться в обеспечении оптимальной трудности деятельности, во втором – в резервировании, дублировании человеком машины при возникновении отказов в ее работе посредством перехода на ручной режим управления. В то же время ответственность за выполнение процессов управления во всех случаях должна возлагаться на человека, а не на машину. *Взаимное дополнение предполагает резервирование человека и машины.* Для решения отдельных задач предполагается совместное использование возможностей человека и машины, а при необходимости – и перераспределение между ними отдельных функций непосредственно в ходе работы. Благодаря этому можно улучшить работу системы не только по выбранным показателям, характеризующим ее качество, но и по ряду других параметров, которыми приходилось пренебрегать, если в данной функции предпочтение отдавалось человеку или машине. Дополнение функций машины возможностями человека – средство компенсации недостатков жесткого распределения функций по отдельным (частным) показателям. Развитие и использование средств контроля показателей жизнедеятельности человека-оператора позволит разрабатывать адаптивные системы, в которых возможны автоматическое устранение ошибочных действий человека, его резервирования и пр.

Проблемы резервирования человеком автоматики и ответственности во многом решает принцип активного оператора, разработанный Н. Д. Заваловой, Б. Ф. Ломовым и В. А. Пономаренко [8], который исходит из положения о том, что человеку свойственно стремление к активному самопроявлению в деятельности, к самоутверждению на основе результатов своего труда. Данный принцип, не вытекает логически из принципа взаимодополняемости, но развивает его идейно. Принцип определяет необходимость поддержания некоторого уровня активности оператора в автоматизированных режимах управления в связи с тем, что человек, работая, всегда имеет в виду конечную цель управления и активно к ней стремится. Пассивность оператора при полной автоматизации приводит к тому, что он не может надежно выполнить функцию резервирования автоматики. Кроме того, снижение уровня активности у операторов при длительном использовании автоматического

режима может привести к ошибочным решениям о несуществующих неисправностях и отключению нормально работающей автоматики или к задержкам при опознании реальных отказов и переходе к ручному управлению.

Исходя из принципа активного оператора степень автоматизации необходимо выбирать таким образом, чтобы оператор осуществлял непрерывный контроль процессов управления по информации, обеспечиваемой автоматикой, и часть операций по управлению выполнял самостоятельно. Следствием указанного принципа фактически является признание нецелесообразности использования, значит, и разработки полностью автоматических режимов, и предпочтительный выбор полуавтоматического управления.

Кроме качественных, существуют и *количественные методы* распределения функций. Один из таких методов основан на анализе и оценке возможностей системы выполнять возложенную на нее генеральную функцию (вытекающую из ее главного назначения). Для выполнения генеральной функции (задачи наиболее высокого уровня) должны быть выполнены частные задачи управления. Выполнение каждой частной задачи осуществляется посредством ряда блоков операций, каждый из которых включает в себя базисные операции (наименьшие наблюдаемые элементы деятельности оператора, элементарные технологические операции). Применительно к деятельности оператора рассматриваются еще более мелкие – психологические операции.

Таким образом, удается разделить процесс разрешения системой генеральной задачи на ряд уровней: частные задачи, блоки операций, базисные и психологические операции. Сущность рассматриваемого метода заключается в анализе распределения потоков частных задач, потоков блоков операций между различными операторами, между каждым оператором и машиной, а также распределения потоков психологических операций в деятельности операторов. При таком анализе используется математический аппарат теории массового обслуживания, теории расписаний, теории графов и пр. По ходу анализа оцениваются показатели продолжительности, точности и надежности действия операторов и машины в зависимости от потоков разрешаемых задач и операций. Данные о целесообразности выбранного варианта распределения функций определяются методами статистического моделирования.

Одной из особенностей современной методологии является разработка принципов взаимной (встречной) адаптации человека и машины как партнеров по информационному взаимодействию. Если ранее психологические вопросы адаптации человека к машине решались профессиональным отбором и обучением в психологии труда, а вопросы адаптации машины к человеку, независимо от первых, – в инженерной психологии, то теперь делается попытка на основе системного подхода объединить решение этих задач.

Идеи адаптивного распределения функций за рубежом развиваются В. Роузом и его последователями. Для идей общим является положение о зависимости степени автоматизации процессов управления от величины когнитивной или умственной загрузки (*workload*) оператора. Считается необходимым снижение степени автоматизации при малой величине загрузки и увеличение степени автоматизации при ее высокой величине [9].

Взаимная адаптация человека и машины анализируется и осуществляется на разных уровнях в зависимости от требуемой и экономически целесообразной точности взаимного соответствия человека и машины. Сейчас уже нельзя ориентироваться только на среднестатистического человека. Наряду с уровнем общего усреднения и основанного на этом приспособления машины к человеку, который можно назвать тотальной адаптацией, необходимо изучать статистические свойства психологических параметров контингента людей, работающих в изучаемых СЧМ. Это – уровень контингентной адаптации. Далее, в контингенте должны быть выделены типологические группы, существенно различающиеся по профессионально важным психологическим характеристикам. Соответствующая этим данным групповая адаптация направлена на повышение эффективности (снижение сложности, субъективной трудности) работы представителей каждой из типологических групп.

Наконец, применение вычислительной техники позволяет выдвинуть проблему индивидуальной адаптации характеристик информационной системы к отдельному пользователю.

## **Этапы и процедуры эргономического проектирования СЧМ**

Наличие в рассматриваемой системе человека и отсутствие строгих априорных описаний его действий уже само по себе

предопределяют своеобразие процесса проектирования подобных систем. В настоящее время они проектируются, как отмечалось, методами последовательных приближений, когда на каждом последующем шаге проектирования проверяется соответствие полученных результатов заданным требованиям и на основе подобных проверок вносятся коррективы в предшествующие шаги. Поэтому такой процесс проектирования определяют как *многопетлевую структуру с обратными связями*, гибко приспособленную к решаемым задачам на различных стадиях проектирования.

Согласно общепринятым стандартам проектирование СЧМ в наше время осуществляется посредством следующих обязательных этапов, отражающих циклический характер этого процесса:

- этап разработки технического задания;
- этап разработки технического предложения;
- этап разработки эскизного проекта;
- этап разработки технического проекта;
- этап разработки рабочей документации, включающий изготовление опытных образцов и их испытание.

**Этап разработки технического задания.** Заключается в определении целей создаваемой системы и обосновании ее необходимости и является исходным этапом любого процесса системотехнического проектирования. Техническое задание для системы составляется на основании анализа данных, свидетельствующих о потребности в ней, а также сведений, полученных при эксплуатации аналогичных систем и в результате научно-исследовательских работ, показывающих тенденцию развития подобных систем и управляемых ими объектов. Для составления задания организуется сбор подробных данных об особенностях будущей системы, условиях ее работы и окружающей среде.

На этой стадии четко формулируется назначение системы (цели, которые она должна достигнуть) и предъявляемые к ней требования.

Определяя техническое задание, проектировщики уже примерно ориентируются на определенное оборудование, при посредстве которого возможно достижение заданных целей. Здесь инженерный психолог оценивает необходимость и степень участия человека в работе системы, примерный круг выполняемых им работ, условия предстоящей деятельности, примерное число операторов будущей системы. На основе всех этих данных разрабатывается соответствующая

спецификация подробных требований, предъявляемых к системе, в которой указываются также количественные значения налагаемых на нее ограничений и условия, определяющие их выполнение. По каждому требованию проектировщик отмечает возможные пути его осуществления, а также преимущества и недостатки отдельных путей, исходя из эффективности системы, ее стоимости, временных затрат и т. п. В результате обсуждения такой спецификации в техническом задании выделяются наиболее приемлемые пути построения системы. Для учета и объединения большого числа факторов могут использоваться математические методы анализа операций.

На данном этапе определяется также профиль назначения системы – временная последовательность действий, реализующая генеральную целевую функцию системы. В этом профиле выделяются наиболее сложные и ответственные элементы, от выполнения которых особенно зависит реализация назначения системы.

**Этап разработки технического предложения.** Исходными данными являются материалы технического задания. На основе этого документа, а также материалов об эксплуатации подобных систем, данных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ выделяются конкретные функции, которые надлежит выполнять будущей системе (разделение функций). По каждой функции приводятся анализ, оценка степени ее сложности и требуемые показатели ее выполнения. При этом важно установить критерии, по которым можно судить о выполнении и качестве функции. Подобные критерии задаются обычно в виде количественных оценок, с указанием допустимых отклонений.

Для анализа отдельных задач системы строятся специальные функциональные схемы с указанием временной последовательности возникновения отдельных задач и времени, за которое они должны быть выполнены. На них отображается также характер поступающей информации, ее частота. По этим схемам представляется возможным предварительно судить о принципиальной целесообразности использования для выполнения отдельных задач человека или машины; по ним уточняется число операторов, общие данные о возможных рабочих местах, требования к оборудованию.

На этом этапе заказчик осуществляет консультации разработчика и участвует в подготовке плана совместных работ по инженерно-



психологическому проектированию. Соответственно, конструкторские организации разработчика проводят анализ путей реализации инженерно-психологических требований, формулируют решения ЧМС точки зрения задач, поручаемых человеку в условиях его деятельности.

В плане проведения научно-исследовательских работ разработчик проводит изучение инженерно-психологических характеристик аналогов разрабатываемой системы, а также инженерно-психологическое изучение деятельности оператора в предшествующих системах.

**Этап разработки эскизного проекта.** Все рассмотренные процедуры можно расценивать как этап подготовки к разработке эскизного проекта СЧМ, центральным вопросом которого является распределение функций между человеком и машиной. При обнаружении неучтенных ранее, однако существенных факторов используются специальные лабораторные инженерно-психологические исследования, а также эксперименты на макетах или действующих системах, подобных проектируемой.

Особую роль в настоящее время и в будущем при эргономическом проектировании на стадии эскизного проектирования играет имитационное моделирование с применением электронно-вычислительной техники.

Непосредственное экспериментирование на реальной системе устраняет много затруднений, если необходимо обеспечить соответствие между моделью и реальными условиями, однако недостатки такого экспериментирования иногда значительны по следующим причинам:

- 1) оно может нарушить установленный порядок работы системы;
- 2) если составной частью системы являются люди, то на результаты экспериментов может повлиять так называемый хауторнский эффект, проявляющийся в том, что люди, чувствуя, что за ними наблюдают, могут изменить свое поведение;
- 3) может оказаться сложным поддержание одних и тех же рабочих условий при каждом повторении эксперимента или в течение всего времени проведения серии экспериментов;
- 4) для получения одной и той же величины выборки (следовательно, статистической значимости результатов экспериментирования) могут потребоваться чрезмерные затраты времени и средств;

5) при экспериментировании с реальными системами может оказаться невозможным исследование множества альтернативных вариантов.

Исследователь (с учетом этих причин) должен рассмотреть целесообразность применения имитационного моделирования при наличии любого из следующих условий.

1. Не существует законченной математической постановки данной задачи или еще не разработаны аналитические методы решения сформулированной математической модели. К этой категории относятся многие модели массового обслуживания, связанные с рассмотрением очередей.

2. Аналитические методы имеются, но математические процедуры так сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи.

3. Аналитические решения существуют, но их реализация невозможна вследствие недостаточной математической подготовки имеющегося персонала. В этом случае следует сопоставить затраты на проектирование, испытания и работу на имитационной модели с затратами, связанными с приглашением специалистов со стороны.

4. Кроме оценки определенных параметров, желательно осуществить на имитационной модели наблюдение за ходом процесса в течение определенного периода.

5. Имитационное моделирование может оказаться единственной возможностью вследствие трудностей постановки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях.

6. Для долговременного действия систем или процессов может понадобиться сжатие временной шкалы. Имитационное моделирование дает возможность полностью контролировать время изучаемого процесса, поскольку явление может быть замедлено или ускорено по желанию.

После осуществления распределения функций возникают два направления эскизного проектирования: подготовка данных для проектирования машинных компонентов и систематизация данных о «человеческом факторе». По первому направлению ведется анализ всего комплекса задач, возлагаемых на машину, и их взаимосвязи с точки зрения возможностей совместного выполнения. В результате такого анализа приходится иногда пересматривать состав оборудования и осуществлять его выбор также с учетом всего комплекса

машинных задач. Исходя из этих данных составляется спецификация машинных компонентов.

Для эргономиста наибольший интерес представляет второе направление, где изучаются задачи, поручаемые человеку. На основе синтеза этих задач требуется воссоздать примерную структуру деятельности оператора, установить возможные перекрытия отдельных задач и ожидаемые при этом перегрузки. Деятельность человека здесь организуется таким образом, что ее основные характеристики соответствуют характеристикам деятельности в реальной системе. Попутно приходится осуществлять и анализ некоторых задач с учетом ожидаемых условий их выполнения, связывая эти задачи с характеристиками машинных компонентов (программным обеспечением, средствами индикации, органами управления и вариантами их использования и т. п.). В результате такого анализа может потребоваться некоторая корректировка предварительного варианта распределения функций. После всех процедур анализа и синтеза задач человека осуществляется их описание.

Порученные человеку функции соотносятся с его предполагаемыми возможностями путем анализа навыков оператора. При этом приходится принимать во внимание не только наличные навыки, но и возможности их развития в процессе практической деятельности. Хотя проектирование осуществляется в расчете на подготовленного оператора, при этом обычно стремятся также к созданию в системе таких технических условий, которые способствовали бы более быстрому вводу в строй начинающих операторов. На основе описаний задач оператора и анализа навыков составляется предварительная спецификация работ, которые ему надлежит выполнять в будущей системе.

На стадии эскизного проекта заказчик утверждает перечень задач, способов их решения и критериев эффективности. Его специалисты участвуют в распределении функций и выдаче исходных данных для составления рабочего проекта и расчета загрузки. Конструкторские и научно-исследовательские организации разработчика осуществляют разработку и изготовление экспериментальных образцов рабочего места оператора (РМО), разрабатывают имитационные модели, осуществляют распределение функций, составляют программы и методики испытаний на модели. В задачу

разработчика на этой стадии входят также выдача технического задания на оснащение опытного образца разрабатываемой системы контрольно-записывающей аппаратурой.

Таким образом, на стадии эскизного проектирования дается обоснование принципиальных решений по распределению функций, по составу и конструкции машинных компонентов, а также по деятельности операторов.

***Этап разработки технического проекта.*** Является периодом отработки и принятия окончательных технических решений на проектирование. На этой стадии осуществляется уже проектирование конкретных машинных компонентов системы. Инженерного психолога в этом периоде будут интересовать три главных вопроса проектирования:

- разработка элементов машины, с которыми непосредственно будет действовать человек, т. е. плоскости соприкосновения человека с машиной;
- отбор и обучение операторов;
- разработка вспомогательных средств, обеспечивающих лучшее взаимодействие оператора с оборудованием.

К разработке плоскости соприкосновения человека с машиной проектировщики подходят, располагая предварительными спецификациями машинных компонентов и описаниями работ оператора, некоторыми алгоритмами его управляющих действий, данными о временной загрузке человека, об уровне сложности отдельных задач. На этом этапе инженерный психолог должен оценить, в какой мере оператор способен с помощью избранной аппаратуры выполнить все возложенные на него функции. Также оценки даются как исходя из интуитивно-логических соображений, так и на основе специально проводимых экспериментов и испытаний. Рассматриваемая стадия является последней, где еще возможно свободно варьировать решениями, и где их корректировки не связаны с существенными затратами. Поэтому подобным оценкам и проверкам на этой стадии проектирования придается большое значение.

Для проведения испытаний создаются специальные макеты, моделирующие отдельные задачи и условия деятельности оператора. Здесь используются статические макеты – объемные модели оборудования РМО, выполненные в натуральную величину, на которых проверяется размещение и компоновка оборудования, его

соответствие антропометрическим требованиям и задачам, решаемым оператором.

Более полные оценки проектных решений даются при использовании функциональных макетов, изготовленных объемно и в натуральную величину, но уже с действующим оборудованием.

В настоящее время действующее оборудование для целей инженерно-психологического проектирования может заменяться моделирующей подсистемой, представляющей собой вычислительный комплекс, с помощью которого моделируют динамику поведения объекта, логику функционирования его систем и реакцию окружающей среды.

На макетах возможно проверить не только нормальные режимы работы оборудования и оператора, но и особые аварийные случаи. Кроме макетных испытаний, инженерный психолог проводит также лабораторные эксперименты, направленные на проверку отдельных технических решений и уточнение частных вопросов деятельности оператора в создаваемой системе.

Под проектированием вспомогательных средств понимается разработка специальных средств и методов, которые повышают эффективность взаимодействия человека с машиной в плоскости их соприкосновения. Такие средства могут быть непосредственно связаны с оборудованием и выступать в виде нанесенных на нем условных знаков или его специальных описаний. Вспомогательные средства могут предназначаться и для сферы обучения, в том числе: инструкции по управлению системой, учебные фильмы и другие пособия, способствующие лучшему приспособлению человека к данному оборудованию системы.

Отбор и обучение операторов рассматривается как составная часть проектирования системы. На основе сделанной ранее специфики работ, возлагаемых на оператора, а также данных, полученных уже в стадии разработки технического проекта, составляются профессиограммы и психограммы операторской деятельности, по которым определяются критерии профессионального отбора, а также требования к обучению операторов.

На этой стадии взаимодействие организаций заказчика и разработчика осуществляется по следующей схеме. Заказчик, во-первых, утверждает режимы и способы работы оператора и требования к их отбору и обучению, программы и методики инженерно-

психологических оценок на этапах испытаний, ТЗ на технические средства подготовки операторов; во-вторых, производит оценку компоновки РМО и загрузки операторов и составляет программы и методики оценок в процессе испытаний на модели (макете).

В функции организаций разработчика входит: разработка организационно-психологической структуры деятельности для предусмотренных режимов работы и вариантов задач, разработка и изготовление модели (макета) создаваемой человеко-машинной системы, определение загрузки специалистов по результатам исследования.

***Этап создания рабочей документации и опытных образцов.*** Заключается в реализации проектных решений, принятых на предшествующей стадии. На основе технического проекта машинных компонентов системы, проекта плоскости соприкосновения человека и машины, а также вспомогательных средств разрабатывается спецификация производства, по которой уже создается рабочая документация для изготовления технического оборудования системы. На базе этой документации организуется производство первых опытных образцов машины и выпуск к ним соответствующих технических описаний машинных компонентов. На основе решений по профессиональному отбору и обучению, а также выбранных вспомогательных средств составляется спецификация обучения и организуется отбор персонала.

На данном этапе уже осуществляется интеграция системы, т. е. объединение в единое целое изготовленной и действующей машины со специально отобранным и обученным для управления ею персоналом операторов. Заключительным этапом этой стадии является оценка системы посредством специальных испытаний, которые проводятся в условиях, максимально приближенных к условиям функционирования системы. Если возможно, то опытные образцы проверяются непосредственно в реальных условиях применения системы при эксплуатационных, или «полевых», испытаниях. Однако такие условия часто приходится создавать искусственно, посредством изготовления специальных систем, имитирующих оперативную обстановку работы системы. В выборе средств имитации большую роль играет эргономист.

Эксплуатационные испытания, проводимые в реальных условиях применения системы, обычно охватывают все аспекты

ее функционирования: проверку работы техники и оценку деятельности операторов в различных задачах и режимах, при различных условиях работы, с попутной проверкой системы связи, обеспечения, ремонта и т. д. При таких испытаниях оценивается соответствие системы как ее основному назначению, так и выполнению частных задач. Специально оцениваются действия оператора и показатели системы в аварийных ситуациях, вызванных отказами техники и работой оператора. В процессе эксплуатационных испытаний осуществляется также инструментальный контроль показателей деятельности оператора и его состоянием.

Критериями оценок степени соответствия системы предъявляемым к ней требованиям, а также деятельности в ней оператора служат, главным образом, объективные показатели их функционирования. В тех случаях, когда подобные данные отсутствуют или нет количественных критериев их оценки, используются мнения специальных экспертов. Большое значение здесь придается экспертным оценкам операторов, непосредственно осуществляющих эксплуатационные испытания. Все недостатки в работе оборудования и операторов, выявленные при испытаниях первых образцов системы, подвергаются здесь, в условиях испытаний, детальному анализу, активное участие в котором принимает инженерный психолог. По каждому отмеченному недостатку вырабатываются специальные рекомендации, которые могут касаться и коррекции конструкции системы, и изменения методов обучения операторов, и уточнения инструкций, определяющих правила их работы.

После завершения эксплуатационных испытаний первых образцов проводятся специальные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по усовершенствованию системы с точки зрения устранения недостатков, выявленных при испытаниях. Попутно разрабатываются пути устранения обнаруженных недочетов по отбору и подготовке персонала операторов.

Последующие, уже усовершенствованные, образцы системы подвергаются повторным эксплуатационным испытаниям, в которых принимают участие операторы, подготовленные с учетом ранее отмеченных недостатков в обучении и отборе. И так процесс корректировки проектных решений продолжается до тех пор, пока система не будет отвечать ее назначению и удовлетворять предъявляемым к ней требованиям.

