

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ № 1-3
по дисциплине «Дизайн и эстетика» для студентов
направления 21 1000.62 «Конструирование и технология
электронных средств» (профиль «Проектирование
и технология радиоэлектронных средств»)
очной и заочной форм обучения



Воронеж 2014

Составитель канд. техн. наук И.А. Новикова
УДК 621.396.6.001.2

Методические указания к выполнению лабораторной работы №1-3 по дисциплине «Дизайн и эстетика» для студентов направления 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. И.А. Новикова. Воронеж, 2014. 46 с.

Методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторные работы по изучению основ дизайна и эстетики. Рассмотрены вопросы специфики работы оператора в системе человек – машина. Особое внимание уделено проработке и восприятию информации с лицевой панели прибора, основным органам чувств оператора – зрению и слуху. Использующееся в лабораторных работах техническое оснащение позволяет дать количественные оценки некоторым из характеристик слуховых и зрительных органов человека, его психологическим и психофизиологическим характеристикам.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле Новикова_ЛР_1-3.doc

Табл. 3. Ил. 7. Библиогр.: 10 назв.

Рецензент докт. техн. наук, проф. В.М. Питолин
Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук,
проф. А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ «Воронежский
государственный технический
университет», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача проектирования эргономических систем - создать комплекс человек-машина эффективной в своей дееспособности единицей структуры научно-технического общества. Эргономика может способствовать этому и на первоначальном этапе проектирования процесса или изделия, и при модификации имеющегося оборудования. Эффективность машины — будь то ручной инструмент или сложная электронная система управления - зависит от её надежности и коэффициента полезного действия, а также от способности оператора легко и точно управлять машиной. Эта способность в значительной степени зависит от конструкции машины, от способа представления информации, степени усилия и точности, необходимых для управления, а также от компоновки органов управления.

Математической постановкой такой задачи является функция многих параметров, а её решение - оптимизированное с точки зрения надёжностных и энергозатратных характеристик изделия. В цикле лабораторных работ настоящей дисциплины на основе знаний лекционного цикла и приведенных исходных положений студенты решают начальные задачи эргодизайнерского проектирования элемента комплекса человек-машина - пульта, управления, его деления на зоны индикации и рабочую с учётом максимально допустимой напряженности работ человека-оператора и пропускной способности информации.

Требование высокой эффективности действий человека, обеспечивающих оптимальное использование возможностей технологического оборудования и средств автоматизации, неразрывно связано с необходимостью глубокого учета психофизиологии человека и его особенностей как важнейшего интегрального звена в системе управления.

Создавая любое изделие, будь то пульт управления, кабина космического корабля или автомобиль, конструктор

должен постоянно иметь в виду людей, которым предстоит в дальнейшем пользоваться изделием, знать особенности их поведения, восприятия ими информации, размеры их тела, физические возможности и многое другое.

Комплексные системы, в которых переработка материи, энергии и информации осуществляется совместно человеком и техническим устройствами, получили название систем «человек и машина», «человек и автомат». Эти системы, и в первую очередь психофизиологические факторы их синтеза, являются основным объектом изучения эргономики.

Инженерная психология, являясь важнейшей частью эргономики – науки о взаимодействии человека с окружающей средой, составляет естественную основу технической эстетики и художественного конструирования. Использование инженерами и художниками-конструкторами данных эргономики при создании орудий труда и бытовых изделий позволяет значительно улучшить их потребительские качества. Художники-конструкторы, следуя нередко требованиям конъюнктуры, стремятся обеспечить сбыт продукции приданием ей эффектного внешнего вида, не останавливаясь при этом даже перед явным ухудшением инженерно-психологических характеристик изделия или оборудования. Столь же отрицательный результат получается и в тех случаях, когда художники-конструкторы слабо подготовлены в области инженерной психологии или когда их привлекают к участию в проектировании слишком поздно, когда в конструкции изделия уже практически ничего изменить нельзя, кроме цвета и мелких деталей внешней формы. Во всех случаях функции художника-конструктора, так или иначе, вырождаются до уровня оформительства, а социальная и экономическая эффективность его деятельности сводится почти к нулю.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Проектирование пульта управления технологическим оборудованием

1.1. Цель работы

Результатом выполнения лабораторной работы должен стать эскиз пульта управления технологической установки, его размерное деление на зоны индикации, управления и рабочую с учетом индивидуального задания для каждого студента, полученного у преподавателя приложению к данным методическим указаниям.