Взаимодействие организаций заказчика и разработчика на этой стадии происходит по следующей схеме. Заказчик осуществляет:

- проведение инженерно-психологических оценок в процессе испытаний;
- оценку соответствия человеко-машинной системы пунктам ТЗ;
- составление перечня замечаний и предложений по доработке СЧМ;
- утверждение методов отбора и подготовки операторов.

Разработчик на этой стадии осуществляет:

- доработку системы в части инженерно-психологических свойств;
- испытания в реальных условиях;
- определение возможных путей оптимизации инженерно-психологических свойств;
- разработку методов отбора, обучения операторов;
- составление инструкций по обучению и функционированию.

После разрешения всех этих задач начинается серийный выпуск систем, которые затем поступают к заказчику для их практического применения.

Характерной особенностью создания СЧМ является тот факт, что после формального завершения процесса ее проектирования, в условиях практического применения (эксплуатации), продолжается «доводка» такой системы. Это обусловлено рядом причин.

Во-первых, при ее проектировании отсутствовали строгие алгоритмические описания «человеческого фактора», а в процессе сравнительно кратковременных эксплуатационных испытаний системы уточнить все эти характеристики, как правило, полностью не удается. Во-вторых, в процессе эксплуатации происходит развитие системы: изменяются отдельные ее характеристики и связи в машинных компонентах (в результате приработки, износа и пр.), с приобретением новых навыков, накоплением опыта изменяются и операторы. И хотя эти обстоятельства пытаются прогнозировать и учитывать в проекте, однако из-за отсутствия точных методов создания подобных прогнозов эти расчеты приходится корректировать. В-третьих, уже в самом процессе эксплуатации системы иногда выявляются такие сведения, которые нельзя практически получить в процессе проектирования. В частности, нельзя предвидеть все варианты возможных нарушений в работе техники,



варианты ошибок операторов. А в отдельных системах, специально предназначенных для добывания новой информации, такие данные в принципе не могут быть учтены в процессе проектирования. В-четвертых, методы отбора и обучения операторов, принятые в расчет при проектировании, на основе опыта практического применения системы также приходится уточнять и корректировать. Все эти причины и создают необходимость корректировки уже в серийных системах ранее принятых решений.

Следует подчеркнуть, что в процессе такой «доводки» особенно велика роль эргономиста. Все несоответствия и недостатки в работе системы, обнаруженные в процессе ее эксплуатации, в каждом случае приходится анализировать с позиции: являются ли их первопричиной машинные компоненты или человек. В настоящее время под понятием «машинные компоненты» следует понимать аппаратуру и программное обеспечение. Те случаи, когда нарушения в работе системы возникают по вине оператора, специально изучаются эргономистом, важным направлением работы которого является анализ деятельности оператора в условиях отказов техники. Эргономист анализирует причины ошибок операторов и пути их предупреждения, обнаружения, а также исследует возможности операторов прогнозировать в процессе управления отказы техники, предупреждать их, парировать и избегать при этом опасных последствий. Ему приходится также изучать влияние эксплуатационных факторов на функциональное состояние операторов и их деятельность. Большинство недостатков оборудования системы и обучения операторов, выявленных в процессе практического применения системы, устраняется непосредственно в условиях эксплуатации. Однако отдельные недостатки могут требовать корректировки проектных решений вплоть до перераспределения функций между человеком и машиной.

В ходе практического применения человеко-машинной системы выявляются и новые, более целесообразные алгоритмы управляющих действий оператора. Эти алгоритмы удается выявлять обычно в процессе технической эксплуатации систем с накоплением опыта их применения. Следовательно, в нахождении новых, более целесообразных алгоритмов действия оператора заключается также процесс усовершенствования и «доводки» системы в ходе ее практического применения. Следует отметить, что нахождение

обоснованных с позиций инженерной психологии технических решений способствует снижению требований к качествам кандидатов на операторские должности.

Процесс проектирования СЧМ фактически распространяется и на стадию их эксплуатации, охватывая большой период от зарождения планов создания такой системы и их оформления в виде технического задания и до доводки серийной системы в ходе ее практического применения. На всех стадиях в проектировании принимает участие эргономист: от логического анализа чертежей и лабораторных экспериментов до участия в эксплуатации серийных систем; от использования интуитивных соображений и субъективных суждений до применения сложных математических моделей и строгих экспериментальных методик.

Психологический анализ включает также распределение функций между человеком и компьютером, оптимизацию взаимодействия в системе в целом, поиск принципиально новых способов организации процессов решения интеллектуальных задач на базе перспективной информационно-вычислительной техники. В работах В. Ф. Венда было показано [4], что человек при его взаимодействии с ЭВМ, особенно в условиях информационной неопределенности, ведет себя не так, как считалось, что он либо полностью и безоговорочно принимает, либо категорически отвергает совет, вырабатываемый ЭВМ. Коэффициент корреляции  $r$  между априорными, запрограммированными стратегиями решения задач  $S_a$  и стратегиями, реализуемыми человеком в своей работе и являющимися его реакциями  $S_p$ , должен составлять  $r_{SpSa} = 1$  или  $r_{SpSa} = 0$ . Исследования показали, что в зависимости от категоричности формы представления совета и индивидуальных особенностей человека, воспринимающего совет ЭВМ, может быть получено любое значение коэффициента корреляции  $r$  в диапазоне  $-1 < r_{SpSa} < 1$ . Особый интерес представляет диапазон отрицательной корреляции советов и решений, соответствующий волевым решениям, принимаемым вопреки опыту предшественников.

Однако данное положение требует своего уточнения в зависимости от конкретных сфер взаимодействия человека с автоматическими средствами, а также совершенно неисследованной областью, связанной с напряженностью его деятельности.

Развитие представлений о взаимодействии человека-оператора с машиной как о скрытом диалоге его с предшественниками – разработчиками этой машины и программ ее работы – преодолевает узость методологического горизонта эргономики.

### **Контрольные задания**

1. Охарактеризуйте эргономические подходы к проектированию СЧМ.
2. Опишите влияние степени автоматизации на эффективность СЧМ.
3. Какова методика распределения функций между человеком и машиной?
4. Назовите обязательные этапы проектирования СЧМ.
5. Охарактеризуйте роль эргономиста при проектировании СЧМ.

## **Тема 5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ**

### *Вопросы*

1. Проблема моделирования деятельности.
2. Языки имитационного моделирования.

### **Проблема моделирования деятельности**

В современной эргономике деятельность оператора по управлению объектами рассматривается через призму решения оперативных задач. Абстрагируясь от конкретных ситуаций, оперативную задачу можно определить как часть деятельности, направленную на поиск отклонений от «нормальной схемы» и их ликвидацию. При этом следует иметь в виду, что ликвидация отклонений от «нормальной схемы» часто происходит не путем приведения изменившегося состояния элемента системы к первоначальному, а путем изменения других элементов. Иными словами, у оператора есть различные резервные возможности для приведения системы к «нормальной схеме».

Актуальность исследования методологических подходов к решению проблемы моделирования деятельности по решению оперативных задач определяется двумя рядами причин, находящихся в определенном соответствии друг с другом. Первый, имеющий позитивную направленность, обусловлен важностью для прикладной психологии изучения процессов решения прикладных задач. Второй, имеющий негативную направленность, обусловлен низкой эффективностью экспериментального решения конкретных практических вопросов на основе моделирования деятельности по решению оперативных задач.

В современной когнитивной эргономике акцентированное внимание к решению практических задач определяется тем значительным местом, которое оно занимает в труде вообще и в мыслительной деятельности в частности. При этом содержание и структура мыслительной деятельности человека раскрываются как процесс решения задач, а сам труд определяется как адаптация к требованиям задачи.

С одной стороны, важность экспериментального анализа и моделирования оперативных задач объясняется тем, что данное направление исследований выделяется в самостоятельную научную дисциплину. Так, Ж. Фаверж предложил различать эргономику информативных процессов, которая исследует способы представления информации, и эргономику умственных процессов, в поле зрения которой входят особенности решения человеком практических задач [8]. Пушин В. Н. выделяет эргономику, занимающуюся проектированием выходов СЧМ, оптимальных с точки зрения человека, и эргономику оперативного мышления, предметом которой являются человеческие способы решения задач [9].

С другой стороны, нужно подчеркнуть важность методологической проработки данного направления, поскольку эргономисты, не имея твердой опоры в методологических принципах организации экспериментального моделирования деятельности по решению оперативных задач, стремятся перейти от лабораторных исследований процессов решения оперативных задач к исследованию деятельности в реальных условиях или психических процессов, не связанных ни с какой деятельностью, или математических моделей деятельности.

И, наконец, сосредоточение усилий на вопросах анализа и моделирования процесса решения оперативных задач объясняется значимостью этого направления для создания действенной психологической теории. Лауреат Нобелевской премии (1978 г.) Г. Саймон утверждал, что моделирование процесса решения задач вносит существенный вклад в понимание когнитивных процессов и что психологические теории будут такими же плодотворными и содержательными, как современные теоретические представления в биологии, химии, физике [9].

«Моделирование, – пишет Х. Лукзак, – может быть определено как целенаправленное экспериментирование на моделях рабочих ситуаций. Эти модели не обязательно должны точно воспроизводить производственную реальность, а лишь тождественно имитировать производственные условия, обуславливающие психическую нагрузку оператора» [10]. На основе трехчленной функциональной модели структуры деятельности оператора при решении оперативных задач (восприятие информации – принятие решения – реализация решения) рассматриваются:

1) оперативные задачи делятся на три класса: сенсорные, мыслительные, сенсомоторные;

2) оперативные задачи по регулированию воздушным движением относятся ко второму классу (мыслительные задачи);

3) моделирование данных задач должно состоять в нагружении центрального механизма принятия решений;

4) каждое принимаемое решение (в том числе и самое сложное) может быть рассмотрено как состоящее из ряда элементарных умозаключений: конъюнкций и дизъюнкций;

5) представление оперативной задачи в виде дерева элементарных умозаключений, ветвям которого приписаны соответствующие вероятности, представляет собой изоморфную модель процесса решения этой задачи;

6) технические устройства, отображающие ситуации множественного (или бинарного) выбора, могут использоваться в эксперименте по изучению психической нагрузки авиадиспетчера в качестве моделирующих реальные средств отображения информации.

Вавилов В. А. выдвинул следующие предложения [3]. Во-первых, определение оперативной задачи через деятельность позволяет автору установить, что сложность оперативной задачи – системное качество, и зависит она не столько от интеллектуальной трудности задачи, сколько от сложности объекта и его структуры, профессионального опыта человека и его знаний, структуры и состава средств отображения информации и средств оперативного управления, психического состояния человека и условий его деятельности. Отсюда следует, что критерий сложности оперативных задач – полипараметрический. Он может быть формализован и представлен только в некоторой системе, увязывающей воедино субъект деятельности, объект, технические средства деятельности, оперативную направленность и условия деятельности. Во-вторых, предлагается выделить шесть уровней (включая нулевой), абстрагированных от реальности психологической структуры изучаемой деятельности. Нулевому уровню экспериментального моделирования соответствует исследование конкретной деятельности, включенной в общественные отношения, исследование, проводимое в рамках естественного эксперимента. Уровням: I – исследование самостоятельной деятельности; II – исследование действий, включенных в деятельность; III – исследование самостоятельных действий; IV – исследование операций, включенных в действие; V – исследование самостоятельных операций. Каждый следующий

за нулевым уровнем экспериментального моделирования отличается от предыдущего сокращением параметров составляющих эксперимента и уменьшением сложности самого эксперимента и исследуемой части деятельности. Соответственно, шести уровням моделирования деятельности автор предлагает шесть уровней сложности оперативных задач в обратной последовательности: нулевому уровню деятельности соответствует пятый уровень сложности задач, пятому уровню деятельности – нулевой уровень сложности.

При проектировании эргатических систем для формализованного описания деятельности оператора и в целом функционирования СЧМ все большее значение приобретают математические и имитационные методы.

Математические методы, применяемые в эргономике, должны удовлетворять следующим требованиям: размерности (описанию процессов управления со многими взаимосвязанными переменными), динамичности (учету фактора времени), неопределенности (учету случайных, вероятностных факторов в деятельности оператора), факторности (учету специфических особенностей поведения человека, например, напряженности, эмоций и т. д.), описательности (возможности описания внутренних психофизиологических механизмов деятельности человека).

**Теоретико-информационный подход.** Наиболее широкое применение для описания деятельности оператора в 70–80-е годы XX в. нашли методы теории информации, теории массового обслуживания, теории автоматического управления. В целом ряде работ того времени использовались методы теории информации, основанной на известной формуле К. Шеннона:

$$I = -(p_1 \log_2 p_1 + p_2 \log_2 p_2 + \dots + p_n \log_2 p_n),$$

где  $I$  – количество информации;

$p_1, p_2, \dots, p_n$  – вероятность того, что именно  $i$ -е сообщение выделено в наборе из  $n$  сообщений.

Целесообразность количественной оценки информации определялась величиной нагрузки диспетчеров при осуществлении ими производственной деятельности, сводящейся к приему, переработке и передаче информации.

Применимость теории информации (ТИ) к деятельности диспетчера во многом зависит от того, насколько длина внешнего алфавита сигналов и вероятность их появления в случае приема информации и алфавита решений и вероятности их выбора совпадают с субъективным алфавитом и вероятностями сигналов и решений.

Среди факторов, ограничивающих применение теории информации для изучения деятельности человека-оператора, можно выделить следующие:

1. В основе расчета по формуле К. Шеннона количества информации лежит длина физического алфавита сигналов и вероятностей их появления. Человек чаще всего пользуется своим внутренним алфавитом, отличным от физического, а субъективные вероятности сигналов для него не всегда совпадают с объективными.

2. Характеристики человека изменяются во времени по причине его утомляемости, обучаемости и других факторов, а теория информации имеет дело со стационарными процессами, статистические параметры которых неизменны во времени.

3. Теория информации не учитывает смысловую сторону информации, ее ценность и значимость.

4. Теория информации не учитывает временную неопределенность сигналов, а для оператора существенное значение имеет не только факт наличия сигналов и вероятности их появления, но и время, когда эти сигналы поступают.

***Моделирование на основе теории массового обслуживания.*** Для построения моделей деятельности оператора может использоваться аппарат теории массового обслуживания (ТМО). Как и для теории информации, применение ТМО ограничивается целым рядом условий:

- поступающая к оператору информация должна допускать интерпретацию в терминах входящего потока заявок;
- входящий поток заявок должен быть однородным или допускающим его разделение на однородные группы;
- входящий поток и время обслуживания должны подчиняться определенным законам распределения;
- должна быть установлена система критериальных временных функций, позволяющая оценить эффективность системы массового обслуживания на нестационарных режимах работы.

***Имитационное моделирование.*** При разработке моделей сложных СЧМ нужно учитывать, что имитационное моделирование



сопряжено с ограничениями на число переменных, используемых в модели. В известных имитационных моделях СЧМ наряду с данными о работе технических устройств учитывались такие переменные, как состояние напряженности, моральные качества отдельных операторов, спаянность коллектива.

Моделирование сложных СЧМ часто более затруднительно, чем моделирование физических систем, поскольку:

- фундаментальных законов, или «главных принципов», в науке о поведении очень мало;
- соответствующие процедурные элементы часто трудно описать и представить;
- поведение обычно управляется стратегическими и политическими факторами, причем их влияние трудно выразить в количественной форме;
- во многих аспектах поведения существенными элементами могут быть случайные компоненты;
- неотъемлемой частью таких систем становятся способности человека к принятию решений и решению задач.

Исходя из современного состояния проблемы имитационного моделирования СЧМ выделяют следующие три типа моделей поведения человека: 1) когнитивные модели; 2) модели теории управления; 3) сетевые модели задач.

*Когнитивные модели* имитируют мыслительные процессы высокого уровня: активное запоминание, хранение и извлечение информации, сравнительные суждения и оценки, принятие решений и решение задач. Подобные модели могут содержать в себе некоторую предопределенную логику или использовать концепции искусственного интеллекта для имитации познавательной деятельности человека. С точки зрения оценивания структуры системы хорошая когнитивная имитационная модель должна корректно предсказывать некоторые специфические аспекты действий оператора при решении задач и принятии решений. Однако это не означает, что модель обязательно должна давать наилучшие решения или обеспечивать наиболее быстрое решение задач.

При моделировании действий оператора в системах когнитивные модели издавна применялись для описания разнообразных типов человеческого поведения. Действительно, широкий круг вопросов взаимодействия оператора с системой связан с механизмами

когнитивного поведения высокого уровня, однако когнитивные модели еще довольно громоздки и имеют ограниченное применение. Как следствие, методы построения когнитивных моделей пока еще недостаточно разработаны и малопригодны для практического использования специалистами по эргономике и инженерной психологии при разработке систем. Кроме того, когнитивное поведение сильно подвержено эмоциональным реакциям.

*Модели теории управления* – это модели точного управления моторными реакциями. Хотя подобные модели применялись и к другим типам задач моделирования, все же они лучше всего подходят для имитации профессиональных психомоторных действий обученных операторов. Человек в моделях теории управления рассматривается как «оптимальный регулятор» с соответствующим набором параметров, которые определяют запаздывания на входе, упреждения выходных реакций и ряд других характеристик, связанных с возможностями и ограничениями, присущими человеку. Хотя для задания значений этих параметров необходимо располагать экспериментальными данными, после их введения такие модели очень хорошо предсказывают поведение системы в самых разных условиях.

*Сетевые модели задач* представляют собой продукт развития ряда технологий описания задач, разработанных в 1980-х гг., таких как фундаментальные диаграммы и диаграммы последовательностей операций. Для исследования подобных моделей созданы специальные языки программирования. Эти языки облегчают изучение динамики событий и анализ их влияния на деятельность оператора в рамках заданной архитектуры системы, определенной в виде некоторого статического описания (например, диаграммы последовательности операций).

В сетевых моделях задач целенаправленная деятельность человека разделяется на последовательность подзадач, соотношения между которыми определены структурой сети. Каждый узел сети – это отдельная подзадача, выполняемая человеком. Структура сети задает порядок выполнения подзадач. Элементами структуры сети могут быть ветвления, отражающие альтернативные решения или действия. Циклы используются для представления повторяющихся действий, последствий ошибок или воздействий неблагоприятных условий окружающей среды. Таким образом, подзадача, выполняемая

человеком на любой заданной стадии прогона модели, определяется активным в данный момент узлом сети.

В то время как сетевые модели лучше всего подходят для имитации процедурных действий человека, языки моделирования, используемые для исследования сетей задач, позволяют также анализировать когнитивные модели и модели теории управления. Например, если некоторая подзадача сети включает в себя поведение, связанное с принятием решений, то ее можно смоделировать на основе когнитивного подхода, а те задачи, в которых содержатся элементы психомоторного поведения, могут быть смоделированы с привлечением теории управления. Так как во многих системах требуется сочетание задач управления, процедурных задач и задач, включающих в себя некоторый уровень когнитивного поведения (например, принятие решений), считается, что существующие языки моделирования сетей задач идеально подходят для имитации деятельности человека во многих типах систем, а не только в тех системах, где эта деятельность имеет процедурный характер.

Можно отметить, что поскольку сетевые модели структурированы в рамках процедурных задач оператора, определенных в ходе стандартного анализа задач, они являются естественным расширением современной практики эргономики.

## **Языки имитационного моделирования**

Широкое распространение имитационного моделирования как средства анализа повлекло за собой появление ряда языков программирования, специально предназначенных для построения имитационных моделей. Шеннон К. отметил следующие преимущества использования специализированных языков имитационного моделирования [3].

1. Снижение трудоемкости программирования.
2. Возможность четкого выражения понятий и формулирования модели.
3. Облегчение документирования и представления результатов исследований.
4. Обеспечение гибких возможностей расширения и пересмотра модели.

5. Наличие вспомогательных функций общего назначения, необходимых при любых видах моделирования.

Служебные функции, которые должны обязательно присутствовать в любом языке имитационного моделирования:

- генерация случайных чисел;
- управление модельным временем;
- накопление и хранение выходных данных;
- обобщение и статистический анализ выходных данных;
- обнаружение ошибок и выдача сообщений об условиях появления ошибки;
- формирование стандартных выходных документов.

Основные процессно-ориентированные языки – это GPSS и Q-GERT, ГАСП IV и СЛАМ – языки смешанного дискретно-непрерывного моделирования.

GPSS (General Purpose Simulation System) – процессно-ориентированный язык имитационного моделирования систем, представляемых дискретными переменными. Его главным достоинством считается простота моделирования. Реализация модели сводится к построению из набора стандартных блоков блок-схемы, определяющей логическую структуру модели. Элементы системы представляются в виде транзакций, которые в ходе имитации продвигаются последовательно от блока к блоку. Обучение программированию на языке GPSS заключается в изучении функций блоков и способов логического сочетания блоков для представления конкретных систем.