1.2. Домашнее задание и методические указания к его выполнению

Для выполнения лабораторного задания необходимо проработать конспект лекций по данной тематике и соответствующие разделы литературы /1,2,3/. В процессе работы с литературой следует обратить внимание на особенности эргономического проектирования технологического оборудования, отличающегося от пульта управления РЭС наличием рабочей зоны (ультразвуковая установка сварки, лазерное устройство для технологических операций). Следует заметить, что действия человека-оператора управляющего технологическим оборудованием или радиоэлектронным средством (РЭС) с психофизиологической точки зрения имеют несущественные отличия. В обоих случаях человек-оператор и технологическое устройство или РЭС представляют собой две части согласованно работающего комплекса. Так как между ними всегда имеется целая система технических устройств, передающих информацию от РЭС к оператору и наоборот, то надо уметь раскодировать или закодировать эту информацию наиболее выгодным образом. Для этого необходимо дать ответы на следующие вопросы: какое количество информации человек-оператор может принять, переработать или передать в

единицу времени; какова его «пропускная способность» и предельные скорости различных реакций, точность восприятия и выдача различных сигналов; каково время «задержки» (обработки) сигнала оператором; какова надежность его работы. Все эти вопросы должны решаться под углом зрения «подгонки» машины под человека (а не наоборот).

Человек-оператор может выступать в роли «приемника» осведомительной информации, «ретранслятора» информации от одного звена к другому, «анализатора» информации и исполнителя принятого решения, а также выполнять программирование работы РЭС, контроль за ее состоянием или быть только исполнителем команд. Во всех этих случаях основными показателями его работы будут время полного цикла регулирования, точность и надежность работы.

Время полного цикла регулирования (оборота сигнала по контуру «человек-РЭС») можно представить в виде суммы:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i + T_0, \quad (1)$$

где t_i - время задержки сигнала в i -м звене системы;

n -общее количество звеньев;

T_0 - время задержки сигнала оператором (от момента поступления сигнала до ответа на него действием).

Величина T_0 лежит в пределах 100-500 мсек и более, в то время как $\sum t_i$ обычно на 2-3 порядка меньше.

Длительность латентного периода (времени от момента появления сигнала до начала движения) зависит от модальности ощущения, которая определяется возбуждаемым анализатором. Поэтому общее время, затрачиваемое оператором на получение информации от ряда приборов и на выполнение ответных действий T_0 , можно представить в виде:

$$T_0 = \sum_{i=1}^k \Delta t_i n_i + \sum_{i=1}^k \Delta \tau_i n_i + t_c + \sum_{i=1}^m t_{m_i} n_i \quad (2)$$

где k - количество приборов (стрелок, знаков);

Δt_i - время необходимое для полной оценки показаний i -го прибора (стрелки, знака);

$\Delta \tau_i$ - время перевода глаза с одного прибора на другой (полный цикл заканчивается в исходной точке);

t_c - длительность времени спонтанной (самопроизвольной) отвлекаемости оператора;

t_{m_i} - время выполнения моторных действий по управлению i -м регулятором РЭА;

m - количество регуляторов РЭА;

n_i - количество однотипных приборов или периодичность контроля (число наблюдений и регулировок).

При этом минимальная частота обращения к приборам определяется периодом дискретности наблюдения T . Так как кривая изменения наблюдаемого параметра представляет собой функцию с ограниченным спектром (теорема Котельникова) и может быть построена при использовании конечного числа точек, то значение T будет связано с наивысшей частотой F рассматриваемой функции следующим выражением:

$$T = 1:2F \quad (3)$$

Если оператор может определить скорость изменения параметра (первую производную) или ускорение (вторую производную по времени), то в этом случае предыдущее выражение записывается так:

$$T = (K+1):2F \quad (4)$$

где K - порядок высшей производной.

При этом дискретность наблюдения возрастает, что позволяет уменьшить T_0 . Изменение времени T_0 можно получить и за счет разной значимости сигналов. В простых (сенсомоторных) реакциях человек-оператор должен выполнять то или иное наперед заданное действие по полученному сигналу. В этом случае время задержки складывается из дли-

тельности латентного перехода и времени моторного компонента (длительности ответного движения). Длительность латентного периода простых сенсомоторных реакций является нелинейной функцией раздражения. Чем важнее раздражитель, тем короче латентный период (хотя и интенсивность возбуждения может быть и небольшой). Эффект возрастает при увеличении контраста сигнала. В этом случае среднее время реакции T_{cp} можно представить так:

$$T_{cp} = a + bN,$$

Где a и b - константы;

N - количество информации, приходящееся на сигнал в среднем;

T_{cp} - среднее время реакции на сигнал.

Зависимость T_{cp} от количества и важности информации носит характер прямых с разным углом наклона (рисунок 1). Эффект тем больше, чем более значащая информация поступает к оператору. Дополнительное уменьшение T_{cp} может иметь место при болевом «подкреплении» аварийного сигнала.

Более сложные дизъюнктивные реакции (реакции выбора) характеризуются необходимостью отвечать действием только на некоторые из сигналов. Длительность латентного периода таких реакций больше, чем у простых сенсомоторных реакций и при равной вероятности сигналов пропорциональна логарифму их альтернативных выборов. Дизъюнктивные реакции являются наиболее характерными для работы оператора РЭС. Создание автоматов для таких случаев - задача очень сложная, в противовес замене человека-оператора автоматов при простых сенсомоторных реакциях, когда эффективность и простота автомата могут быть решающим фактором при анализе альтернативы: человек или машина?

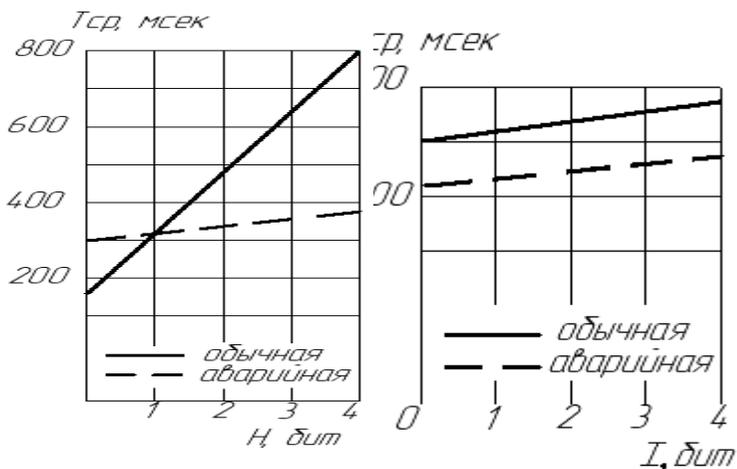


Рис. 1. Влияние количества и важности информации на среднее время

1 ($T_{ср}$) реакции на сигнал; 2 H - средняя информация (количество информации, приходящееся на сигнал в среднем); 3 I - индивидуальная информация (количество информации, содержащейся в отдельном сигнале).

Суммарные погрешности комплекса "человек-РЭС" в инженерной психологии принято суммировать так:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + \Delta^2}, \quad (6)$$

где σ_{Σ} - суммарная погрешность;

σ_i - погрешность i -го звена РЭА;

n - число звеньев;

Δ - суммарная погрешность работы оператора.

Здесь, как и ранее, величина суммарной погрешности работы оператора в несколько раз выше $\sum \sigma_i$. Поэтому самым радикальным путем уменьшения ошибок работы комплекса является уменьшение Δ . Максимальная точность работы оператора соответствует некоторому оптимальному темпу работы, уменьшение или увеличение которого приводит к возрастанию числа и величины ошибок.

Очень эффективным средством повышения точности работы является введение дополнительных контуров управления, которые дают информацию о показателях, сопутствующих выходному параметру системы (конечному результату). Это позволяет предвидеть изменения конечного результата работы заранее и обеспечить более высокую точность и скорость регулировки.