Процессор языка GPSS интерпретирует и исполняет блок-схемное описание системы. К недостаткам этого языка следует отнести ограниченное быстродействие и отсутствие арифметики с плавающей точкой.

В языке GPSS содержатся почти все ранее перечисленные функциональные возможности моделирования, включая широкий набор процедур сбора и обобщения данных. В то же время программные реализации моделей, написанных на языке GPSS, характеризуются относительно невысоким быстродействием, следовательно, требуют больших затрат машинного времени; кроме того, язык обладает ограниченными возможностями генерации случайных чисел. Однако в версии GPSS/H быстродействие повышено, и набор генераторов случайных чисел расширен.

Язык Q-GERT предназначен для реализации сетевых имитационных моделей. В аббревиатуре Q-GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) буква Q означает возможность моделирования в графической форме систем с очередями.

В основу языка положен принцип «ветвления по действию», в котором ветви отображают действия, моделирующие время обработки или задержки. Узлы сети служат для разветвления ветвей, моделирования контрольных точек, точек принятия решений и очередей. Сеть в языке Q-GERT состоит из узлов и ветвей. Через сеть проходит поток элементов, называемых транзакциями. Чтобы обеспечить возможность моделирования сложных дисциплин обслуживания очередей и сложных управляющих структур, в язык включены различные типы узлов. Для различения транзакций, проходящих через модель, используются атрибуты. Конкретные значения атрибутов могут быть определены в любом узле. Продолжительность действий задается типом распределения и номером набора параметров.

Процедуры построения модели в языке Q-GERT близки к процедурам, применяющимся в языке GPSS. Разработчик модели комбинирует сетевые элементы языка в сетевую модель, которая графически отображает интересующую его систему. Построенная сетевая модель затем преобразуется в набор входных записей для последующей интерпретации и обработки анализирующей программой языка Q-GERT.

Хотя языки Q-GERT и GPSS в некоторых отношениях похожи, следует упомянуть о различиях между ними. Оба языка обеспечивают автоматическое накопление статистических характеристик многих стандартных элементов систем, рассчитанных за время одного цикла имитационного моделирования. Однако в языке Q-GERT имеется возможность накопления статистических характеристик и по нескольким независимым циклам. Подобная возможность облегчает анализ выходных данных модели. Благодаря малому количеству типов используемых узлов язык Q-GERT более прост в освоении. В отличие от языка GPSS, генератор модельного времени в языке Q-GERT работает в формате действительных чисел. Также имеется набор функций для генерации широко распространенных распределений случайных величин.

Язык SLAM II объединяет в себе как процессно-ориентированные черты языка Q-GERT, так и возможности дискретно-непрерывного моделирования языка GASP IV. Единая основа моделирования образуется в этом языке за счет комбинации различных подходов. Системы с дискретными изменениями состояний можно моделировать или с помощью описания событий, или с помощью описания процессов, или совместно тем и другим способом. Системы с непрерывными изменениями состояний можно моделировать на основе дифференциальных или разностных уравнений. Системы с дискретно-непрерывными изменениями состояний можно моделировать путем сочетания перечисленных подходов. Кроме того, ряд возможностей языка SLAM соответствует режиму просмотра действий.

Для описания процессов в языке SLAM используется сетевая структура, состоящая из узлов и ветвей. Эти символы моделируют элементы системы, находящиеся в таких процессах, как очереди, обслуживающие устройства и точки принятия решений. Задача построения модели заключается в составлении из этих символов сетевой структуры, которая графически представляет интересующую систему. В процессе моделирования элементы системы проходят через построенную сетевую модель. Графическое представление системы преобразуется разработчиком в эквивалентные операторы, которые затем обрабатываются процессором языка SLAM.

При построении имитационной модели на основе дискретных событий пользователю будет необходимо лишь закодировать логику обработки каждого типа события в виде отдельных вспомогательных подпрограмм. В этом случае для перевода системы в новое состояние управляющая программа языка SLAM всегда продвигает модельное время к моменту наступления следующего события. Чтобы обеспечить такие переходы, в модель включаются файл или календарь событий, обработка следующего события начинается сразу же по завершении обработки текущего события.

Важным свойством языка SLAM является возможность сочетания различных подходов в рамках одной имитационной модели. При этом компоненты различных образов мира могут взаимодействовать следующими шестью способами.

1. Элементы сетевой модели могут вызывать наступление дискретных событий.

2. События могут воздействовать на поток элементов в сетевой модели.

3. Элементы сетевой модели могут вызывать мгновенные изменения величин переменных состояния.

4. Переменные состояния, достигающие заданных пороговых значений, могут инициировать элементы сетевой модели.

5. События могут вызывать мгновенные изменения величин переменных состояния.

6. Переменные состояния, достигающие заданных пороговых значений, могут вызывать наступление событий.

Хотя на разработку языков смешанного дискретно-непрерывного имитационного моделирования было затрачено немало усилий, единственным таким языком, получившим широкое распространение, стал язык GASP IV (General Activity Simulation Program). Разработанный позднее язык SLAM (Simulation Language for Alternative Modelling) основан на конструкциях языка GASP IV и имеет дополнительные возможности для работы с процессами. Он позволяет создавать сетевые структуры, а также дополнен новыми интерфейсными модулями. Организационная структура языка GASP IV позволяет описывать системы в виде дискретных моделей, непрерывных моделей либо в виде комбинации этих двух типов моделей. В языке имеются процедуры для записи дифференциальных и разностных уравнений, а также методы определения логических условий, воздействующих на переменные состояния систем. Управляющая программа языка GASP IV может активизировать функции продвижения времени, требуемые для имитационного моделирования, а также вызывать специальные подпрограммы пользователя для изменения состояний системы.

В версии языка GASP V возможности непрерывного моделирования расширены. Новыми чертами языка GASP V являются: различные алгоритмы интегрирования, которые могут быть выбраны пользователем; процедуры для манипулирования с дифференциальными уравнениями в частных производных, а также логические действия операции запоминания и генераторы специальных функций. В качестве примеров логических действий можно назвать работу с входными переключателями, триггерами и вентилями.

Языки моделирования СЧМ HOS, SAINT и Micro SAINT позволяют закрыть брешь между ориентациями на анализ задач и на оптимальное управление. Каждый из языков позволяет имитировать полный сценарий функционирования оператора с сохранением подробного описания каждого действия, и, что особенно ценно, языки HOS и SAINT дают возможность моделировать когнитивное поведение операторов.

Имитатор человека-оператора (HOS) базируется на предположениях, основанных на фактах, полученных в когнитивной и экспериментальной психологии.

1. Поведение человека предсказуемо и целенаправленно, особенно у опытных операторов.

2. Поведение человека можно описать как последовательность микрособытий, совокупность которых отражает специфику задачи.

3. Человек рассматривается как одноканальное устройство обработки информации, способное, однако, выполнять параллельно более чем одну операцию.

4. Тренированные операторы редко забывают свои обязанности или совершают процедурные ошибки.

Первое предположение создает основу для моделирования когнитивного поведения операторов; второе предположение позволяет встраивать в язык микромоделей поведения; третье предположение устанавливает внутреннюю методологию имитационного моделирования; четвертое предположение позволяет изучать влияние конфигурации системы на «среднего» оператора. Последнее предположение позволяет также устраниваться от обработки сложных и плохо изученных ошибок, которые не зависят от системы и свойственны только операторам.

В отличие от большинства других моделей оператора, в языке HOS разработчику модели не нужно указывать время выполнения оператором действий. Эти характеристики рассчитываются внутренними процедурами языка на основании микромоделей поведения. В язык включены следующие типы микромоделей: 1) сбор информации; 2) извлечение хранимой информации; 3) мысленные вычисления; 4) принятие решений; 5) перемещение оператора; 6) манипулирование органами управления; 7) релаксация.

Каждое действие оператора представляет собой некоторую комбинацию из перечисленных видов деятельности. В языке HOS



производится внутренний набор сочетания функций для любого действия, последовательности функций и полного времени, необходимого для осуществления всех функций. Микромодели основаны на литературных данных по инженерной психологии, эмпирических фактах и суждениях; их можно легко перепрограммировать.

В языке HOS организована регистрация состояния органов управления и положения различных частей тела оператора (глаз, левая рука, правая нога и т. п.). Данные о положениях различных частей человеческого тела используются в микромоделях для расчета длительности выполняемых операций. Можно также получить в распечатанном виде детальную информацию обо всех таких операциях в привязке к определенной части тела.

Организация упорядочивания задач и процедур принятия решений осуществляется в языке HOS на основе расчета «критичности» или приоритета каждой задачи. При этом выбирается задача с наивысшим на текущем этапе приоритетом. Процедура выбора является внутренней, и все расчеты проводятся с расчетом параметров и ограничений, заданных в исходных операторах.

Язык HOS предоставляет пользователю широкий набор встроенных функций и позволяет определять процедуры и переменные в соответствии со спецификой исследуемой системы. Этому языку свойственны следующие ограничения.

1. Стационарность модели оператора.
2. Возможность детального моделирования поведения только одного оператора.
3. Отсутствие явной модели коммуникаций.
4. Пользователю не просто контролировать степень детализации, так как для внутренних вычислений длительностей операций требуется спецификация действия оператора на относительно низком уровне.

В концептуальном плане язык HOS моделирует оператора как вычислительную машину реального времени, управляемую событиями. Язык HOS хорошо подходит для анализа таких систем, в которых основной проблемой является организация рабочего места оператора, а сбои в работе возникают главным образом из-за перегруженности оператора при считывании показаний приборов и манипулировании органами управления. К сожалению, требуемый в языке HOS уровень детализации, а также ограничения, касающиеся

допустимого числа операторов системы и отсутствие модели коммуникаций, могут воспрепятствовать моделированию больших систем, в которых присутствуют сразу несколько операторов при сложном характере взаимодействия между ними.

Системный анализ интегрированных сетей задач SAINT (System Analysis of Integrated Networks of Tasks) – это методология имитационного моделирования, разработанная специально для сетей задач. В системе SAINT задачи оператора или действия, основанные на правилах, моделируются в виде сети из узлов и сетей. Действия оператора можно визуализировать с помощью трассировки графа сети, выдерживая при этом соответствующие паузы по достижении узла и переходя затем на предписанную исходную ветвь. Задачи операторов, связанные с принятием решений, можно подсоединить к подмоделям принятия решений, которые упорядочивают задачи таким образом, чтобы требуемые функции оператора были выполнены. Перед проведением имитационного моделирования для каждого узла и каждой ветви сети готовится описание данных. Кроме того, для реализации специальных свойств системы пользователь может подготовить программы обработки узлов на языке Фортран. Программы пользователей могут применяться для установки начальных значений выбранных атрибутов или для модификации длительностей конкретных действий. Поскольку выбор выходящей из узла ветви может определяться значениями атрибутов, это свойство позволяет описывать очень сложные динамические ситуации. Описания данных считываются программными средствами имитационного моделирования языка SAINT (связанными с пользовательскими программами на Фортране). В результате считывания формируется внутреннее представление сети, которое позволит выполнить имитационное моделирование.

Язык SAINT предназначен для смешанного дискретно-непрерывного моделирования, вследствие чего в нем имеются средства представления динамики поведения систем и средства непрерывного управления. Средства языка SAINT позволяют также решать дифференциальные, разностные алгебраические уравнения, описывающие параметры или поведение системы либо как часть имитационной модели оператора, либо параллельно с ней. Более того, модель оператора и непрерывные модели могут взаимодействовать между собой с помощью таких событий времени и состояния,

которые воздействуют на параметры моделей обоих типов. Подобное взаимодействие позволяет, например, описывать динамические изменения в положении, скорости и курсе самолета, а также в показаниях альтиметра, которые могут отставать от фактических значений высоты при резких маневрах.

Фундаментальным отличием языка SAINT от языка NOS является то, что в первом сравнительно мало встроенных средств, диктующих выбор принципа моделирования или требующих конкретного уровня детализации. При этом большая часть работы остается на долю разработчика модели, но это дает ему и большую свободу для объединения или декомпозиции разнообразных аспектов модели системы в соответствии с требованиями поставленной задачи. Таким образом, появляется возможность сконцентрировать усилия на важных аспектах проекта. Кроме того, снимаются ограничения по таким пунктам, как число операторов в системе, возможность взаимодействий между ними и возможность их передвижения. Например, один из операторов системы может быть представлен с большей степенью детализации, чем другие операторы, выполняющие менее важные функции. Более того, в языке SAINT возможно использование внешних модулей, эмулирующих встроенные механизмы моделей поведения.

Язык Micro SAINT представляет собой версию языка SAINT, ориентированную на использование в персональных ЭВМ. С некоторыми отличиями он сохранил в себе многие свойства полного варианта языка SAINT. Micro SAINT предназначен для прямого воспроизведения сетей задач оператора, кроме того, в языке имеются возможности непрерывного моделирования, но отсутствуют средства для решения дифференциальных уравнений. Причиной разработки Micro SAINT послужило то обстоятельство, что в нем все аспекты модели обрабатываются в интерактивном режиме. В ходе разработки модели пользователь сначала указывает, с какими объектами он будет иметь дело (например, сеть задач, непрерывные переменные, сценарий моделирования). Затем пользователю предъявляется ряд меню и вопросов, облегчающих построение модели. Благодаря применению грамматического анализатора устраняется необходимость в генерации команд на машинном языке. Программные средства построения моделей, предусмотренные в языке Micro SAINT, освобождают пользователя также и от формирования

«входных описаний», характеризующих другие аспекты моделей. Основным достоинством языка Micro SAINT является простота его использования. Каждый, кто способен нарисовать сеть задач (т. е. выполнить анализ задач) и описать другие аспекты моделируемой системы (например, изменения переменных в зависимости от состояния выполнения задач), сможет легко построить имитационную модель с помощью этого языка.

### **Контрольные задания**

1. Назовите достоинства и недостатки теоретико-информационного подхода к моделированию деятельности.
2. Приведите пример применения моделирования на основе теории массового обслуживания.
3. Объясните классификацию имитационных моделей СЧМ.
4. Объясните, в чем заключается имитационное моделирование человеко-машинных систем.
5. Приведите пример имитационного моделирования деятельности.

## Тема 6. ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ

### *Вопросы*

1. Общие положения теории надежности.
2. Классификация ошибок человека-оператора.
3. Психологические механизмы надежности человека-оператора.

### **Общие положения теории надежности**

Проблема надежности человека развилась как самостоятельная область исследований в связи с развитием техники, систем автоматизированного управления транспортом и производством, следовательно, с появлением операторского вида трудовой деятельности. В целом деятельность оператора определяется степенью стабильности, с которой выдерживаются показатели в различных видах и условиях деятельности, – характеристикой, которую принято называть надежностью работы оператора.

Понятие «надежность» было перенесено в инженерную психологию из техники, где оно использовалось для определения *способности устройства сохранять требуемое качество в установленных условиях работы*. Такое определение по своему содержанию и форме применимо и для оценки деятельности оператора.

От надежности работы техники, выступающей в этой системе как орудие труда человека, в значительной мере зависят результаты его труда. Неполадки и отказы в работе технических звеньев системы не только непосредственно нарушают это взаимодействие, но, создавая дополнительные трудности в целенаправленной деятельности оператора, влияют на него психологически, ухудшая тем самым и показатели работы человеческого компонента системы.

О целесообразности создания некоторой обобщенной характеристики надежности работы человека-оператора, которая распространялась бы на всю его деятельность, заговорили в 1960-х гг. Оценивать надежность оператора В. Д. Небылицын [9] предложил по комплексу его внутренних свойств, обуславливающих *способность* оператора сохранять на заданном уровне показатели труда и *поддерживать требуемые рабочие качества в условиях существенного усложнения деятельности*. Подобный комплекс внутренних

свойств, создающих потенциальную способность организма к надежной работе, впоследствии стали называть базовой надежностью человека, в отличие от прагматической надежности, проявляющейся в реальных условиях деятельности. Милеран Е. А. определял надежность как «способность человека к сохранению оптимальных рабочих параметров в экстремальных условиях работы» [7]. Завалова Н. Д. и Пономаренко В. А. сформулировали, что «надежность человека единственно правильно определить как способность к сохранению требуемых качеств в условиях возможного усложнения обстановки» [8].

Другой подход рассматривает надежность человека как способность действовать в соответствии с определенными требованиями в течение заданного времени. Так, Г. А. Сергеев, А. Ф. Романенко [9] определяют надежность как вероятность протекания рабочего процесса регулирования с заданными уровнями точности и устойчивости, обеспечивающими эффективное функционирование системы «человек–автомат». Надежность как понятие Р. М. Мансуров, Г. В. Суходольский определяют как противоположное ненадежности, т. е. свойству человека ошибаться при выполнении определенной работы в определенных условиях [8].

Небылицын В. Д. считал, что надежность человека-оператора обусловлена тремя основными факторами [9]: 1) степенью инженерно-психологической согласованности техники с психофизиологическими возможностями оператора для решения возникающих у него задач; 2) уровнем обученности и тренированности оператора при выполнении этих задач; 3) физиологическими данными оператора, в частности, особенностями нервной системы, состоянием здоровья, порогами чувствительности, а также психологическими особенностями его личности.

В изучении проблемы надежности оператора существует направление исследований, основной целью которого является разработка методов априорной количественной оценки надежности оператора на основе технических характеристик решаемых им задач и технических условий его деятельности.

Надежность технических устройств или их элементов может оцениваться как качественно, так и количественно. К качественному определению можно добавить, что под требуемыми качествами функционирования здесь понимается выдерживание показателей

работы устройства (его рабочих параметров) в тех пределах, которые соответствуют заданному режиму и условиям его работы.

Количественно надежность выражается вероятностью  $p(t)$  безотказной работы устройства в данных условиях эксплуатации в течение установленного промежутка времени. Вероятность безотказной работы технического устройства для любого момента времени эксплуатации  $t$  практически рассчитывается по статистическим данным.

Задачей теории технической надежности является не только разработка методов оценки надежности технических устройств, но и изыскание путей повышения их надежности. Современные сложные технические устройства состоят из большого числа звеньев и их элементов. С увеличением числа последовательных звеньев общая надежность системы понижается. Поэтому одним из основных способов повышения надежности сложных систем является повышение надежности их отдельных звеньев и элементов.

Из теории технической надежности было заимствовано и определение надежности человека-оператора: *надежность – свойство, характеризующее его способность безотказно действовать в течение определенного интервала времени при заданных условиях*. Такой точки зрения придерживаются в своих работах Г. А. Сергеев и А. Ф. Романенко, Р. М. Мансуров и Г. В. Суходольский, А. И. Губинский, Б. Ф. Ломов и др. [8, 9].

Исследователи В. Д. Небылицын, Е. А. Милерян, Н. Д. Завалова, В. А. Пономаренко, Л. С. Нерсесян, О. А. Конопкин считают, что *надежность человека надо определять как способность к сохранению определенных рабочих параметров в экстремальных условиях работы* [7]. Иными словами, эти авторы делают акцент на том запасе прочности, которым обладает оператор, работая в нормальных условиях, и который гарантирует его от отказов в случае усложнения ситуации.

У человека-оператора можно выделить временные неустойчивые отказы (ошибки), связанные, например, с флуктуационными процессами в анализаторных системах, и временные устойчивые отказы, причиной которых является утомление, излечимый травматизм, стрессовые ситуации. Существует также понятие оперативного отказа, который выражается в недостижении цели из-за дефицита времени.

Отказы подразделяют следующим образом:

– *активные* и *пассивные* (первые связывают с неправильным опознанием сигналов, неправильным выполнением действий, вторые – с ошибками памяти, внимания и пр.);

– *внезапные* и *постепенные* (отказ возникает скачкообразно или в результате постепенного накопления сдвигов);

– *явные* и *неявные* (проявляются сразу или впоследствии).

По аналогии с работой технических устройств, среди других показателей надежности человека-оператора выделяют готовность, восстанавливаемость и своевременность.

Готовность – это способность переходить в рабочее состояние в нужный момент. В психологическом плане состояние готовности отражает процесс осознания целей деятельности, осмысливания и оценки условий предстоящих действий, актуализации опыта в решении аналогичных задач, мобилизации сил в соответствии с условиями и целями деятельности.

Показатель своевременности действия оператора определяет продолжительность, скорость достижения определенной цели, нарушение которых рассматривается как ошибка. Несвоевременное решение задачи может иметь место также при исправлении допущенных ошибок.

Восстанавливаемость отражает скорость и полноту достижения требуемого уровня работоспособности при наступлении временных отказов в деятельности. Этот показатель отражает также возможность самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок.