Одновременное повышение точности и надежности работы может быть получено при параллельной работе двух операторов. В этом случае в контур управления вводится устройство, которое пропускает управляющие сигналы в систему только при их полной идентичности. Ошибка управления возможна только при одновременном появлении ее в двух каналах (у обоих операторов). Вероятность допущения ошибки на входе P будет следующей:

$$P = \sum_{s=1}^N [\tau_s \sum_{i=1}^n (P_{1_i} P_{2_i})] \quad (7)$$

где P_{1i} и P_{2i} - вероятности того, что первый или второй оператор сделает ошибку типа i при выполнении операции s ;

τ_s - доля времени, необходимая для выполнения операции s ;

N - число операций; n - число ошибок.

В этом случае можно сократить число ошибок, проникающих в систему, в сотни раз. На стадии проектирования существенное повышение надежности дает учет психофизиологических факторов оператора, создание ему нормальных условий жизнедеятельности и выполнение РЭС так, чтобы

грубые ошибки не могли пройти в систему. Очень важна правильная тренировка оператора, предоставление ему возможности смены способов выполнения работы, а также ликвидация различных помех (эхо-сигналы, шумы, вибрации: световые блики и т.п.).

1.3. Вопросы для самопроверки

1. Определите понятие "система человек-машина".
2. Охарактеризуйте принципы конструирования пультов управления и панелей.
3. Сформулируйте рекомендации по размещению средств отображения информации и органов управления.
4. Какие функции лучше выполняет человек, какие - машина?
5. Назовите гигиенические, антропометрические, физиологические и психофизиологические показатели человека-оператора.
6. Какова специфика внешнего оформления бытовых и профессиональных РЭС?
7. Как определяется общее время, затрачиваемое оператором на получение информации о приборах?
8. Как определяется минимальная частота обращения к приборам оператора?
9. Охарактеризуйте среднее время реакции оператора и его зависимость от количества и важности информации.
10. Расскажите о методике расчета основных размеров пульта управления технологической установки (панели индикации, рабочей зоны).

1.4. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению

Для выполнения лабораторного задания студент получает от преподавателя исходные данные из приложения к настоящим методическим указаниям, производит соответ-

ствующие расчеты и эскизный чертёж проектируемой конструкции технологического оборудования.

Методика определения оптимальных размеров технологического устройства и пультов управления радиоэлектронным оборудованием приведена в /1,2/.

Человек-оператор выполняет работу стоя на расстоянии $l \approx 35$ см от установки имеющей три главных зоны расположенных сверху вниз в следующей последовательности (рис. 2): зона индикации, рабочая зона и зона управления. Высоты, на которых располагаются эти зоны, должны учитывать среднестатистический рост человека и дисперсию этой величины. Значения этих и других величин приведены в таблице.

Наименование характеристики	Мужчины		Женщины	
	М	см σ	М	см σ
Высота глаз стоя	156,0	5,8	145,8	5,5
Высота плеча	137,3	5,5	126,1	5,2
Длина руки – радиус зоны максимальной досягаемости	75,4	4,5	69,7	3,1

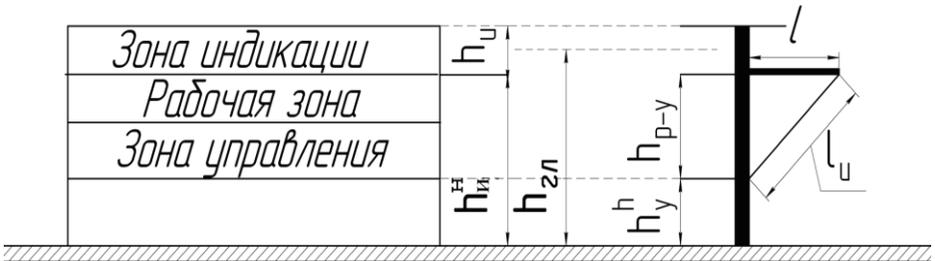


Рис. 2. Расположение зон индикации, управления и рабочей зоны на технологическом оборудовании

Вертикальный размер зоны индикации определяются как:

$$h_u = 2l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\text{опт}}}{2}$$

где $\alpha_{\text{опт}} = 30''$ - оптимальный угол зрения/2/.