## **Классификация ошибок человека-оператора**

Существует несколько способов классификации ошибок человека-оператора. В системном контексте первостепенный интерес представляют те ошибки, которые характеризуют неверное входное воздействие на систему. Неправильные входные параметры системы появляются в результате ошибок оператора (его выходных параметров). Если при рассмотрении выходных параметров оператора не учитывать внутренние процессы, то в получающейся классификационной схеме устанавливаются связи между выходными



параметрами оператора и системными требованиями. Человек может допустить ошибку, если он выполняет задание неправильно либо неспособен его выполнить вообще или в течение отпущенного времени. *Ошибка пропуска* возникает тогда, когда оператор пропускает все задание или один из этапов его выполнения. *Ошибка в выполнении* проявляется тогда, когда оператор выполняет задание, но делает это неправильно. К данной большой категории относятся *ошибки в выборе, ошибки в последовательности действий, ошибки во времени и качественные ошибки*.

Более полной является классификация ошибок, предложенная Г. М. Зараковским и В. И. Медведевым [4, 7]. Каждая ошибка анализируется с позиции следующих основных критериев:

1. Место ошибки в структуре функционирования системы «человек–машина».

2. Внешнее проявление ошибки.

3. Последствия ошибки.

4. Характер отображения ошибки в сознании оператора.

5. Причины ошибки.

При оценке *места ошибки в структуре функционирования системы* (критерий 1) уточняется, в какой конкретно системе произошла ошибка, при выполнении какой технологической операции, при выполнении какого действия она возникла. При этом авторы предполагают, что для каждой рассматриваемой системы имеется классификация всех используемых в ней технологических операций, а также классификация отдельных действий.

При определении *внешнего проявления ошибки* (критерий 2) решается задача отнесения возникшего отказа СЧМ к определенной категории (предполагается, что в каждой системе имеются перечни различных видов возможных отказов). Здесь устанавливается, что именно в действиях оператора отклоняется от существующих правил (пропуск действий, их перестановка, выполнение непредусмотренного действия, нарушение временного интервала, неправильные измерения, интерференция навыка и пр.).

*Последствия ошибки* (критерий 3) анализируются с трех точек зрения:

– по влиянию ошибки на эффективность СЧМ (рассматривают различные уровни изменения эффективности системы и выделяют тот, к которому привела эта ошибка);

– по влиянию ошибки на деятельность оператора (оценивается степень этого влияния, воздействие ошибки на структуру деятельности, возможность появления новых ошибок и пр.);

– по той «цене», которой приходится расплачиваться оператору за эту ошибку (общефизиологическим, психологическим, нервно-психическим нарушением и пр.).

Критерий 4 предполагает анализ ошибки по критерию *степени ее осознанности*. Возможны ошибки осознанные и неосознанные. Осознанные ошибки могут сопровождаться актуализацией компенсаторных возможностей, но могут проявляться и без такой актуализации.

Критерий 5 – *анализ причин ошибки*. Здесь авторы выделяют три категории причин: непосредственные, главные и способствующие.

Непосредственные причины ошибки различаются с двух точек зрения.

1. *По месту в структуре деятельности*. По этому критерию ошибки оператора подразделяются на следующие виды:

- восприятия (зрительного, слухового, кинестетического и пр.);
- памяти (сохранения, воспроизведения; оперативной, долговременной);
- принятия решения (при действиях по правилам, в логических операциях, при подсчетах, при творческом мышлении);
- ответной реакции (движения, речевого ответа, запоминания) и др.

2. *По виду нарушенных закономерностей* выделяются следующие виды ошибок:

- несоответствие процесса переработки информации (чрезмерный поток информации, недостаток информации, недостаток исходных данных; несоответствие интенсивности сигналов пороговым характеристикам; неправильная оценка вероятности появления информации, ее значимости);
- несоответствие навыка (перенос навыка в условия, где он неприемлем, недостаточный навык, ошибки переключения навыка и пр.);
- недостатки внимания (неправильное распределение внимания или его переключение, недостаточная концентрация, чрезмерная концентрация).

Главные причины ошибки оператора могут быть связаны со следующими факторами:

- рабочее место оператора (недостатки распределения функций между человеком и техническими устройствами, недостатки

информационной модели, компоновки оборудования, условий жизнеобеспечения);

- организация труда и отдыха;
- подготовка оператора и системы к выполнению данной задачи;
- физическое и психическое состояние оператора;
- установка оператора к выполнению задачи.

Причины, способствующие возникновению ошибки, вытекают из более фундаментальных свойств оператора или условий его жизни и деятельности. Они возникают из общих особенностей его личности, общего состояния здоровья, системы его подготовки, общей организации труда, условий жизни, взаимоотношений в коллективе и т. д.

Основное достоинство описанной классификации ошибок заключается в том, что она объединяет в единую систему большое число разнородных факторов: учитывает различные причины, порождающие ошибку, ее внешнее проявление, вытекающие из ошибки последствия. Кроме того, она указывает последовательность проведения психологического анализа при расследовании ошибочных действий оператора.

Следует отметить, что даже при наличии четкой системы классификации при анализе ошибок оператора возникает ряд дополнительных трудностей.

Во-первых, чтобы установить сам факт возникновения ошибки, нужно точно знать существующие нормы и допустимые погрешности для рассматриваемых условий работы системы. Так, например, ошибку не обнаружения летчиком цели на экране радиолокатора трудно диагностировать, так как отсутствуют четко заданные предельные нормы минимальной величины и яркости отметки, при превышении которых цель во всех случаях должна обнаруживаться. Еще сложнее устанавливать причины ошибок.

Во-вторых, при анализе ошибки оператора принимаются во внимание причины несвоевременного обнаружения оператором своей ошибки и ее неустранения.

В-третьих, при анализе ошибок оператора бывает сложно установить их первопричину. Так, например, недостатки шкалы индикаторного прибора могут усложнять условия деятельности оператора, но не всегда они являются причиной ошибочных отсчетов показаний с этого индикатора.

В настоящее время разработан ряд конкретных практических методов прогнозирования прагматической надежности работы оператора в системе.

Часто используется разработанная в США *методика оценки коэффициентов ошибок человека* (МОКОЧ). В ее основу положен традиционный подход к анализу надежности технических устройств, модифицированный с учетом большей изменчивости и взаимозависимости действий оператора по сравнению с работой оборудования. Основные этапы МОКОЧ следующие.

1. Определение отказов системы, вызываемых ошибками человека-оператора.

2. Идентификация, регистрация и анализ управляющих действий оператора и их взаимосвязи с задачами системы и ее нормальным функционированием.

3. Оценка относительных вероятностей ошибок человека.

4. Выяснение влияния ошибок человека на отказы в работе системы.

5. Рекомендации по изменениям системы для понижения количества ее отказов до приемлемого уровня.

Основа для моделирования задач и цепочек задач – дерево событий анализа надежности человека. МОКОЧ моделирует события в виде последовательности двойных узловых точек принятия решения. В каждой узловой точке задание выполняется верно или неверно, соответственно, в каждом двойном разветвлении вероятности событий в сумме должны составлять 1. Вероятности, определенные для всех видов деятельности оператора, изображенных ветвями дерева, являются условными, кроме вероятностей, представленных первой ветвью. Когда дерево событий анализа надежности человека сформировано и оценки условных вероятностей произведены, выполняется расчет вероятностей прохождения дерева по каждому пути. Следует отметить, что МОКОЧ – достаточно универсальный метод, применимый для оценки надежности оператора не только в атомной и других отраслях промышленности, но и в транспортных системах. Идеино близок к методу МОКОЧ *структурный метод оценки надежности* выполнения оператором заданной деятельности, предложенный А. И. Губинским [9]. В нем для расчета надежности работы оператора также используются методы теории технической надежности и теории массового обслуживания.

Сущность структурного метода оценки надежности заключается в следующем. Управляющая деятельность оператора разлагается на иерархический ряд уровней, каждый из которых представляется в виде определенной структуры. Так, высший – оперативный – уровень рассматривается в виде структуры решаемых задач. Последующий уровень анализируется в виде структуры отдельной задачи и алгоритма ее решения. Затем следует уровень, на котором анализируются блоки операций, входящие в алгоритм решения. Подобное дробление деятельности оператора происходит вплоть до самого низкого уровня – отдельных психофизиологических актов. Последние рассматриваются как оперативные единицы деятельности. На основе числовых характеристик отдельных оперативных единиц можно произвести расчет вероятности своевременного и безошибочного выполнения оператором отдельных типичных блоков операций, отдельных задач и всей деятельности.

*Метод статистического эталона*, позволяющий прогнозировать надежность работы оператора, был разработан Ю. Г. Фокиным. Как и структурный метод, он основан на определении совокупности показателей вероятности своевременного и безошибочного выполнения оператором отдельных операций. Достоинство этого метода заключается в том, что в нем в большей мере, чем в структурном, учитываются особенности и условия выполняемой деятельности. Деятельность оператора здесь анализируется на так называемом «статистическом эталоне» – условной аппаратуре, где отражены не только конструкция, размещение и другие особенности оборудования рабочего места, но и типы выполняемых оператором действий, их последовательность. При таком подходе представляется возможным анализировать не просто отдельные действия оператора, но и взаимосвязь этих действий, а также оценивать сложность этой взаимосвязи. На основе подобного анализа определяются статистические показатели деятельности, и по ним рассчитывается надежность выполнения оператором рассматриваемой задачи вначале со статистическим эталоном, затем, с учетом поправок, и надежность его работы в реальных условиях [2].

Основная проблема сравнительно новой области науки, касающейся надежности человека, – недостаток данных. На определенном этапе процесса анализа и прогнозирования все методы анализа надежности человека нуждаются в сведениях об ошибках человека.

Для методов синтеза и моделирования требуются номинальные вероятности ошибок человека (ВОЧ) как основные элементы, комбинирование и манипулирование которыми помогает отразить специфические последовательности задач и ситуационных факторов ошибок. Данные нужны не только для выполнения анализа надежности человека, но и для проверки достоверности выводов, моделей и рекомендаций, которые заключают в себе все методики анализа надежности человека.

Решение проблемы сбора данных об ошибках человека на автотракторной технике должно осуществляться в тесной увязке с автоматизированной системой учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ).

Другая возможность регистрации действий операторов и их ошибок – использование имитационных моделей и тренажеров при обучении, переподготовке и квалификационной аттестации специалистов. Возможность совершения ошибки (определяющая знаменатель выражения для ВОЧ) так же хорошо поддается наблюдению и регистрации, как и совершение ошибки (числитель выражения для ВОЧ). Недостатки данных, полученных при моделировании, – их высокая стоимость и тот факт, что участники выполняют задание с необычно высокой степенью мотивации и готовностью к необычным событиям. Исследователи могут использовать эти данные только как оценочные при работе с натурными результатами по ошибкам операторов.

Экспериментальные исследования также позволяют получить сведения об ошибках человека-оператора. В настоящее время в условиях развития программных и аппаратных средств компьютерной техники стоимость оснащения экспериментов существенно снижается.

Экспертные оценки – наименее достоверный источник. В основном эксперты-профессионалы оценивают относительную или абсолютную вероятность ошибки для нескольких описаний задачи, и эти результаты приспособляются для употребляемых ВОЧ путем математического шкалирования. Недостаток этого способа состоит в том, что эксперт не имеет полной информации о задаче и испытывает недостаток в знаниях о количественных характеристиках (например, вероятностях, шансах), с помощью которых он должен давать оценки. С другой стороны, метод практичен, так как

требует меньше затрат времени и средств по сравнению с другими способами сбора данных. Экспертные суждения в действительности не дают данных по ВОЧ, а являются только их оценками и, следовательно, не могут рассматриваться как надежный метод сбора нужной информации.

Между надежностью оператора и технических устройств в СЧМ существует сложное взаимное влияние, которое можно представить схематически.

Как машина, так и оператор могут каждый в отдельности отказывать и выводить из строя систему. С одной стороны, машина из-за ее несовершенства может провоцировать отказы оператора. С другой стороны, и человек может при управлении машиной вызывать в ней отказы.

Однако человек способен и благотворно влиять на надежность системы: он может обнаруживать и устранять отказы машины в случае их возникновения; может даже при отдельных поломках машины удерживать выходные параметры системы в заданных пределах и не допускать при этом ее полного отказа. Существуют и машины, способные в процессе работы системы контролировать состояние и управляющие действиями оператора, способные отфильтровывать его ошибки, в случае нарушения нормальной жизнедеятельности оператора автоматически резервировать его и таким образом предупреждать отказ системы. Исходя из принципа взаимного дополнения и резервирования при конструировании СЧМ специально предусмотрены подобные способы повышения надежности работы системы. Однако и в тех случаях, когда специальные технические средства резервирования не предусмотрены, уже само участие человека с его большими приспособительными и творческими возможностями в системе управления способствует повышению ее надежности.

Повышение надежности СЧМ, в том числе и на автотракторной технике, осуществляется в основном за счет увеличения вероятности безотказной работы технических устройств и обеспечения более надежной работы оператора. Но существует и *другой путь повышения надежности* – создание для оператора условий, способствующих лучшему обнаружению и парированию отказов как можно большего числа звеньев. Такой путь в ряде случаев оказывается более простым и экономически более выгодным.

Анализ работ до 80-х гг. прошлого столетия показывает, что в подавляющем большинстве в качестве показателя безопасности применялась вероятность успешного решения, или вероятность противоположного события: появление аварии (опасного последствия).

Дружинин Г. В. выделил 4 типа систем, различающихся последствиями появления опасных отказов технических средств [3].

1. Влияние отказа на качество функционирования системы компенсируется, выполнение задачи продолжается, но оператор работает с перегрузкой.

2. Отказ устраняется, выполнение задачи продолжается.

3. Выполнение задачи прекращается ввиду аварии.

4. Выполнение задачи продолжается при некомпенсированном отказе технических средств.

Таким образом, при выборе номенклатуры нормируемых показателей надежности технических средств систем «человек–техника» из условий безопасности с учетом действий оператора необходимо перечислить виды опасных отказов, провести анализ возможных последствий их появления, выявить в процессе этого анализа тип системы по указанным признакам.

Котик М. А. считает [6], что *в инженерной психологии надежность работы оператора или технического устройства следует расценивать не только по вероятности невыполнения возложенных функций (как это обычно делается в теории технической надежности), но и по вероятности появления (в связи с данным отказом оператора или технического устройства) определенной категории последствий.*

## **Психологические механизмы надежности человека-оператора**

Рассмотренные ошибки оператора носят статистический характер, и на этом основаны показатели надежности человека-оператора. Но это не означает беспричинность ошибок, поэтому изучение психологических и психофизических механизмов надежности оператора представляется исключительно важной задачей инженерной психологии.



С позиции когнитивной психологии рассматривает психологические причины Д. Норманн, который характеризует «рабочие срывы» с помощью их предполагаемых источников [8]. Группы «рабочих срывов» основаны на модели, названной системой активационно-триггерных схем (АТС), согласно которой последовательности действий контролируются схемами, представляющими собой сенсомоторные познавательные структуры. Работа этой модели основана на активации и выборе таких схем; в ней используется триггерный механизм, срабатывающий при определенных условиях. Любая задача моделируется как иерархия схем. Материнская схема самого высокого уровня эквивалентна понятию цели. Последовательность действий определяется материнской схемой, которая управляет активностью путем включения подсхем; последние контролируют составные элементы последовательности действий и называются дочерними схемами. Моделирование действия по этому принципу создает многочисленные возможности совершения ошибок в последовательности действий. Ошибки могут совершаться как при выборе намерения, так и в спецификации элементов. Схемы могут быть запущены не в том порядке, пропущены или заменены неподходящими схемами. Основные типы срывов следующие:

1. *Срывы как результат ошибок при формировании намерения.* Сюда относятся ошибки, допущенные при выработке решения и при решении задач.

2. *Срывы как результат неправильной активации схем.* Сюда относятся: забывание намерения, нарушение последовательности действий, пропуски этапов или их повторение при выполнении последовательности действий.

3. *Срывы, связанные с ошибочным запуском активной схемы.* Подразумевается запуск схемы не вовремя, смешивание элементов, заимствованных из конкурирующих схем, невозможность запуска из-за отсутствия подходящих условий срабатывания триггерного механизма.

Среди причин ошибочных действий Д. Ризон выделяет два психологических механизма, определяющих вероятность возникновения ошибки [9]. Первый объясняется тем, что люди предпочитают действовать по определенному образцу или шаблону и избегать объяснения способа решения проблемы. Второй механизм заключается

в том, что в условиях неопределенности по выбору нужного действия люди выбирают то, которое использовали ранее, особенно если это действие привело к успеху. Эти два механизма называют сопоставлением по подобию и по частоте риска. Начало последовательности возникновения происшествий Д. Ризон связывает с отрицательными последствиями решений по планированию, составлению расписаний, проектированию и т. д. Предложенная им модель определяет человека-оператора в большей мере как звено в цепи предшествующих нарушений, чем «виновника» конкретного нарушения. Иными словами, ошибочные действия человека и профессиональные происшествия могут быть заложены в форме неоптимальных и даже неверных решений на стадиях разработки, создания, экспертизы, обслуживания не только техники, но и всех компонентов системы деятельности (ее организации условий отбора и подготовки специалистов).

Анализ причин ошибочных действий, которые в операторской деятельности объясняются, в конечном счете, нарушением процессов преобразования информации, регулирующей эту деятельность, представлен в обобщенном виде в работе В. Хакера [8]. Он отмечает, что это нарушение, а порой и отсутствие регулятивной информации, связаны с подпороговым характером ее подачи, с недостатками в обратной связи для регуляции процессов управления, со слабой дифференциацией между параметрами различных сигналов и т. д.

Среди причин ошибочных действий ряд авторов называют: непреднамеренный пропуск отображенной информации, когда она не учитывается при принятии решения; потерю информации вследствие афферентационной и реафферентационной избыточности, когда, например, при неожиданном изменении условий ошибка возникает из-за того, что объективно имеющаяся информация не используется, а непроверенная информация сохраняется; неправильным построением и реализацией правильных и неправильных программ действий, связанных с пространственными, временными, логическими и другими факторами деятельности, с неадекватностью включенных программ текущим событиям. Чем более автоматизирована деятельность, тем чаще она нарушается при экстренном изменении ее программы [7. 8].

В качестве причин возникновения ошибочных действий исследователи, придерживающиеся когнитивного направления, рассматривают также следующие факторы: эмоции, связанные с конкретным событием, профессиональной ситуацией, оперативной задачей; неопределенность информации в случае ее недостаточности для оценки ситуации; значимость события.

Известно, что особенности проявления эмоций, степень выраженности и избирательность когнитивных процессов находятся во взаимной зависимости. Так, классик советской психологии Л. С. Выготский указывал на единство аффекта и интеллекта потому, что когнитивные процессы и эмоции связаны через поведение субъекта, обусловленное его отношением к стимулам окружающей среды [8].

В инженерно-психологических исследованиях, проведенных, главным образом, авиационными психологами, доказано, что присутствует жесткая корреляционная зависимость между: частотой ошибок и временем выполнения операций поиска и декодирования сигнала; временем реакции для различных видов кодирования сигналов; характером моторной реакции (двигательной или речевой); величиной алфавита сигналов и частотой их следования.

Бодров В. А. и Орлов В. Я. справедливо отмечают, что «ошибка является интегральным показателем успешности взаимодействия человека-оператора с системой управления, а ее причины могут быть многообразны и отражать как особенности этого процесса, так и отклонения в требованиях к состоянию, уровню развития, конструктивному соответствию отдельных компонентов деятельности» [9].

### **Контрольные задания**

1. Охарактеризуйте общие положения теории надежности.
2. Дайте определение отказа человека-оператора.
3. Приведите классификацию ошибок человека-оператора.
4. Дайте определение надежности человека-оператора.
5. Назовите психологические механизмы надежности человека-оператора.

## Тема 7. ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

### *Вопросы*

1. Средства и системы отображения информации.
2. Характеристика видов ЭСОВИ.
3. Эргономические характеристики систем отображения информации.

### **Средства и системы отображения информации**

Внедрение систем дистанционного контроля и управления привело к тому, что средства отображения информации стали использоваться в качестве единственного источника информации об управляемом объекте, рабочем процессе и о состоянии самой системы дистанционного управления или СЧМ. Операторы таких систем действуют не с реальными объектами, а с их заместителями или имитирующими их образами, т. е. с информационными моделями реальных объектов. В эргономике принято, что информационная модель есть организованная в соответствии с определенной системой правил совокупность информации о состоянии и функционировании объекта управления и внешней среды. Она является для оператора источником 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. Физически информационная модель реализуется с помощью разнообразных средств отображения информации.

Существует достаточно большое число признаков классификации электронных средств отображения видимой информации (ЭСОВИ).

1. Категории ЭСОВИ по назначению.

*Мнемосхемы* представляют собой графическо-условное изображение взаимосвязи технических систем, на котором методом подсветки отображается состояние станционной инфраструктуры, технологический процесс различных производств, состояние

включенных управляющих устройств. Такие ЭСОВИ обладают высокой наглядностью, воспроизводят как статическую, так и динамическую информацию.

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

- наглядно отображать функционально-техническую схему управляемого объекта и информацию о его состоянии в объеме, необходимом для выполнения оператором возложенных на него функций;
- отображать связи и характер взаимодействия управляемого объекта с другими объектами и внешней средой;
- сигнализировать обо всех существенных нарушениях в работе объекта;
- обеспечивать быстрое выявление возможности локализации и ликвидации неисправности.

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

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

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

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

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

число пересечений. Следует избегать большого числа параллельных линий, расположенных рядом.

Форма и размеры панелей мнемосхем должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов. Предельными углами обзора фронтальной плоскости мнемосхемы должны быть: по вертикали – не более  $90^\circ$ , по горизонтали – не более  $90^\circ$  (по  $45^\circ$  в каждую сторону от нормали к плоскости мнемосхемы).

Если мнемосхема выходит за пределы зоны, ограничиваемой предельными углами обзора, она должна иметь дугообразную форму или состоять из нескольких плоскостей (состыкованных или пространственно разнесенных), повернутых к оператору.

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

Мнемознаки сходных по функциям объектов должны быть максимально унифицированы. Форма мнемознака должна соответствовать основным функциональным или технологическим признакам отображаемого объекта. Допускается брать за основу конструктивную форму объекта или его условное обозначение, принятое в технической документации.

Размеры мнемознака должны обеспечивать оператору наиболее однозначное зрительное восприятие. Угловые размеры мнемознака простой конфигурации должны быть не менее  $20'$ .

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

Сигналы об изменениях состояния объекта (включен–отключен, открыт–закрыт) должны различаться особенно четко цветом, формой или другими признаками. Специальные сигналы (предупредительные, аварийные, неплановой смены состояния и т. п.) должны

отличаться большей интенсивностью (на 30 %–40 %) по сравнению с сигналами нормального режима или быть прерывистыми (с частотой мигания 3–5 Гц и длительностью сигнала не менее 0,05 с). Допускается совместное применение способов.

Фиксированные надписи представляют собой надписи, которые подсвечиваются при срабатывании определенного датчика.

Одноразрядные цифровые (буквенно-цифровые) индикаторы отображают одно знакоместо и применяются в различных приборах для визуализации какого-либо параметра, например температуры.

Многоразрядные цифровые (буквенно-цифровые) индикаторы содержат множество фиксированных знакомест в одной или нескольких текстовых строках и широко применяются в различных электронных приборах для визуализации какого-либо параметра.

Шкальные (аналоговые, или цифровые) индикаторы предназначены для отображения информации в виде светящейся точки или светящегося столбика с положением или высотой, которые меняются в зависимости от входного сигнала. Такие индикаторы широко используются для приблизительной оценки уровня измеряемого параметра, например, для визуализации напряжения электрической сети в заданных границах.

*Экраны (или информационные панели)* представляют собой индикаторы с большой информационной емкостью элементов отображения, не содержащие фиксированных знакомест. Они широко используются для отображения цифровой, буквенной или графической информации о состоянии технических систем, например, времени, температуры, метеоусловий и т. п. Для повышения информационной емкости на таких экранах широко применяется «бегущая строка», что позволяет не ограничивать объем выводимой видимой информации.

*Дисплеи (мониторы)* – общее название устройства, показывающего, отображающего информацию обычно для индивидуального пользователя.

2. Категории ЭСОВИ по виду элементов отображения информации.

*Знакомоделирующие ЭСОВИ*, в которых элементы отображения информации выполняются в виде набора готовых знаков (цифр

или букв), причем знаки, отображаемые с помощью знакомоделирующих ЭСОВИ, имеют более привычные для глаза начертания, чем в случае знаковосинтезирующих ЭСОВИ. В то же время элементы отображения информации в знакомоделирующих ЭСОВИ обязательно должны быть расположены в различных плоскостях, что приводит к их взаимной экранировке (визуальному затемнению). Примером таких устройств могут служить газоразрядные цифровые индикаторы типа ИН-15. Недостатком таких устройств является очень ограниченный набор символов (обычно не более 10).

*Знакосинтезирующие ЭСОВИ*, которые могут выполняться как *матричные* с точечными элементами отображения информации в местах пересечения электродов строк и столбцов, *мозаичные* (каждый элемент отображения информации может включаться или выключаться независимо) или *сегментные*, элементы отображения информации которых представляют собой полоски (сегменты), сгруппированные в знакоместа. В знаковосинтезирующих индикаторах ЭСОВИ изображение создается из элементов, расположенных в одной плоскости, и угол обзора больше, однако электронные схемы для формирования из таких элементов отображения информации знаков зачастую сложнее, чем в знакомоделирующих ЭСОВИ.

*Графические ЭСОВИ*, в которых изображение формируется путем «рисования» графического объекта электронным лучом (электронно-лучевые трубки) или специальными электронными схемами (жидкокристаллические ЭСОВИ). Графические ЭСОВИ, в свою очередь, бывают *функциональными* (векторными) или *растровыми*. Функциональный метод предусматривает построение информационных образов (символьных или графических) путем произвольного отклонения электронного луча. При растровом методе подсветка элементов изображения осуществляется в определенные моменты времени синхронно с постоянной разверткой электронного луча по экрану.

### 3. Категории ЭСОВИ по конструкции.

*Одноразрядные дискретные индикаторы*, которые формируют отдельный символ по знакомодулирующей или знаковосинтезирующей системе.

*Многоразрядные дискретные индикаторы*, которые формируют несколько символов по знакомодулирующей или знаковосинтезирующей системе в одной или нескольких строках.



*Цельные*, в которых формирование изображения происходит по всей площади согласно единому физическому принципу. Такие ЭСОВИ невозможно разделить на более мелкие элементы.

*Наборные*, которые состоят из набора дискретных элементов отображения. В этих ЭСОВИ для получения изображения по всей площади экрана необходимы специальные электронные схемы управления.

*Проекционные*, которые позволяют создавать видимое изображение на любой отражающей поверхности. Они широко применяются в качестве демонстрационных экранов для большой аудитории.

4. Категории ЭСОВИ по физическому принципу создания изображения.

*Активные*, в которых электрическая энергия непосредственно преобразуется в свет, формирующий изображение. Для просмотра видеoinформации в таком ЭСОВИ не требуется внешнее освещение.

*Пассивные*, которые только модулируют внешний световой поток, создающий видимое изображение. Для просмотра видеoinформации в таком ЭСОВИ обязательно требуется внешнее освещение.

5. Категории ЭСОВИ по физическому принципу действия.

*Электронно-лучевые ЭСОВИ*, или *электронно-лучевые трубки* (ЭЛТ), которые являлись до недавнего времени наиболее распространенным и важным устройством в технике отображения информации. Работа ЭЛТ основана на создании управляемого сфокусированного пучка электронов, воздействующего на покрытый люминофорным веществом экран и вызывающего свечение отдельных его участков. Они относятся к группе активных ЭСОВИ.

*Светодиодные (полупроводниковые) ЭСОВИ*, которые представляют собой твердотельные приборы, работающие на излучательных *p-n*-переходах (светодиодах), и применяются для отображения знаковой информации при относительно небольших размерах символа и ограниченном числе знаков. Для получения светодиодных экранов используют наборную конструкцию элементов отображения информации. Они относятся к группе активных ЭСОВИ.

*Электролюминесцентные ЭСОВИ*, которые построены на основе порошковых люминофоров, возбуждаемых постоянным напряжением, или с использованием люминофоров в виде тонкой

пленки, возбуждаемых высокочастотным переменным напряжением. Они относятся к группе активных ЭСОВИ.

*Вакуумные люминесцентные ЭСОВИ*, физический принцип действия которых основан на использовании явления люминесценции, возникающей в катодоалюминофорах при их бомбардировке электронным пучком. Они относятся к группе активных ЭСОВИ.

*Газоразрядные ЭСОВИ*, принцип действия которых основан на ионизации газа вблизи катода, что вызывает образование светящейся области (плазмы). Они относятся к группе активных ЭСОВИ.

*Жидкокристаллические (ЖКИ) ЭСОВИ*, которые, в отличие от активных приборов, не генерируют свет, а требуют дополнительной внешней подсветки, выполняя роль модулятора и работая в режиме пропускания или отражения света. Регулирование светового потока достигается тем, что жидкокристаллические ячейки помещаются на пути света, и коэффициент оптического пропускания ячейки за счет прикладывания электрического поля изменяется. Они относятся к группе пассивных ЭСОВИ.

*Электрохромные ЭСОВИ*, принцип действия которых основан на изменении цвета вещества под действием приложенного электрического поля, например, на восстановлении металлических окислов, при этом изменяется цвет пленки, который может сохраняться длительное время. Такие индикаторы требуют специального процесса – стирания для удаления предыдущего изображения. Они относятся к группе пассивных ЭСОВИ.

*Электрофоретические ЭСОВИ*, принцип действия которых основан на явлении электрофореза, под которым понимается направленное движение коллоидных частиц под действием внешнего электрического поля, в результате чего изменяется коэффициент отражения и цвет рабочего вещества. Они относятся к группе пассивных ЭСОВИ.

6. Категории ЭСОВИ по цвету получаемого изображения.

*Черно-белые ЭСОВИ*, в которых изображение формируется в градации черного цвета.

*Монохромные ЭСОВИ*, в которых изображение формируется в градации одного цвета.

*Цветные ЭСОВИ*, в которых изображение формируется в градации смеси трех основных цветов: красный, зеленый, голубой (RGB-система), что позволяет создавать изображения любого цвета с любой яркостью и контрастностью.

7. Категории ЭСОВИ по форме поверхности экрана.

*Выпуклые ЭСОВИ*, отображающая поверхность которых имеет существенную кривизну. Это вызывает восприятие прямых линий оператором в виде изогнутых линий.

*Плоские ЭСОВИ*, отображающая поверхность которых имеет существенно малую кривизну (или таковая отсутствует), что обеспечивает правильное восприятие прямых линий оператором.

8. Категории ЭСОВИ по способу управления с поверхности.

*Неуправляемые ЭСОВИ*, в которых поверхность экрана невозможно использовать для ввода команд (использовать в качестве клавиатуры).

*Управляемые (сенсорные) ЭСОВИ*, в которых клавиатура и экран, на который выводится информация, объединены в одно целое. Вместе с необходимым изображением на свободных местах экрана формируются изображения виртуальных кнопок управления, которые могут потребоваться в данном режиме работы. Для управления сенсором пользователь дотрагивается до экрана в соответствующих точках. Сообщение о прикосновении передается в микроконтроллер, который организует нужную реакцию на указание пользователя.

Для оценки устройств используются следующие критерии: доступность; качество; удобство; гибкость; оперативность; стоимость; надежность.

Под доступностью следует понимать возможность средства отображения информации обслуживать широкий круг субъектов. Удобство работы характеризует степень удовлетворения потребностей клиента в обеспечении необходимыми инструментами коммуникации достаточной мощности. Гибкость системы отражает ее способность перестраиваться к изменению параметров при функционировании для достижения максимального эффекта. Методика выбора средств отображения информации предполагает также оценку устройств по количеству оттенков и цветов, эргономическим характеристикам, соответствию санитарно-гигиеническим требованиям и так далее.

## **Характеристика видов ЭСОВИ**

*Мультимедийные проекторы.* Эти современные средства отображения информации предназначены для воспроизведения

данных, полученных с компьютера, видеокамеры, видеомagnитофона, проигрывателя DVD. Сведения от подключенного устройства поступают на большой экран. В большинстве случаев мультимедийные проекторы выступают как средства отображения информации индивидуального пользования. Общий принцип функционирования таких устройств напоминает слайд- и кинопроектор. Однако в данном случае вместо пленки установлена жидкокристаллическая прозрачная панель.

Во многие мультимедийные проекторы встраиваются звуковые средства отображения информации. Часто устройства используются при проведении презентаций. В этих случаях полезной будет функция регулирования громкости пультом. Но для высококачественного воспроизведения звуковой дорожки в большой аудитории имеющихся возможностей проектора будет недостаточно, поэтому целесообразнее применять аудиосистемы.

**LCD-мониторы.** Жидкокристаллические широкоформатные мониторы с диагоналями 32, 42, 46, 65, 105 дюймов используются как технические средства отображения информации в общественных местах. Их устанавливают в аэропортах, на вокзалах, в торговых центрах и супермаркетах, в конференц-залах. Они являются неотъемлемым элементом ноутбуков, компьютеров, систем видеонаблюдения.

**Плазменные дисплеи.** Их экраны могут быть намного тоньше, чем у телевизора, но при этом от них не исходит вредных электромагнитных потоков. Кроме размера, достоинством дисплеев считается более высокая контрастность картинки и угол обзора. В отличие от кинескопов, в них нет мерцания изображения. Это, соответственно, предотвращает утомление глаз зрителей при просмотре. Благодаря своим достоинствам эти средства отображения информации нашли широкое применение в аэропортах и на выставках, в телевизионных студиях. В большинстве панелей соотношение сторон 16:9. Это обуславливает их широкое применение в домашних кинотеатрах. Экран панелей абсолютно плоский, что обуславливает отсутствие искажений при передаче изображения. У панелей нет неравномерности от центра к краям, благодаря чему значительно увеличивается угол обзора.

**Интерактивные доски.** Эти средства отображения информации объединяют в себе два инструмента: экран и обычную доску.

Для работы с таким устройством не требуется особых навыков или специальных знаний. Перед началом использования интерактивную доску подключают к проектору и компьютеру. На нее проецируется картинка с любого источника. Пользователь может работать с изображением непосредственно на доске. Манипуляции с помощью компьютерной мыши заменяются касаниями экрана. На доске можно делать пометки, показывать слайды, чертить схемы, рисовать, в режиме реального времени можно вносить любые корректировки, сохранять их как файлы для последующего редактирования, печати, рассылки.

**Проекционные экраны.** При выборе этих средств отображения данных необходимо учесть ряд условий. В первую очередь, *размер экрана* будет зависеть от количества зрителей, площади аудитории, мощности проекционного оборудования, условий освещения. Ближайшие ряды должны располагаться на расстоянии, равном двойной ширине монитора, а самые дальние – шести диагоналям. При этом вся поверхность экрана, в том числе и нижняя ее часть, должна просматриваться с любого места, включая угловые и самые дальние. Если в помещении горизонтальный пол, то расстояние до нижнего края монитора будет, порядка 1,5 м. В этом случае для небольших комнат (класса или кабинета для совещаний) оптимальный размер экрана по вертикали определяется высотой, которая остается до потолка.

**Ситуационные центры.** В последние годы наблюдается бурное развитие различных информационных технологий. Это обусловило возникновение больших массивов аудио-, видео-, коммуникационных данных. Их необходимо принять, структурировать, проанализировать для последующего принятия управленческих решений. Вместе с ускорением внедрения информационных технологий сокращается и время на решение тех или иных насущных задач, а также проблем, возникающих в кризисных условиях. Для оптимального принятия решений при минимальных временных затратах создаются такие средства сбора и отображения информации, как ситуационные центры. Они позволяют, кроме прочего, смоделировать различные варианты развития событий, спрогнозировать последствия конкретных действий заранее, не дожидаясь возникновения кризисных условий.

В ситуационных центрах осуществляется мониторинг состояния объектов управления, прогнозирование ситуации в соответствии с поступающими сведениями; экспертная оценка решений, их оптимизация и управление кризисными ситуациями.

Для реализации поставленных задач необходимы большие объемы и интенсивность поступления входящей информации. Это обуславливает необходимость использования современных средств, обеспечивающих высокую возможность приема, обработки, воспроизведения и анализа информации.

В качестве одного из ключевых элементов выступает экран для коллективного пользования, позволяющий создавать общий информационный язык для работников центра. Экран может быть представлен в виде проекционной установки или видеостены, которые являются системами мультитекранного отображения различных данных. Это могут быть, например, электронные карты, диаграммы и графики, текстовые документы в электронной форме и т. д. Видеостены отличаются модульной конструкцией, благодаря чему они могут быть адаптированы под конкретные задачи и помещения.

**Видео-конференц-связь.** Эти системы обеспечивают передачу звука и изображения по телекоммуникационным сетям. В них применяются различные конфигурации терминалов. Они могут быть представлены, например, в виде автономных устройств или создаваться на основе персональных компьютеров. Такие связанные терминалы применяются в ситуациях, когда коммуникация осуществляется между удаленными пользователями, участвующими в совещании. В составе любой системы присутствуют: видеочка, кодек, микрофон, устройства для отображения видеоряда и воспроизведения звука. Обязательным атрибутом выступают микрофоны. Они нужны не только для того, чтобы участники могли слышать друг друга, но и для коммуникации с другими центрами или офисами. Для этих целей не подходят обычные микрофоны. Целесообразнее использовать так называемые «конференц-системы» – микрофонные пульты. Их конструкция зависит от участника, который будет пользователем. Например, конфигурация пульта для руководителя будет отличаться от модели для рядового сотрудника.

## Эргономические характеристики систем отображения информации

Психофизиологические требования, предъявляемые к ЭСОВИ, определяются, в первую очередь, особенностями зрения. Эффективность восприятия информации зависит от типа символов, их формы и угловых размеров, уровня яркости и контрастности между изображением и фоном, цвета воспринимаемых условных знаков, уровня освещенности, величины углов обзора и расстояния до лицевых панелей. Необходимо также учитывать и психические процессы, включенные в структуру выполняемой деятельности оператора.

В ЭСОВИ для оценки средств отображения используют суммарную характеристику, определяемую как «читаемость». Читаемость оценивается по скорости и точности различения.

Читаемость элементов ЭСОВИ зависит от правильной разработки отдельных деталей. Так, важнейшим является выбор алфавита символов, используемых в качестве кодов: геометрических фигур, цифр, знаков. Легче и быстрее опознаются цифры, образованные прямыми линиями: 1, 4, 7 (в порядке легкости опознания). Применяются: шрифт Бергера, образованный прямолинейными элементами; шрифт Макворта, считающийся лучшим по начертанию, и шрифт Слейта, считающийся лучшим по опознанию.

Толщина линий символов зависит от освещенности и контраста символов с фоном (т. е. прямой или обратный контраст). Наиболее надежно опознаются О, Т, Р, У, Ф, И, Д, К, Н, Ь, Г, А, Е. Наибольшее число ошибок восприятия приходится на буквы Ш, З, М, Ц, Ы, Э, Ю, Я, Б, В, Щ, П.

По точности опознания простейшие фигуры располагаются в следующем порядке: треугольник, ромб, прямоугольник, круг, квадрат.

При воспроизведении белых цифр на черном фоне толщину линии рекомендуется принимать равной  $\frac{1}{10}$  высоты цифр. При воспроизведении черных цифр на белом фоне толщина линий должна быть равна  $\frac{1}{6}$  высоты цифр. Ширина цифр –  $\frac{2}{3}$  высоты. Высокие узкие цифры опознаются лучше при слабом освещении. Размеры знаков должны соответствовать расстоянию наблюдения.

При совмещении цветовой статической информации с цветовой динамической рекомендуется использовать кодирование не только по цвету, но и по насыщенности. Статическая информация выполняется в малонасыщенных цветах, динамическая – в насыщенных цветах.

Кодирование яркостью менее предпочтительно по сравнению с другими способами кодирования, поскольку вызывает большую утомляемость оператора. Не рекомендуется использовать более четырех уровней яркости (обычно – два уровня).

Кодирование частотой мелькания (мерцания) позволяет существенно сократить время поиска информации. Рекомендуется использовать не более четырех градаций этого признака. Диапазон частот мельканий – 28 Гц.

Мелькание быстро утомляет оператора, поэтому ограничивают количество одновременно мерцающих объектов до двух или трех.

Алфавит символов и принципы его реализации выбирают из следующих соображений:

- наиболее важная информация отображается символами больших размеров, чем остальные;
- рекомендуемое число знаков в цифровом коде – 10, буквенном – 20, цветовом – 78.

В одном устройстве не применяют символы типа «негатив» и «позитив».

В настоящее время действует ряд методик эргономического проектирования аппаратуры. На общие эргономические показатели качества изделий введен ГОСТ 16035–70.

### **Контрольные задания**

1. Назовите основные признаки классификации ЭСОВИ.
2. Назовите критерии оценки ЭСОВИ.
3. Охарактеризуйте виды ЭСОВИ.
4. Приведите особенности работы ситуационных центров.
5. Назовите эргономические характеристики систем отображения информации.



## **Тема 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### *Вопросы*

1. Проектирование систем отображения информации.
2. Использование слухового и тактильного каналов для отображения информации.
3. Системы автоматизации эргономического проектирования.
4. Использование виртуальной реальности в САПР и эргономике.
5. Перспективы применения моделирования виртуальных реальностей в эргономическом проектировании.

### **Проектирование систем отображения информации**

Разработка системы отображения информации состоит из следующих этапов.

1. Психологический анализ деятельности оператора и определение всех сведений об информации, необходимой ему для выполнения заданных функций.