В числовом выражении при $l = 35$ см, получается:

$$h_u = 2 \cdot 35 \cdot \operatorname{tg} \frac{30}{2} = 18 \text{ см}$$

Верхняя $h^B_{\text{гр}}$ и нижняя $h^H_{\text{гр}}$ границы нахождения зоны индикации от пола определяются с учетом высоты глаз $h_{\text{гл}}$:

$$h^{B,H}_{\text{гр}} = h_{\text{гл}} \pm 0,5h_u$$

Определение суммарной величины высот рабочей зоны и зоны управления (конструктивно оформленной в виде панели управления) осуществляется через длину руки l_p и расстояние l как:

$$h_{p+y} = \sqrt{l_p^2 - l^2}$$

Соответственно нижняя граница зоны управления от пола h^H_y с учетом высоты пола $h_{\text{пл}}$

$$h^H_y = h_{\text{пл}} - h_{p+y}$$

Таким образом найдены следующие величины высот для среднестатистического оператора:

h^H_y – высота нижней границы панели управления;

$h^H_{\text{и}} = h_{\text{пл}} = h_{p+y} + h^H_y$ – высота нижней границы зоны (панели индикации);

$h^B_{\text{и}} = h^H_{\text{и}} + h_{\text{и}}$ – высота верхней границы зоны (панели индикации).

Следует заметить, что граница между рабочей зоной и панелью управления может меняться по высоте между $h^H_{\text{и}}$ и $h^B_{\text{и}}$ в зависимости от особенностей конкретной установки.

Для нахождения конструктивных размеров технологической установки вышерассмотренного типа, удовлетворяющей 90% операторов (с учетом среднестатистических размеров) необходимо вместо величин $h_{пл}$, $h_{гл}$ и l_p , взять соответственно величины $h_{пл} - k\sigma_{пл}$, $h_{гл} - k\sigma_{гл}$, $l_p - k\sigma_p$, где k для случая указанной величины 90% операторов составляет 1,65.

1.5. Указания по оформлению отчета.

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями в /4/ и включать следующее:

- титульный лист;
- цель лабораторной работы;
- краткие теоретические сведения;
- исходные данные и методика расчета;
- результаты расчетов;
- выводы;
- эскиз технологической установки.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Оценка напряженности работы оператора

2.1. Цель работы

Итогом выполнения настоящей лабораторной работы является заключение о возможности деятельности оператора с учетом его психологических и психофизиологических характеристик и исходных данных о рабочем процессе, указанных в приложении.

2.2. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

Напряженность работы оператора может быть двух видов - эмоциональной и операционной. Операционная напряженность возникает вследствие сложности выполняемой работы, эмоциональная - в результате действия отрицательных эмоциональных раздражителей.

Большой интерес представляет использование для определения напряженности оператора предельно допустимых норм, характеризующих значение информационной нагрузки оператора. К ним относятся:

коэффициент загруженности, период занятости, длина очереди, время пребывания информации на обработке, скорость поступления информации.

Коэффициент загруженности:

$$\eta = 1 - \frac{\tau_p}{T_{деж}}$$

где τ_p - общее время, в течение которого оператор не занят обработкой поступающей информации;

$T_{деж}$ -общая продолжительность дежурства.

Однако для операторской деятельности необходимо обеспечить не только допустимую загруженность, но и опре-

деленное чередование периодов работы и отдыха (оперативного покоя). Для учета этого положения вводят понятие периода занятости $T_{зан}$, под которым понимают время непрерывной (без пауз) работы.

Появление напряженности создается и наличием очереди в период обработки информации, то есть тогда, когда новая информация поступает до окончания обработки ранее поступившей информации. На появление напряженности влияет как частота появления, так и длина очереди.

Частота появления очереди:

$$\beta = \frac{N_{оч}}{N}$$

где $N_{оч}$ - число сигналов, обработанных в условиях очереди;

N - общее число поступивших сигналов.

На деятельность оператора влияет и длина очереди (K). Если значение K превышает объем оперативной памяти, то возможны случаи пропуска сигналов оператором, возникновение ошибок, что способствует появлению напряженности в работе оператора.

При заданной продолжительности цикла ($T_{ц}$) и известном времени задержки сигнала в i -м звене машины t_i от оператора требуется быстроедействие:

$$\tau_{np} \leq T_{ц} - \sum_{i=1}^n t_i$$

где n - число машинных звеньев.