2. Согласование интенсивности потока сигналов с реальными возможностями человека-оператора по их приему, что важно для достижения наивысшей эффективности работы системы.

3. Выбор конкретных типов индикаторов, наиболее полно соответствующих характеру решаемых задач и возможностям оператора по приему и переработке информации.

4. Композиционное решение и определение конкретной структуры системы отображения информации:

- выбор способа кодирования и длины алфавита сигналов;
- выбор характеристик отдельных индикаторов;
- распределение информации между ними;
- определение их взаимосвязи и взаимного расположения;
- пространственная компоновка индикаторов;
- композиционное и цветовое решение системы.

5. Разработка и испытание опытных образцов, оценка полученных решений построения системы и проведение последовательной коррекции ее структуры для получения приемлемых значений ее выходных характеристик.

При размещении средств отображения информации необходимо учитывать возможности оператора по восприятию зрительной информации и размеры поля зрения оператора.

Сначала были внедрены ЭСОВИ, дающие двухмерные изображения. Однако в ряде случаев (при проектировании корпусов сельскохозяйственных машин и т. п.) предпочтительнее трехмерная индикация. ЭСОВИ может воспроизводить трехмерные изображения в аксонометрической (или иной) проекции; невидимые наблюдателю линии стираются, изображение можно поворачивать, чтобы оператор мог осмотреть его с разных сторон. Не менее перспективно использование трехмерных ЭСОВИ, основанных на голографии. Новые возможности открывает объемная индикация, при которой изображения формируются не на плоскости, а в объеме, заполненном газом. От внешних источников света в газовую среду направляются два луча; каждый из них изменяет энергетическое состояние молекул газа, и в точке пересечения лучей возникает флюоресценция (свечение) газа. При быстром перемещении лучей появляется светящийся след, который при многократном повторении воспринимается как законченное изображение.

### **Использование слухового и тактильного каналов для отображения информации**

*Сигнализаторы звуковые (неречевых сообщений).* Сигнализатор – это индикатор, предназначенный для предъявления человеку сведений в случаях, когда требуется специальное привлечение его внимания. К звуковым сигнализаторам неречевых сообщений относятся источники звука, используемые на рабочем месте для подачи аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов (например, сообщение одномерное; сообщение короткое; сообщение требует немедленных действий; место приема информации слишком освещено или затемнено; повышенные ускорения; зрительный анализатор оператора занят и пр.). Звуковые сигнализаторы неречевых сообщений должны: обеспечивать привлечение внимания работающего оператора путем неожиданной подачи сигнала, изменением уровня звукового давления, модуляции по частоте и уровню звукового давления, увеличением длительности

звучания, частоты следования; сообщать оператору об отказе или изменениях в СЧМ; не перегружать слуховой анализатор работающего оператора; не отвлекать внимание других операторов; не мешать речевой связи; не утомлять работающего оператора, не оглушать его при увеличении уровня звукового давления сигнала и не пугать при неожиданном появлении, что может привести к нарушению деятельности оператора.

Частотная характеристика тональных сигналов должна быть в пределах полосы 200–5000 Гц. При наличии высокочастотного маскирующего шума допускается расширение предела до 10 000 Гц. При наличии в помещении постов управления акустических экранов частотная характеристика тональных сигналов рекомендуется в пределах полосы 200–1000 Гц. При изменениях частоты тона шаг изменения должен быть не менее 3 % по отношению к исходной частоте. Предупреждающие и аварийные сигналы должны быть прерывистыми. Несущая частота предупреждающих сигналов должна быть 200–600 Гц при длительности сигналов и интервалов между ними 1–3 с. Несущая частота аварийных сигналов должна быть 800–2000 Гц при длительности интервалов 0,2–0,8 с.

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

Длительность отдельных сигналов и интервалов между ними должна быть не менее 0,2 с. При изменении длительности звуковых посылок шаг измерения должен быть не менее 25 % по отношению к исходной длительности. Длительность звучания интенсивных звуковых сигналов не должна превышать 10 с. Модуляция сигналов должна производиться изменениями амплитуды и частоты. При амплитудном модулировании глубина модуляции должна быть

не менее 12 %. При частотном модулировании глубина модуляции должна быть не менее 3 % по отношению к несущей частоте.

При маскировке шумом используют звуковые сигналы, частота которых больше отличается от наиболее интенсивных частот шума. Необходимо обеспечивать превышение порога маскировки звуковых сигналов от 10 до 16 дБ. При маскировке тональными сигналами используют звуковые сигналы, частота которых максимально отличается от частоты маскирующего тона.

**Восприятие речевых сообщений.** Одним из наиболее эффективных средств передачи информации человеку является речь. Вопрос о характеристиках речевых сигналов возникает, прежде всего, при разработке аппаратуры, предназначенной для передачи информации от человека к человеку, а также при обмене информацией между человеком и машиной.

Важным условием восприятия речи является различие длительности произнесения отдельных звуков и их комбинаций. Среднее время длительности произнесения гласного равно примерно 0,35 с. Длительность согласных колеблется от 0,02 до 0,30 с. При восприятии потока речи особенно важно различие интервалов между словами и группами слов. Восприятие и понимание речевых сообщений (аудирование) зависит от темпа их передачи. Оптимальным считается темп 120 слов/мин. Сообщения достаточно хорошо воспринимаются при темпе речи 160 слов/мин.

Чтобы речевые звуки были понятными, их интенсивность должна превышать интенсивность шумов примерно на 6 дБ. Если одновременно увеличивать уровни речи и шума, оставляя константным их отношение, то разборчивость речи будет повышаться, но лишь до некоторого предела, за которым наблюдается ее падение. При увеличении уровня речи до 120 дБ и шума до 115 дБ разборчивость речи ухудшается примерно на 20 %.

При восприятии отдельных *слов* и *словосочетаний* существенную роль играют их фонетические характеристики; при восприятии *словосочетаний* в действие вступают синтаксические зависимости, а фонетические отступают на второй план. Точность опознавания слов на фоне белого шума (при отношении речи к шуму в 10 дБ) зависит от длины слов. Если односложные слова правильно аудируются лишь в 12,5 % случаев, то шестисложные – в 40,6 %. Более длинное слово обладает большим числом опознавательных признаков, что

обеспечивает и более точное его аудирование. Наблюдается тенденция к более точному аудированию слов, начинающих с гласного звука, нежели с согласного. Имеет значение место ударного слога. Если ударение находится в конце слова, то все слово опознается значительно лучше.

На восприятие слов влияние оказывают фонетические закономерности, при восприятии словосочетаний – синтаксические закономерности.

При переходе к фразам слушатель начинает ориентироваться уже не на отдельные элементы предложения, а на весь его сложный грамматический каркас.

Длина фразы (на фоне белого шума) не имеет для слушателя особого значения примерно до уровня в 11 слов. Превышение этого числа приводит к существенному ухудшению аудирования. С увеличением глубины точность аудирования снижается, глубокие части фразы улавливаются слушателем намного хуже, чем мелкие, критической величиной является глубина фразы, равная  $7 \pm 2$ .

Аудирование представляет собой многоуровневый процесс, в котором сочетаются фонетический, синтаксический и семантический уровни.

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

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

Голос, используемый для записи словесных сигналов предостережения, должен иметь хорошую дикцию и быть хорошо развитым. Словесный сигнал предостережения дается официальным, беспристрастным и спокойным голосом. Слова должны быть разборчивыми, соответствующими смыслу ситуации (условий) и краткими.

Критичные сигналы предостережения следует повторять с паузой не менее 3 с между сообщениями до тех пор, пока положение не будет исправлено.

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

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

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

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

Наибольшее количество информации оператор получает через зрительный и слуховой каналы, что может привести к их перегрузке. Вследствие действия определенных препятствий сигналы этих модальностей могут приходиться существенно искаженными, что приведет к погрешности в восприятии информации. В связи с этим осуществляется поиск возможностей передачи информации по другим каналам восприятия информации человеком-оператором. Наиболее перспективным считается использование тактильного анализатора. Экспериментальные исследования показали, что осязательный образ формируется на базе синтеза значительного количества тактильных и кинестетических сигналов. Известно, что кожа человека воспринимает термические, химические, механические и электрические раздражители. Если использование первых двух пока невозможно для передачи информации, то в отношении двух последних есть определенные достижения.

Механические раздражения передаются с помощью вибраторов и воспринимаются различными частями кожи тела человека по-разному. Абсолютная чувствительность измеряется минимальным давлением, необходимым для возникновения ощущения: наиболее чувствительные зоны – губы, язык, наименее чувствительные зоны – спина, живот.

Пространственная чувствительность тоже зависит не только от характеристик раздражителя, но и от особенностей определенных зон тела человека. Дифференциальный пространственный порог минимальный (на губах и кончиках пальцев) – 12,5 мм, максимальный (на спине и плечах) – 60,0 мм. Наибольшая чувствительность наблюдается при частоте вибрации 100–300 Гц.

Известен интересный способ передачи информации с помощью вибраторов. Человеческую речь записывают на пленку и воспроизводят в несколько раз медленнее нормального темпа. Полученные низкочастотные электрические сигналы превращают в механические колебания пластинки, которая касается поверхности кожи человека. После нескольких тренировок операторы могут определять основные звуки языка. Этот метод может быть использован при передаче сигналов в условиях значительных шумов, когда слуховой анализатор действует неэффективно.

Кроме того, при нарушениях зрения человека (слепые и слепоглухие) роль тактильного анализатора становится ведущей, потому что это единственный канал, по которому информация от внешней среды передается в мозг.

Наряду с достижениями в этом направлении есть и определенные недостатки, которые сдерживают использование механического способа передачи информации. Прежде всего, это несовершенство самих вибраторов, а именно их громоздкость и инерционность. Поэтому ведутся разработки по использованию электротактильной стимуляции для передачи информации.

## **Системы автоматизации эргономического проектирования**

Программа радикального изменения эксперимента в эргономике была предложена американским ученым Дж. Ликлайдером в 1962 г. и в то время считалась нереальной [4, 5]. Она была призвана обеспечить максимальное соответствие эксперимента практике создания систем с ее жесткими ограничениями по времени проведения соответствующих работ, и сводилась к разработке:

- автоматических методов исследования;
- принципиально новых и более эффективных способов планирования эксперимента;

- таксономии функций СЧМ;
- программ для ЭВМ, моделирующих СЧМ.

Эффективным средством эргономического проектирования становятся автоматизированные системы проектирования (САПР), состоящие из ЭВМ, графических устройств ввода-вывода и разнообразных пакетов программного обеспечения. Автоматизированные системы эргономического проектирования развиваются под воздействием и в русле общего процесса автоматизации проектирования. По мере совершенствования программных и аппаратных средств вычислительной техники, интерфейса человек–САПР все большее число задач эргономического проектирования решается с применением указанных систем.

Конкуренция на рынках сбыта побуждает промышленные предприятия сокращать сроки проектирования и производства изделий при одновременном повышении их качества. Поиски путей решения названных задач стимулируют развитие и применение систем автоматизированного проектирования, в том числе и эргономического.

Удовлетворительный анализ бесконечного числа различий в строении человеческого тела и учет всех возможных перемещений можно провести только при помощи автоматизации. Автоматизированные системы эргономического проектирования сопряжены с банками эргономических данных. Такие банки созданы в США, Германии, Франции и других странах. В целом ряде стран исследования и разработки в этом направлении проводились по заказам военных ведомств, и поэтому о них имелось мало сведений.

Основной целью таких работ является формирование единых источников, содержащих тщательно проверенные данные антропометрических измерений и количественные показатели (и различные зависимости между ними) психофизиологических возможностей и особенностей человека, для использования их в проектировании, разработке и оценке машин, оборудования, производственной среды, систем управления, промышленных изделий, а также при строительстве зданий. Не менее важной целью является повышение уровня эргономических исследований путем разработки стандартов на условия проведения экспериментов, процедуры, методы и показатели, а также на формы представления получаемых результатов.



Во Франции на базе лаборатории антропологии и экологии человека Парижского университета им. Р. Декарта функционирует банк биометрических данных. Банк включает антропометрические данные как французского населения, так и населения других европейских стран. Создание банка стимулировалось необходимостью в эргономической проработке все более усложняющихся систем и оборудования на ранних этапах проектирования. Это, в свою очередь, потребовало учета различных антропометрических характеристик тех групп населения, которые будут работать на этом оборудовании. Кроме того, необходим учет антропометрических характеристик населения тех стран, куда предполагается экспортировать оборудование.

Антропометрические характеристики, накопленные банком биометрических данных, позволяют вычислять для каждого человека наиболее вероятные величины размеров, которые не были замерены экспериментальным путем. Кроме того, возможно реконструировать полный набор антропометрических характеристик репрезентативной выборки пользователей конкретного оборудования, даже если первоначально имелись некоторые размеры, чаще всего только вес и рост. Данные четко определены и выражены в сжатой форме с целью сокращения времени запроса, включая и возможность речевого общения с банком.

Банк данных содержит информацию, которая может использоваться не только при разработке систем и оборудования, но и общественного транспорта, потребительских изделий.

Лучшим эргономическим пакетом считают Sammie, с помощью которого можно построить объемную модель рабочего места, поместить оператора внутри рабочего места, показать модель разными способами, модифицировать модель и получить оценку качества решения. Моделями можно манипулировать на экране дисплея для получения необходимых оценок физического взаимодействия человека и рабочего места или оценок действия человека при решении производственной задачи. Пакет Sammie можно также использовать для изучения человеко-машинных взаимодействий в робототехнических комплексах.

Основой системы Sammie является иерархическая структура данных, которая позволяет создавать объемную модель, описывающую рабочее место, запоминать это описание, модифицировать

и выводить его на экран. С помощью такой структуры данных можно:

- построить объемную модель рабочего места;
- поместить человека-оператора внутри рабочего места;
- показать модель различными способами;
- модифицировать модель в интерактивном режиме работы и получить оценку качества решения.

Модель человека может быть основана на любых доступных данных о населении региона. Длина частей тела и форма тела различны для разных групп населения, поэтому необходимо иметь возможность моделировать различные типы телосложения. На число возможных положений модели влияет также число физически возможных перемещений суставов конечностей человека (подвижность суставов).

Основные характеристики конструкции, проверяемые с помощью пакета Sammie: обзор, досягаемость, доступ и рабочая поза. Например, пакет позволяет выводить изображение рабочего места так, как его видит водитель. Кроме этой возможности, можно путем наложения регулярной сетки на видимую область модели легко определить места появления световых бликов. Следующая возможность – получение «зеркального вида» отраженного изображения, которое может наблюдать водитель в зеркале заднего вида.

Тесты на досягаемость могут потребоваться при проверке расположения точек на конструкции или размещения поверхности. По результатам проверки можно определить, насколько удачно расположен тот или иной объект в исследуемой области. Примером может служить проверка на досягаемость приборов на панели управления транспортным средством.

С помощью пакета Sammie можно определить доступность рабочего места – определение максимальной комплектации водителя, т. е. каким телосложением должен обладать водитель, чтобы он смог управлять машиной.

Эргономические пакеты могут использоваться для исследования широкого спектра конструкций различного назначения. Конкретно пакет Sammie был использован в следующих областях:

- средства передвижения (электрокары, автобусы, кабины грузовых автомобилей, кабины самолетов, космические корабли);
- управление роботами и определение их размещения;

- погрузка материалов (погрузчики, краны, грузовые подъемники);
- производство (установка сборочной линии, размещение горной техники);
- оборудование помещений (размещение мебели в конторах, залах управления и в кухнях).

### **Использование виртуальной реальности в САПР и эргономике**

Начало развитию средств виртуальной реальности было положено в исследованиях, проводившихся в рамках создания летных тренажеров. Соответственно, первые приложения новой компьютерной технологии были связаны с имитацией функционирования летательных аппаратов, космических кораблей, автомобилей и других сложных систем. Интенсивное развитие аппаратных средств, их общее удешевление способствовали более широкому распространению систем виртуальной реальности. Сегодня наряду с тренажерами, компьютерными играми, кино и анимацией виртуальная реальность используется в САПР. Узким местом в создании новых изделий может оказаться этап, связанный с изготовлением и тестированием опытных образцов или макетов. Одним из эффективных средств является применение систем виртуального макетирования.

Виртуальный прототип – это интегрированное цифровое представление изделия и его свойств, которое отражает пространственное взаимодействие компонентов и позволяет оценить работоспособность конструкции в целом. Виртуальный макет формируется по данным главной модели.

Система виртуального макетирования Virtual Mockup входит в состав пакета EDS Unigraphics и включает несколько функциональных модулей.

Модуль UG/Reality предназначен для моделирования поведения виртуальных макетов изделий, процессов сборки и обслуживания узлов. Пользователи имеют возможность программировать поведение макета, определяя его реакцию на действие различных органов управления: функциональные кнопки, переключатели, индикаторы и т. д.

Модуль UG/Manikin предоставляет средства анимации виртуальных людей. Он расширяет возможности UG/Reality и позволяет

моделировать поведение оператора, обслуживающего проектируемое изделие, или рабочего, выполняющего сборку-разборку узлов. С помощью манекенов можно определять границы сферы обзора и доступность участков крепежа деталей, анализировать технологию монтажа и эксплуатации проектируемых устройств. Пользователь может также управлять поведением манекенов, которые доступны для визуализации средствами модулей динамической визуализации.

Крупнейшим пользователем UG является General Motors. Так, одно из его подразделений, специализирующееся на выпуске железнодорожных локомотивов, использует пакет с 1992 года. Применение средств автоматизации позволило сократить срок разработки новых моделей тепловозов и электровозов. При проектировании локомотивов учитываются не только технические, но и весьма жесткие эргономические требования.

Компания Mechanical dynamics Inc (MDI) известна как разработчик программного комплекса имитационного моделирования механических систем ADAMS. Программные продукты компании MDI предоставляются в виде специализированных модулей.

Модуль ADAMS/Driver – модуль имитационного моделирования действий водителя по управлению автомобилем. Позволяет моделировать операции с рулевым управлением, педалями газа, торможения и сцепления, переключение передач, а также вызванные ими маневры автомобиля, определяет углы поворота рулевого колеса, положения педалей газа и сцепления, силу нажатия на педаль тормоза, номер передачи. Модуль может быть адаптирован к специфике динамических характеристик конкретного изделия и применяться при разработке пассажирских и гоночных автомобилей, легких и тяжелых грузовиков.

Модуль ADAMS/Android – модуль создания графической модели человеческого тела. Позволяет формировать реалистичную динамическую модель человеческого тела: водителя или пассажира в автомобиле, оператора у рычагов управления или детей с родителями на карусели. Используется при изучении взаимодействия в комплексной СЧМ для анализа эргономики изделий, их безопасности и комфортабельности. Используя базу данных типовых характеристик человеческого тела, ADAMS/Android автоматически создает модель тела мужчины, женщины, ребенка. Пользователь

также может задать конкретные размеры частей тела. В суставах могут быть заданы движения, зависящие от времени, и приложены силы, зависящие от времени и перемещения.

### **Перспективы применения моделирования виртуальных реальностей в эргономическом проектировании**

Принципиально новые возможности для эргономического моделирования и проектирования открываются с созданием мира виртуальной реальности. Когда в физике элементарных частиц были обнаружены частицы, возникающие только в акте взаимодействия других частиц, они были названы виртуальными (от англ. *virtual* – фактически, действительно). На основании анализа работ, посвященных изучению феномена виртуальной реальности, выделяют три наиболее характерные ее особенности. Виртуальная реальность продуцируется активностью какой-либо другой реальности, внешней по отношению к ней, поэтому ее называют искусственной, или сотворенной, порожденной. Виртуальная реальность существует только «здесь и теперь». Возможность взаимодействия со всеми другими реальностями, в том числе и с порождающей, как независимыми друг от друга, – еще одна особенность виртуальной реальности.

Разработка нового поколения ЭВМ и новых принципов моделирования позволила моделировать виртуальные реальности. В основе каждого прикладного случая виртуальной реальности – база данных, используемая компьютером для создания и демонстрации графических программ. Однако, в отличие от других графических программ, ВР-компьютер посредством приводов, присоединенных к шлему и перчаткам, улавливает движение головы и тела человека и, соответственно, регулирует наблюдаемый им мир. Пользуясь перчаткой, джойстиком, мышью или другими устройствами, человек взаимодействует с образами на экране, преодолевает чувство недоверия, а создаваемое зрелище приобретает характер реальности. Конечная цель виртуальной реальности заключается в том, чтобы у пользователя возникло ощущение реальности созданного компьютером мира и его нахождения в нем. Термин «виртуальная реальность» предложен в начале 80-х гг. прошлого века.

**Контроллер LogiTech и шлем VFX1.** Сочетание виртуального видения с физической обратной связью открывает широкие возможности для применения в эргономических исследованиях и проектировании. Демонстрируя последние достижения виртуальной реальности, инженеры компании «Боинг» в Сиэтле создали имитатор-тренажер самолета. Надев «виртуальные» шлем и перчатки, можно открыть ремонтный люк, чтобы проверить механические узлы, заглянуть в кабину и грузовой отсек, изучить расположение систем управления и пассажирских мест. В перспективе планируется внедрить ВР в компьютеризированные конструкторские отделы. Это позволит – еще до сборки самолета – расположить, например, все функциональные узлы в пределах досягаемости на случай ремонта. В специальном демонстрационном зале покупатели надевают очки и перчатки, чтобы «подобрать» и «обставить» ВР-кухню на свой вкус. Заказчики могут открыть шкафы и сами убедиться, устраивает ли их расположение мебели. Если нет, заказчик вносит изменения, и компьютер выдает подробные эскизы для удовлетворения запросов заказчика.

В дальнейшем применение ВР сулит новые и неожиданные эргономические решения.

### **Контрольные задания**

1. Перечислите этапы разработки системы отображения информации.
2. Изложите принципы использования слухового канала для отображения информации.
3. Опишите принципы использования тактильного канала для отображения информации.
4. Назовите причины необходимости автоматизации эргономического проектирования.
5. Охарактеризуйте использование виртуальной реальности в САПР и эргономике.
6. Изложите перспективы применения моделирования виртуальных реальностей в эргономическом проектировании.

## Тема 9. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ЭРГОНОМИКА

### *Вопросы*

1. Взаимодействие операторов в группе.
2. Организация групповой деятельности.
3. Методы изучения коллективной деятельности.
4. Тренажеры и имитаторы.
5. Профессиональное обучение операторов.

### **Взаимодействие операторов в группе**

Одной из важнейших тенденций современной техники является развитие так называемых больших и сверхбольших систем (например, единая система связи, транспорта, единая энергетическая система и т. д.). Такие системы характеризуются огромным количеством составляющих их систем и подсистем, сложной структурой, колоссальными потоками циркулирующей информации, высоким уровнем автоматизации. В управлении ими участвует большое число всевозможных коллективов людей. В этой связи перед эргономикой возникает задача изучения не только взаимодействия человека и машины, но и взаимодействия между операторами (и группами операторов). Надежность и эффективность сложных систем существенно зависят от согласованности действий операторов, т. е. от их совместной групповой деятельности. Процесс управления техникой – это не простая сумма параллельных деятельностей, выполняемых операторами независимо друг от друга. Его существенным моментом является взаимосвязь и взаимодействие операторов.

Наибольший интерес представляет изучение этих процессов в малой группе. Ею называется совокупность людей, объединенных в пространстве и времени, совместно решающих ту или иную задачу (выполняющих определенную деятельность) и имеющих непосредственные контакты. Малая группа включает от 2 до 30 человек.

В эргономике группа операторов, выполняющих общую задачу по управлению производственным процессом, рассматривается обычно в качестве системы, поэтому перспективным является

применение основных принципов системного подхода: изучаемый объект (малая группа) рассматривается как целостная система, состоящая из множества относительно независимых элементов; свойства системы не сводимы к простой сумме свойств ее элементов; системе в целом и каждому отдельному элементу свойственна специфичность функционирования; элементы системы определяются как целостные единицы, и основным объектом изучения являются особенности их взаимосвязи и целостного функционирования.

Рассмотренные принципы при изучении групповой деятельности операторов реализуются обычно в следующей последовательности: определяются элементы изучаемой системы (ими в данном случае являются отдельные операторы и технические устройства, опосредующие их деятельность). Выявляются системообразующие связи и отношения между ними. Основное внимание уделяется изучению информационных связей операторов друг с другом, а также между операторами и техническими устройствами. Исследуется процесс взаимодействия в малой группе как процесс проявления ее системообразующих связей, обуславливающих результативность целостного функционирования всей группы.

Взаимодействие операторов в малой группе может рассматриваться на двух уровнях: официальном, формальном (деловые взаимоотношения) и неформальном (межличностные взаимоотношения). Деловые взаимоотношения определяются характером решаемой задачи и устанавливаются штатным расписанием, должностными инструкциями и другими официальными документами. Эти взаимоотношения направлены на получение определенного результата и определяются объективными условиями.

По своему характеру деловые взаимоотношения могут быть как непосредственными (личное общение), так и опосредованными с помощью других людей или технических устройств. В последнем случае о результатах действий других членов группы оператор судит по показаниям приборов и индикаторов; с их помощью он получает также команды и указания по выполнению тех или иных действий. Соотношение между обоими видами взаимодействия операторов (непосредственное или опосредованное) определяется типом СЧМ и характером решаемых операторами задач. Изучение опосредованного взаимодействия операторов представляет особый интерес для эргономики, однако его изучение должно проводиться



совместно с другими видами взаимодействий операторов. Вступая в общение и взаимодействие внутри малой группы, люди обнаруживают также свое субъективное отношение друг к другу. Эти отношения называются межличностными.

В соответствии с двумя видами взаимоотношений (деловые и межличностные) различают формальную (официальную) и неформальную структуры группы. Формальная структура отражает взаимодействие операторов по деловому признаку, неформальная структура определяется системой эмоционально направленных связей, взаимными симпатиями и антипатиями.

Признаком хорошей организации группы является руководящая роль официальной структуры в регулировании межличностных взаимоотношений. Важную роль в таких группах играют также межличностные отношения, опосредствованные принятыми в группе ценностями и оценками. Психологической основой ценностно-смысловых ориентаций личности является многообразная структура потребностей, мотивов, интересов, целей, идеалов, убеждений, мировоззрения, участвующих в создании направленности личности и выражающих социально детерминированные отношения личности к действительности. Ценностно-смысловая сфера личности объединяет два основных компонента – ценностные ориентации и систему личностных смыслов. Высшей формой групповой организации является коллектив. В нем межличностные отношения опосредуются личностно значимым и общественно ценным содержанием групповой деятельности.

Характер взаимодействия в группе зависит от вида решаемой задачи. Успешное решение групповой задачи предполагает оптимальное взаимодействие между операторами на всех этапах ее решения. Для этого операторы должны обмениваться необходимой для управления СЧМ информацией, совместно принимать решения и с помощью органов управления согласованно выполнять их.

Основными формами взаимодействия при этом являются следующие: психомоторное взаимодействие (осуществление совместных управляющих действий), взаимодействие при решении мыслительных задач, взаимодействие при решении перцептивно-опознавательных задач (анализ и дешифрирование различного рода изображений), коммуникативное взаимодействие (управление машинами и технологическими процессами). Вполне понятно, что

выделение названных форм взаимодействия довольно условно, однако оно позволяет более полно и обоснованно изучать особенности групповой деятельности операторов.

Взаимоотношения в группе операторов имеют ряд особенностей по сравнению с другими профессиональными группами. Основными из них являются следующие: операторы зачастую пространственно изолированы друг от друга; в процессе решения групповой задачи важную роль играют взаимоотношения, опосредованные различного рода техническими устройствами, что в ряде случаев затрудняет или ослабляет возможность непосредственного общения и наблюдения за действиями других операторов; в процессе решения групповой задачи возрастает роль вероятностного прогнозирования: помимо всего прочего, оператор должен уметь прогнозировать (предвидеть) возможные действия своих партнеров, и это нужно делать при отсутствии непосредственного контакта с ними; результат решения задачи зависит не только от уровня индивидуальной подготовки операторов, но и от их способности к совместному решению задачи в рамках функционально единого, но зачастую пространственно разнесенного сенсомоторного поля.

В процессе совместной деятельности люди неизбежно вступают в общение друг с другом. Специфика общения, в отличие от других видов взаимодействия, состоит в том, что в нем проявляются психологические качества людей. Общение представляет собой объективный материальный процесс, оно всегда вплетено в практическую деятельность людей, в которой и реализуются его коммуникативные функции: информационная, регулятивная и аффективная.

*Информационная функция* связана с процессами передачи и приема информации. Исторически исследование информационных процессов было вызвано, прежде всего, потребностями развития техники связи. Однако необходимо подчеркнуть, что оценка информационных характеристик технических устройств важна не сама по себе, а лишь постольку, поскольку они являются средствами общения между людьми: определение потоков информации, передаваемых по каналам связи, скорость передачи, объем сообщений нужны для обеспечения точной и своевременной передачи информации. Позднее информационный подход стал использоваться и при изучении непосредственного общения людей. Рассматривая

информационную функцию общения (как опосредованного, так и непосредственного), важно подчеркнуть, что в процессе общения людей информация не только передается или принимается, но и формируется. Изучение процессов формирования информации особенно большое значение имеет для оптимизации группового принятия решений и осуществления совместных управляющих действий.

Другой класс функций общения относится к *регуляции поведения*, которую люди осуществляют по отношению друг к другу. В процессе общения формируются цели, мотивы и программы поведения включенных в группу людей. В этом процессе осуществляется также взаимная стимуляция и взаимный контроль поведения.

*Аффективная функция* общения относится к эмоциональной сфере человека. Общение оказывает влияние на психофизиологическое состояние человека, влияет на уровень эмоциональной напряженности. При соответствующих условиях эта функция общения также обеспечивает эмоциональную разрядку людей.

В реальном акте общения перечисленные функции выступают в тесном единстве, при этом они так или иначе реализуются по отношению к каждому участнику общения, но происходить это может различными способами. Например, акт общения, выступающий для одного оператора как передача информации, для другого может выступать как функция регуляции поведения (выполнение того или иного действия в зависимости от сообщения о действиях партнера).

В процессе формирования любой профессиональной группы складывается своеобразный резерв ее возможностей, или «коллективная способность». Каждый член группы вносит в этот резерв свои способности, знания, умения и навыки. Вместе с тем участие в групповой деятельности обогащает каждого отдельного работника, совершенствует его способности, умения и навыки.

В целом «резерв возможностей» группы больше суммы «резервов» входящих в нее членов, т. е. здесь имеет место своеобразный синергетический эффект: суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы. Это происходит потому, что при групповой деятельности возникает возможность взаимного контроля и коррекции действий, что способствует повышению их точности.

В условиях совместной деятельности и неизбежно связанного с ней общения совершенствуется процесс восприятия (повышается его избирательность и объективность). Обогащается система представлений, улучшаются характеристики памяти (точность и полнота воспроизведения), более продуктивными становятся умственные действия (повышается общая активность мышления, обогащаются приемы решения задач), возникают более емкие обобщения (поскольку в их формировании используется не только собственный опыт, но и опыт других людей).

Иначе говоря, включаясь в групповую, индивидуальная деятельность претерпевает определенные преобразования, причем это касается как ее основного вектора «мотив–цель», так и структуры, динамики и механизмов ее регуляции. Эти психологические преимущества групповой деятельности находят также отчетливое выражение в процессе обучения. Специальные исследования показывают, что темпы овладения знаниями и навыками, а также уровень достижений в условиях совместной деятельности значительно выше тех, которые характеризуют индивидуальную деятельность.

Групповая деятельность особенно эффективна, когда приходится сталкиваться с задачами и проблемами, имеющими несколько решений. Качество групповых решений обычно выше по сравнению с индивидуальными, однако групповые решения требуют обычно больше времени, чем индивидуальные.

Преимущества групповой деятельности характеризуют лишь ее потенциальные возможности. Реализация их на практике, следовательно, эффективность групповой деятельности во многом зависят от того, как организована группа.

## **Организация групповой деятельности**

Эффективность групповой деятельности зависит от ряда факторов. Среди них в первую очередь следует назвать организацию деловых взаимоотношений, определяемую величиной группы, разделением функций людей в группе и организацией взаимосвязи между ними.

Величина группы определяется количеством включенных в нее операторов. Далекое не всегда большая по величине группа

эффективнее и быстрее выполнит порученное задание. Для каждого конкретного задания (и конкретной деятельности) можно определить оптимальную численность группы, при которой достигается наиболее высокая эффективность. Эффективность оказывается ниже и в том случае, когда численность меньше, и в том, когда она больше оптимальной.

Помимо численности группы, важно то, как она организована, т. е. как разделены функции людей, входящих в группу, и как эти люди связаны друг с другом. В зависимости от конкретных задач возможны различные варианты функциональной организации группы: «цепочка», «звезда», «неполная сеть», «полная сеть» (рис. 1).

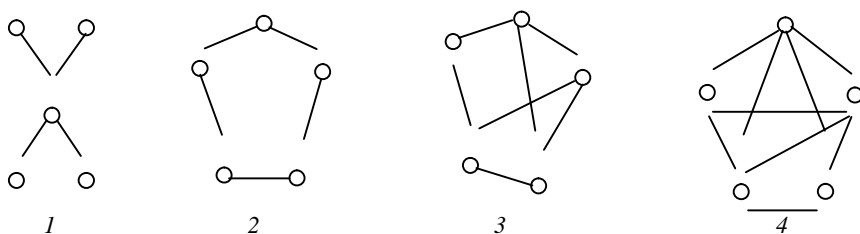


Рис. 1. Функциональная группировка малых групп (5 человек):  
1 – «цепочка»; 2 – «звезда»; 3 – «неполная сеть»; 4 – «полная сеть»

Ведущая роль в групповой деятельности операторов принадлежит информационным связям между членами группы, определяемым ее функциональной организацией. Анализируя групповую деятельность, необходимо оценить информационные связи ее участников: кто и с кем имеет информационную связь, является ли она односторонней или двусторонней, как часто в ходе выполнения задания члены группы обмениваются информацией.

Чем больше группа, тем больше возможность информационных связей, значит, и типов организационных структур. Но реализация этих возможностей зависит от конкретных задач, решаемых группой. Если задача сравнительно проста и ее решение не требует переработки больших объемов информации (а также сложных алгоритмов деятельности), то потенциальные связи используются лишь частично. Напротив, более полное их использование снижает скорость решения задачи и повышает вероятность возникновения ошибок. В этом случае наиболее эффективна группа централизованного типа

(«звезда»). При решении задач, требующих переработки больших объемов информации и сложных алгоритмов деятельности, более эффективными являются группы, организованные по типу «полной сети» или «неполной сети».

Для обеспечения высокой эффективности и надежности групповой деятельности важно при ее организации правильно определить величину группы, ее организационную структуру и характер информационных связей. Исходя из этого решается вопрос о выборе технических средств коммуникации.

Эффективное протекание групповой деятельности зависит также от правильного распределения обязанностей внутри группы. Это проявляется в предоставлении каждому оператору такого положения в группе, которое наиболее полно соответствует выбранному им типу коммуникативного поведения. В социальной психологии различают четыре типа поведения при решении групповых задач: лидер, ведомый, обособляющийся, сотрудничающий.

У лидера ярко выражена ориентировка на власть в группе. Представители этого типа поведения могут успешно решать групповые задачи при условии подчинения себе других членов группы. Ведомый – это человек с ярко выраженной ориентировкой к добровольному подчинению. Лица такого типа поведения наиболее успешно решают чисто исполнительские задачи. Обособляющийся – это тип поведения с ярко выраженной индивидуалистической ориентировкой. Лица такого типа наиболее успешно решают задачи при условии относительной изоляции от группы, в одиночестве. Лица сотрудничающего типа постоянно стремятся к совместному с другими решению задачи и следуют за ними в случае разумных решений. Такая деятельность наиболее приемлема для нескольких операторов одного уровня управления, решающих одну общую задачу.

Для диагностики названных типов коммуникативного поведения и отнесения данного оператора к тому или иному типу можно воспользоваться следующим приемом. Для каждой пары операторов ( $i, j$ ) экспериментально определяется групповая производительность  $R_j$ , равная количеству операций, выполненных оператором  $i$  совместно с оператором  $j$  в единицу времени. На основании полученных оценок рассчитывают для каждого оператора его среднюю групповую производительность  $R$  и дисперсию.

Характеристика эффективности групповой деятельности для каждого оператора может быть представлена в виде двухмерного вектора  $E_i = (R_i, S_i)$  в плоскости  $ROS$ . При этом начало координат  $O$  помещается в точку  $(R_s)$ , где  $R$  – средняя групповая производительность всех операторов,  $S$  – средняя дисперсия. Тогда все  $R_i > R$  и  $S_i > S$  будут иметь положительный знак,  $R_i < R$  и  $S_i < S$  – отрицательный знак. В результате каждый вектор  $E$  будет находиться в одном из четырех квадрантов плоскости  $ROS$ , разделяя операторов на четыре группы (рис. 2).

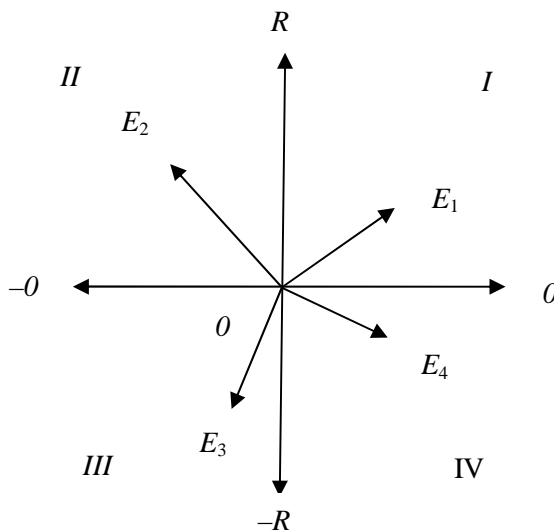


Рис. 2. Схематическая геометрическая интерпретация различных типов коммуникативного поведения операторов

Первая группа (квадрант I) – это операторы, имеющие большую групповую производительность (выше средней) и большую ее дисперсию. Эти операторы хорошо подстраиваются к работе партнеров, и их можно интерпретировать как *сотрудничающий* тип. Вторая группа (квадрант II) включает операторов, имеющих большую производительность и малую дисперсию. Эти операторы подчиняют себе партнеров, их можно считать *лидерами*. В третью группу (квадрант III) входят операторы с малой производительностью и малой дисперсией. Они одинаково плохо сотрудничают

со всеми, поэтому их можно рассматривать как *обособляющийся* тип. И, наконец, для четвертой группы характерна малая производительность, но большая дисперсия. Таких операторов можно рассматривать в качестве *ведомых*. Для реализации этого подхода разработано специальное устройство, с помощью которого можно выявить для каждого человека тип его коммуникативного поведения и в соответствии с этим предоставить ему место в групповой деятельности.

Эффективность групповой деятельности зависит и от совместимости операторов, под которой понимается такое проявление тех или иных свойств отдельных операторов, от которых зависит успешное выполнение групповой деятельности. Проблема совместимости может рассматриваться на различных уровнях: физиологическом, психофизиологическом, социально-психологическом и пр.

Совместимость конкретной группы операторов определяется характером выполняемой ею деятельности. Разные виды деятельности требуют совместимости по разным свойствам: одни – по физическим (физическая сила), другие – по психофизиологическим (подвижность нервных процессов), третьи – по эмоционально-волевым (уровень эмоциональной устойчивости), четвертые – по социально-психологическим (общительность, чуткость).

Разные виды деятельности предъявляют разные требования и к совокупности свойств, обуславливающих совместимость. В одних случаях требуется совместимость по некоторому ограниченному числу свойств, в других – по более значительной их совокупности. Последнее особенно важно для групп, работающих в условиях относительной изоляции.

Необходимо отметить, что совместимость характеризует не отдельных индивидов, а их группу, и имеет множественные проявления. Люди, входящие в одну и ту же группу, в одних отношениях и в одних видах деятельности могут оказаться совместимыми, в других – несовместимыми. Однако понятие совместимости не всегда означает подобие тех или иных свойств. Некоторые виды групповой деятельности требуют не подобия, а различий между людьми (дополнение свойств одного свойствами другого).

Противоположным рассмотренному является понятие психологической несовместимости. Для группы операторов психологическая несовместимость – это не только различие ценностных



установок, отсутствие дружеских связей, неуважение или неприязнь людей друг к другу. К этому нужно добавить еще неспособность в критических ситуациях понять друг друга, несинхронность психомоторных реакций, различия во внимании, мышлении и другие врожденные и приобретенные свойства личности, которые препятствуют совместной деятельности. При этих обстоятельствах быстрее возникают конфликтные ситуации, что снижает эффективность групповой деятельности.

На эффективность групповой деятельности определенное влияние оказывает возможность общения (в частности, речевого) операторов в процессе выполнения совместной работы. Информирование операторов о взаимных действиях повышает у них чувство уверенности, снижает эмоциональную напряженность. Особенно это важно в тех случаях, когда групповая деятельность носит опосредствованный характер.

Речевое общение выполняет в групповой деятельности информационную (снабжение необходимой информацией), регулятивную (влияние на стратегию решения групповой задачи) и аффективную (изменение эмоционального состояния операторов) функции. Общение обычно усиливается в начале решения задачи, когда происходит общее согласование взаимных действий; при усложнении задачи (например, при переходе от психомоторного взаимодействия к мыслительному, интеллектуальному); при увеличении количества операторов в группе.

Как очень высокая, так и очень низкая речевая активность не способствуют повышению эффективности групповой работы. В первом случае усиленное речевое общение создает дополнительные помехи в работе и отражает слабую согласованность действий операторов, во втором случае недостаточность обмена информацией и регулятивных влияний вызывает периодические рассогласования в работе.