При наличии очереди сигналов оператор затрачивает некоторое время на ожидание сигналов обслуживания, а быстроедействие оператора характеризуется величиной:

$$\tau_{np} = \tau_{он} + \tau_{ож} \leq \tau_{np.дон}$$

где τ_{np} , $\tau_{np.доп}$ - соответственно время пребывания и допустимое время пребывания информации на обслуживании;

$\tau_{он}$ - собственное время обслуживания (обработки) сигнала.

Из этого условия следует, что:

$$\tau_{ож} = \tau_{np} + \tau_{он} \leq \tau_{np.доп} - \tau_{он}$$

Предельно допустимые нормы деятельности оператора определяются следующими значениями:

$$\eta_{доп}=0,75; \beta_{доп}=0,4; \tau_{ож.доп} = \tau_{пр.доп} - \tau_{он};$$
$$T_{зан}=15 \text{ мин}; \bar{K}_{доп} = 3; V = 1..5 \text{ дв. ед/с.}$$

Фактические характеристики деятельности оператора не должны превышать соответствующих предельно допустимых норм. Превышение их свидетельствует о появлении напряженности в работе оператора.

2.3. Вопросы для самопроверки

1. Охарактеризуйте понятия: коэффициент загрузки, период занятости, очередь сигналов, частота появления очереди и ее длины, время пребывания информации на обработке.

2. Каковы предельно допустимые значения величин, указанных в п. 1 вопросов?

3. Изложите методику оценки напряженности работы оператора.

4. Какие действия следует предпринять проектанту пульта в случае превышения нормальной нагрузки оператора?

5. Назовите гигиенические, антропологические, физиологические и психофизиологические показатели человека-оператора.

6. Назовите порядок эргономического анализа конструкции РЭС.

2.4. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению.

Для выполнения лабораторного задания студент получает от преподавателя исходные данные (вариант из приложения к настоящим методическим указаниям) и производит с ними для системы человек-машина (СЧМ) операции указанные ниже.

Рассмотрим на примере методику проверки наличия операционной напряженности при проектировании СЧМ. Проектируется автоматизированная система управления, задачей оператора в которой является прием, обработка и дальнейшая передача сообщений. Сообщения поступают в случайные моменты времени. Источником сообщений являются шесть управляемых объектов $N=6$. Плотность потока сообщений от одного объекта λ_1 составляет 5 сообщений в час.

С помощью анализа деятельности оператора установлено, что на обработку одного сообщения оператор затрачивает в среднем время $\bar{t}_{on} = 1,5$ мин. Из условий протекания процесса управления установлено, что информация теряет смысл (стареет) через 5,5 мин. после поступления ее к оператору. Характер потока сообщений является простейшим, а время обслуживания их подчинено экспоненциальному закону. Сообщения не могут покинуть систему необслуженными. Требуется дать оценку информационной загруженности оператора в такой системе.

Для решения задачи применим аппарат теории массового обслуживания.

Суммарная плотность входящего потока

$$\lambda = T \cdot \lambda_1 = 6 \cdot 5 = 30 \text{ сообщений/ч}$$

Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{60}{\bar{\tau}_{оп(мин)}} = \frac{60}{1,5} = 40 \text{ сообщений/ч}$$

Приведенная плотность входящего потока

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{30}{40} = 0,75.$$

Определим коэффициент загрузки, представляющий вероятность занятости оператора обработкой поступающих сообщений (на обслуживании имеется хотя бы одно сообщение). Сначала найдем вероятность того, что оператор не занят обработкой поступающих сигналов (длина очереди $K = 0$):

$$p_0 = 1 - \rho$$

Тогда коэффициент загрузки:

$$\eta = 1 - p_0 = \rho = 0,75.$$

Математическое ожидание периода занятости:

$$T_{зан} = \frac{1}{\mu - \alpha} = \frac{1}{40 - 30} = 0,1ч = 6мин$$

Коэффициент очереди представляет собой вероятность нахождения на обработке одновременно $K > 1$ сообщения (имеется очередь сообщений). Следовательно, с учетом случаев $K=1$ и $K=0$

$$\beta = 1 - p_0 - p_1 = 1 - (1 - \rho) - (1 - \rho)\rho = \rho^2 = 0,56.$$

Среднее значение длины очереди сообщений

$$\bar{K} = \sum_{k=0}^{\infty} K P_k = \sum_{k=0}^{\infty} K \rho^k (1 - \rho) = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,75}{1 - 0,75} = 3.$$