На успешность решения задачи влияет как интенсивность, так и качество сообщений. В условиях взаимодействия субъективная уверенность в правильности принимаемого решения повышается, если полученное решение совпадает с собственным; в то же время может усиливаться внутреннее сомнение, если результаты расходятся. Соответственно, будут меняться время и точность решения задачи.

Характерной особенностью современного производства является широкое применение многоуровневых иерархических систем управления. Психологические проблемы оптимальной организации деятельности операторов таких систем обусловлены необходимостью создания коллективной многоплановой концептуальной модели реальной обстановки. Особое значение при этом приобретает влияние на эффективность совместной деятельности различных информационных факторов. К их числу можно отнести: распределение информации между операторами; организацию средств обмена информацией между ними; определение форм представления данных о совместно решаемой задаче.

При взаимодействии операторов в иерархических системах могут использоваться свернутые и развернутые формы координационных действий. Первые из них имеют место при решении заранее известных задач управления в условиях сравнительно небольшой по величине интенсивности потока таких задач. Свернутые действия осуществляются при небольшом алфавите входных сигналов, простых способах их декодирования, одномоментной оценке производственной ситуации, ограниченном числе заранее известных вариантов исполнительных действий.

При возникновении проблемной ситуации или не учтенных заранее задач операторы вынуждены переходить к развернутой форме координационных действий. Она характеризуется пошаговым, многократным, дискретным выполнением последовательности определенных действий, связанных между собой логическими связями. При этом выполняемые действия могут быть взаимно переплетены у различных операторов. В этих условиях эффективность групповой деятельности в значительной степени определяется способностью операторов к адекватному отражению деятельности окружающих, к правильному взаимопониманию в условиях решения совместной задачи.

Для повышения эффективности групповой деятельности большое значение имеет применение рефлексивных моделей деятельности оператора – как информационных, так и исполнительных. Сущность таких моделей состоит в том, что они представляют собой отражение как собственных образов реальной обстановки и требуемых действий, так и аналогичных образов взаимодействующих операторов. Построение информационных моделей должно

базироваться на принципе рефлексивного структурирования информации, сущность которого в данном случае заключается в том, что для обеспечения эффективной координации групповой деятельности требуется обеспечение возможностей оперативного содержательного разделения информационных потоков по их принадлежности к деятельности отдельных операторов.

Экспериментальные данные показывают, что преимущества рефлексивных информационных моделей по сравнению с обычными тем больше, чем сложнее решаемые операторами групповые задачи. Точно так же рефлексивные исполнительные модели позволяют оператору взаимодействовать с отражением управляющих действий, выполняемых другими операторами.

Интегральной характеристикой эффективности взаимодействия операторов является сработанность группы, т. е. эффект взаимодействия, сочетания людей, который дает максимально возможную успешность в совместной деятельности при малых энергетических тратах на деятельность и взаимодействие на фоне значительной субъективной удовлетворенности друг другом и высокой адекватности взаимопонимания. Таким образом, сработанность группы должна оцениваться по трем компонентам: поведенческому, аффективному и когнитивному.

### **Методы изучения коллективной деятельности**

Для изучения групповой деятельности операторов могут применяться разные методы. Среди них необходимо отметить наблюдение и эксперимент. Для изучения межличностных отношений в группе применяется социометрический метод, который является одной из форм группового опроса.

**Социометрический метод.** Социометрия как метод исследования позволяет диагностировать и прогнозировать изменения в структуре взаимоотношений личности в коллективе, дает возможность количественного подхода к изучению явлений межличностного общения. Сущность социометрического метода состоит в том, что при помощи субъективных оценок деятельности других членов коллектива или выборов их по каким-либо признакам определяется как облик отдельных личностей в коллективе, так и облик всего

коллектива. Наиболее распространенными являются два основных варианта социометрического метода: 1) метод выборов – каждый человек выбирает другого человека для какой-либо совместной деятельности, основываясь на симпатиях или антипатиях к этому человеку; 2) метод оценки – каждый человек оценивает или характеризует других членов коллектива.

Оба эти метода дают возможность исследовать неофициальную структуру группы. Они позволяют получить структуру взаимоотношений в группе в момент исследования: раскрыть имеющиеся группировки, определить степень авторитетности всех членов группы, выявить лиц, вносящих в сферу общения элементы раздора, вражды и т. п. Выявление этих вопросов позволяет определенным образом строить воспитательную работу с целью повышения сплоченности группы. Наилучшей является такая группа, у которой ее официальная структура совпадает с неофициальной.

Для исследования процесса решения одиночной групповой задачи и для исследования поведения группы в условиях потока задач применяется метод имитационного моделирования. В качестве исходных данных вводятся показатели, которые характеризуют взаимодействие операторов (спаянность группы, эффективность коммуникаций, направленность каждого оператора, и ее изменение в случае успешного и неуспешного решения задачи, моральное состояние группы и пр.). Модель позволяет исследовать зависимость эффективности групповой деятельности (например, времени и точности решения групповой задачи) от показателей взаимодействия операторов.

***Групповая модель эргатических систем.*** Описанная методика моделирования СЧМ с одним или двумя операторами в контуре управления может быть использована в различных приложениях. Замена таких программных элементов, как описание объекта управления, описание устройства управления, алгоритмы обнаружения ситуаций, дает возможность адаптировать модель для исследования и оценки разных эргатических систем. При конкретном моделировании значения параметров модели берутся как из справочников по эргономике, так и из экспериментальных исследований. Однако на практике чаще приходится иметь дело с групповой деятельностью.

Для исследования официальных структур в малой группе могут применяться математические методы теории графов. При изображении малой группы в виде графа операторы представляются его вершинами, взаимосвязи между ними – ребрами (рис. 3). Граф, на котором направления всех его ребер указаны с помощью стрелок (например, взаимосвязи между операторами), называется ориентированным. Иногда ребра помечают знаками «плюс» или «минус» (например, соответственно, положительный и отрицательный выбор при оценке людьми друг друга). Такие графы называются знаковыми. Граф, в котором каждая вершина может быть соединена некоторой цепью с любой другой его вершиной, называется связным.

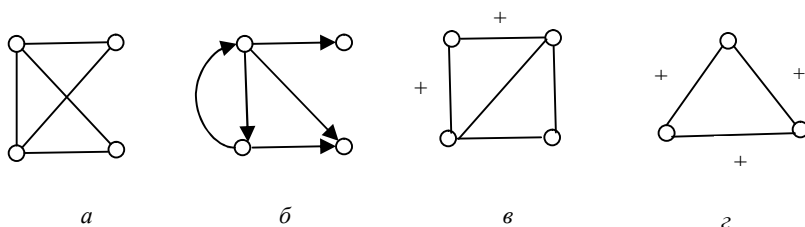


Рис. 3. Типы графов:

*a* – простой; *b* – ориентированный; *v* – знаковый; *z* – сбалансированный

Анализируя графы, можно получить ряд оценок эффективности групповых структур. Например, знаковый граф позволяет выяснить степень сплоченности и устойчивости группы, возможность конфликтных ситуаций, возникновение напряженности в группе. Такой анализ является одной из разновидностей рассмотренного ранее социометрического метода. Сплоченность группы оценивается нормированным минимальным числом дуг, которые нужно удалить, чтобы граф стал несвязным. При удалении этих связей структура разбивается на подгруппы, не связанные между собой. Устойчивость группы оценивается нормированным минимальным числом вершин, которые нужно удалить, чтобы граф стал несвязным. Конфликтные ситуации будут отсутствовать в сбалансированной группе, которой соответствует сбалансированный граф, все

циклы которого положительны. Условие баланса позволяет строить групповые структуры, исключая конфликты между людьми.

Применение методов теории графов позволяет получить и некоторые количественные показатели групповой структуры. Основные из них – *живучесть  $K$  и момент  $M$  группы*. Под живучестью группы понимается число ее состояний, при которых группа сохраняет работоспособность. Количественно живучесть оценивается отношением числа «избыточных» связей к минимально необходимому. При прочих равных условиях структура группы будет тем эффективнее, чем больше значения показателей  $K$  и  $M$ .

Применение теории графов дает лишь способ формального анализа групповой структуры, поэтому он обязательно должен дополняться содержательным социально-психологическим анализом групповой деятельности.

### **Тренажеры и имитаторы**

Большой интерес для эргономики представляют аппаратные методики моделирования и изучения групповой деятельности. В основе конструирования аппаратных методов и их классификации лежат следующие принципы:

- *технический* (особенности конструкции, функциональные возможности модели, способность регистрации различных компонентов деятельности);

- *общепсихологический* (включенность различных психических процессов в моделируемую деятельность);

- *социально-психологический* (характер, тип, уровень взаимосвязанности действий личности при выполнении заданий).

На основе данных критериев выделяют следующие группы аппаратных моделей:

- модели сравнительной оценки индивидуальных вкладов («Арка», «Лабиринт», «Эстакада»);

- модели суммарного воздействия (ритмограф, волюнтограф);

- модели многосвязанного управления равновесием в системе (гомеостат);

- модели многосвязанного управления движущимся объектом (кибернометр, групповой сенсомоторный интегратор).

Все перечисленные методы являются достаточно адекватными природе изучаемых психологических явлений. Обычно степень эффективности и достоверности этих методов определяется совпадением полученных в эксперименте данных с практикой, с результатами применения других методов.

Определенной разновидностью аппаратурных методик являются также испытания на тренажерах.

Одной из первых использовалась гомеостатическая методика, в основе которой лежит моделирование совместной и взаимосвязанной работы операторов с помощью специальной установки «Гомеостат».

В установке использована идея взаимных перекрестных связей, через которые каждый из трех операторов, решая свою частную задачу, влияет на ход работы остальных операторов. В распоряжении каждого оператора имеется одна из рукояток управления ( $x, y, z$ ), поворот которой передается на один из индикаторов ( $u, v, w$ ), находящихся в поле зрения оператора. Между рукояткой и индикатором включено простое усилительное звено с коэффициентом усиления. Каждый оператор видит только свой индикатор. Кроме цепей основного управления, этот индикатор содержит и перекрестные связи от рукояток других операторов с коэффициентом взаимного влияния  $K_{cb}$ . Степень взаимной связи операторов определяется отношением, которое может быть как положительным, так и отрицательным.

Задача операторов заключается в следующем: поворачивая рукоятки, установить индикаторы за определенное время в нулевое положение. Следовательно, проблема разработки гомеостатической методики является не только психологической, но и математической. Были проведены специальные исследования, которые позволили установить область допустимых значений  $K_{cb}$  (таких значений, при которых система уравнений имеет решение). В зависимости от введенной величины  $K_{cb}$  решаемые оператором задачи были классифицированы по степени трудности. Например, если группа успешно решала задачу при  $K_{cb} = 0,8-1,0$ , это свидетельствовало о хорошем взаимопонимании членами группы друг друга.

С помощью регистрации на осциллографе движений всех ручек и стрелок приборов и вычисления на основе этого коэффициентов корреляции между скоростью вращения ручки и показаниями

прибора можно судить о позиции каждого оператора в группе (лидер или ведомый). Обнаружено, что более успешно решают гомеостатические задачи те группы, в которых роль лидера берет на себя ее руководитель. Эти же группы, как правило, более успешно решают и реальные производственные задачи, аналогичные по своему характеру гомеостатическим. Однако имеется определенная ограниченность этой методики (табл. 1).

*Таблица 1*

Сравнительный анализ работы на «Гомеостате» и реальной деятельности

Работа на «Гомеостате»	Реальная деятельность
Операторы решают совместную психомоторную задачу непрерывного типа	Характерно решение мыслительных дискретных задач
Операторы создают взаимные «помехи» друг другу (действия одного оператора влияют на показания приборов других операторов)	Операторы в процессе информационного взаимодействия взаимно помогают друг другу
Деятельность каждого оператора опосредуется текущими результатами совместных действий	Более характерно взаимодействие через конечный результат серии промежуточных действий

Для современного производства характерным является широкое внедрение многоярусных иерархических систем. В них происходит взаимодействие операторов как внутри одного уровня управления, так и между операторами различных уровней. Другими словами, здесь происходит взаимодействие в системе «диспетчер–группа операторов». Для исследования такого взаимодействия предназначена одна из модификаций прибора «Кибернометр». Прибор позволяет дать оценку эффективности взаимодействия диспетчера с группой работающих операторов, включенных в общую систему управления. Он моделирует основные функции взаимодействия операторов и управления группой. Важнейшими из них являются овладение диспетчером средствами реализации совместных действий, получение необходимой информации о ходе решения



групповой задачи, перераспределение обязанностей между членами группы.

Аппаратурные методики позволяют моделировать в лабораторных условиях различные виды групповой деятельности – от простого психомоторного взаимодействия до координационного взаимодействия операторов в иерархических системах управления. Обоснованный выбор методики, адекватно моделирующей реальную групповую деятельность, является непременным условием для получения достоверных результатов. Повышению достоверности способствует также дополнение результатов аппаратурных исследований результатами, полученными с помощью других методов – социометрии, анализа физиологических реакций исследуемых операторов, наблюдения за их поведением в процессе работы.

### **Профессиональное обучение операторов**

Одним из первых вопросов, решаемых при формировании группы, является определение ее численности. Как уже отмечалось, для каждого вида групповой деятельности существует оптимальная величина группы. Эта величина определяется на основании общих трудозатрат.

Для каждого вида групповой деятельности существует оптимальная интенсивность общения, которая находится в результате содержательного психологического анализа групповой деятельности.

При организации информационного взаимодействия операторов важно определить не только интенсивность общения, но и его характер. Вид коммуникации между операторами (слуховая или зрительная) зависит от условий задачи, загруженности анализаторов взаимодействующих операторов и возможностей технической реализации выбираемых способов общения.

Рассмотренная последовательность этапов (определение величины группы, ее организационной структуры и характера информационных связей) носит однозначно прямолинейный характер. Эта схема отражает лишь общую стратегию решения задачи по организации групповой деятельности. Фактически решаемая задача носит итерационный, циклический характер с взаимными перехо-

дами и обратными связями и решается методом последовательных приближений и уточнений. Окончательное проектное решение затем уточняется и корректируется в процессе испытаний и эксплуатации СЧМ. Здесь, прежде всего, нужно уделить внимание вопросам группового отбора операторов. Цель отбора – выявление наиболее обучаемых групп, характеризующихся высоким уровнем эффективности групповой взаимосвязанной деятельности и устойчивости к действию внешних неблагоприятных факторов; это может быть обеспечено подбором совместимых в требуемом отношении людей.

В состав группы следует включать индивидуумов, на подготовку которых требуются примерно одинаковые затраты времени и средств (учебная совместимость), что позволит всем им выполнять работу примерно на одинаковом квалификационном уровне. Кроме того, группа должна обладать необходимыми для выполнения данной деятельности совокупными групповыми свойствами. Состав этих свойств, подобие их или дополнение друг друга у отдельных операторов зависят от конкретного вида групповой деятельности. В соответствии с этим для формирования совместимости должен быть использован принцип максимального использования особенностей каждого члена группы или принцип взаимной компенсации. Выбор принципа и состава свойств, которые ему должны удовлетворять, определяется в результате содержательного психологического анализа групповой деятельности.

В наиболее общем виде групповой отбор производится в следующей последовательности. На начальных этапах следует обращать внимание на индивидуально-психологические особенности кандидатов, их коммуникативные свойства (в зависимости от характера взаимодействия – непосредственное и опосредованное), функциональные возможности анализаторов и центральной нервной системы при совместной деятельности.

В дальнейшем выявляются спонтанные контакты между кандидатами (межличностные взаимоотношения), проводится выделение наиболее обучаемых групп. На этом этапе обязателен учет предстоящей деятельности и функциональных обязанностей входящих в эту группу лиц.

Особое место должно занимать изучение предварительно отобранных групп в экстремальных условиях. По возможности прово-

дится обучение и тренировка отобранных групп на макетах и тренажерах. В этот период важным вопросом группового отбора является правильное определение психофизиологической структуры группы и соответствие ей типов коммуникативного поведения (лидер, ведомый, сотрудничающий и т. п.) отбираемых кандидатов. Особое внимание обращается на выбор лидера. Использование в этой роли человека, выявленного на предварительных этапах отбора, целесообразно, так как это резко повышает эффективность групповой деятельности и предупреждает возможность развития конфликтных ситуаций.

На заключительном этапе отбора проводится интегративная оценка эффективности группы. Определяется, какие формы взаимодействия (психомоторное, коммуникативное, при решении мыслительных задач и т. п.) преобладают в предстоящей групповой деятельности, и в соответствии с этим выбирается тип моделирующего устройства (гомеостат, кибернометр и т. д.). С помощью выбранного устройства проводится оценка совместной деятельности, при необходимости осуществляется корректировка состава группы.

Формирование группы продолжается также в процессе группового обучения операторов. Помимо общих принципов обучения, при групповом обучении необходимо обеспечить: высокую профессиональную подготовку операторов, удовлетворяющую требованиям совместной деятельности и включающую в себя групповое обучение навыкам совместных действий по профессиональному взаимодействию; формирование у членов группы ценностных ориентаций, высокой мотивации к совместной работе и стремления к сотрудничеству; организацию соревновательного духа подготовки, создание равных для всех участников условий соревнования; необходимую взаимозаменяемость определенных специалистов в процессе групповой деятельности; опору на точные знания личностных характеристик членов группы и особенностей ее функционирования; обучение руководителя группы принципам внутригруппового управления.

В процессе непосредственной эксплуатации СЧМ большая роль принадлежит управлению групповой деятельностью, под влиянием которого формируются и регулируются внутригрупповые отношения. Правильное управление групповой деятельностью способст-

вует предупреждению или смягчению конфликтной напряженности и обеспечивает эффективную работу группы. Основными задачами управления группой являются: организация оптимального распределения функциональных обязанностей между членами группы в соответствии с их профессионально-ролевой ориентацией и индивидуально-психологическими свойствами; специальная подготовка и обучение руководителя группы (лидера) навыкам и приемам управления малой группой; формирование групповых норм и общегрупповых ценностей, способствующих успешному выполнению групповой деятельности; осуществление мероприятий, препятствующих образованию замкнутых подгрупп (при общих размерах группы более 5 человек). Перечисленные задачи начинают решаться в процессе групповой подготовки и завершаются в процессе непосредственной групповой деятельности.

### **Контрольные задания**

1. Назовите основные принципы системного подхода при изучении взаимодействия операторов в группе.
2. Дайте определение основных коммуникативных функций общения.
3. Опишите варианты функциональной организации малой группы.
4. Определите типы коммуникативного поведения.
5. Опишите возможности применения теории графов в эргономике.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

СЧМ – система «человек–машина».

СЧМС – система «человек–машина–среда».

ЭСОВИ – электронная система отображения видимой информации.

МОКОЧ – методика оценки коэффициентов ошибок человека.

РМО – рабочее место оператора.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березкина, Л. В. Эргономика : учебное пособие / Л. В. Березкина, В. П. Кляуззе. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 432 с.
2. Вайнштейн, Л. А. Эргономика : учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Л. А. Вайнштейн. – Минск : БГУИР, 2018. – 208 с.
3. Вайнштейн, Л. А. Эргономика : учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2 / Л. А. Вайнштейн. – Минск : БГУИР, 2018. – 370 с.
4. Голопятин, А. В. Эргономика и основы дизайна сельскохозяйственных машин : курс лекций / А. В. Голопятин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 93 с.
5. Дзоценидзе, Т. Д. Эргономика и дизайн автомобилей и тракторов: учебное пособие / Т. Д. Дзоценидзе, А. Г. Левшин. – М. : Металлургиздат, 2010. – 206 с.
6. Кляуззе, В. П. Эргономика : курс лекций / В. П. Кляуззе. – Минск : БГЭУ, 2008. – 79 с.
7. Мунипов, В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – М. : Логос, 2001. – 356 с.
8. Смирнов, Б. А. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование : учебное пособие / Б. А. Смирнов, Ю. И. Гульый. – Харьков : Гуманитарный Центр, 2010. – 380 с.
9. Смирнов, Б. А. Эргономическая оценка систем «человек–машина». Инженерно-психологические аспекты : учебное пособие / Б. А. Смирнов, Ю. И. Гульый, А. А. Харченко. – Харьков : Гуманитарный Центр, 2014. – 403 с.
10. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Эргономика и дизайн : учебное пособие / под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : Новое знание, 2015; М. : ИНФРА-М, 2015. – 350 с.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Учебное издание

## ЭРГОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Пособие

Составители:

**Серебрякова** Наталья Григорьевна,  
**Молош** Тамара Владимировна,  
**Подашевская** Елена Игоревна

Ответственный за выпуск *Н. Г. Серебрякова*

Редактор *Т. В. Каркоцкая*

Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 30.12.2021. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 7,64. Тираж 99 экз. Заказ 527.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.