Среднее значение времени ожидания

$$\bar{\tau}_{ож} = \int_0^{\infty} \tau l - (\mu - \lambda) \tau d\tau = \frac{\rho}{\mu - \lambda} = \frac{0,75}{40 - 30} = 4,5мин$$

Допустимое время ожидания

$$\bar{\tau}_{ож.доп} = \bar{\tau}_{пр.доп} - \bar{\tau}_{оп} = 5,5 - 1,5 = 4 \text{ мин.}$$

Анализ полученных результатов показывает, что такие нормы, как коэффициент очереди и время ожидания, не выполняются, а требования по коэффициенту загрузки и длине очереди выполняются на пределе. Следовательно, при заданных условиях нормальные условия деятельности оператора обеспечены не будут. Для обеспечения нормальных условий необходимо уменьшить число управляемых объектов.

Проверим выполнение предельно допустимых норм при плотности входящего потока $\lambda = 25$ сообщений/ч. Приведенная плотность входящего потока

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{25}{40} = 0,62$$

При этой плотности вычисление норм деятельности оператора дает следующие результаты:

$$\eta = 0,62; \rho = 0,39; \tau_{ож} = 2,48 \text{ мин}; T_{зап} = 4 \text{ мин}; K = 163$$

Из этого следует, что при $\lambda = 25$ нормальные условия деятельности оператора обеспечены. Поскольку плотность потока сообщений от одного объекта $\lambda_1 = 5$, оператор может управлять одновременно пятью такими объектами.

2.5. Указания по оформлению отчета

Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен в соответствии с требованиями, изложенными в /4/ и включать разделы аналогичные описанным в п. 1.5 настоящих методических указаний.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение основных характеристик оператора по восприятию информации в системе человек-машина

3.1. Цель работы

Постоянно возрастающие требования к оператору в системе «человек-машина» связанные с неуклонным ростом технического прогресса, вызывают необходимость соответственно в совершенствовании работы оператора.

Результатом выполнения лабораторной работы является определение возможностей восприятия визуальной и аудио информации (сточки зрения их частотных характеристик) отдельного индивидуума. Практическая реализация полученных результатов может помочь в решении более общих задач:

- разработка методов отбора и профессиональной подготовки операторов с учетом структуры конкретного вида деятельности и связанных с ней требований к психическим процессам;

- изучение факторов, от которых зависит надежность и эффективность действий оператора. Особое внимание уделяется так называемым экстремальным условиям (высокая ответственность, острый дефицит времени, необычная обстановка, повышенный уровень шума);

- исследование особенностей восприятия информации человеком, т. е. изучение его «сенсорного входа».

3.2. Характеристики оператора в системе «человек-машина»

3.2.1. Сравнение функциональных возможностей человека и машины

В процессе проектирования конструкторы часто сталкиваются с необходимостью решения таких вопросов, как,

например: «должны ли определенные функции выполняться оператором вручную или их выполнение должно быть автоматизировано?» Имеются определенные факторы, которые могут быть учтены для нахождения достаточно обоснованного решения, хотя они и требуют еще специальной проверки. Предлагаемая ниже таблица составлена на основе имеющихся в настоящее время экспериментальных или эмпирических данных.

Таблица 1

Сравнение человека и машины

ПОКАЗАТЕЛИ, ПО КОТОРЫМ ЧЕЛОВЕК ПРЕВОСХОДИТ МАШИНУ	ПОКАЗАТЕЛИ, ПО КОТОРЫМ МАШИНА ПРЕВОСХОДИТ ЧЕЛОВЕКА
<p>Обнаружение полезных сигналов, имеющих очень низкий энергетический уровень</p> <p>Чувствительность к чрезвычайно широкому диапазону стимулов</p> <p>Опознавание образов и их обобщение</p> <p>Обнаружение сигналов при высоких уровнях шума</p> <p>Способность хранить большие количества информации в течение длительного времени и вспоминать полезные сведения в нужный момент</p> <p>Способность выносить суждения при неполной информации о событиях</p> <p>Нахождение и использование эвристических методов решения</p> <p>Способность реагировать на непредвиденные события</p> <p>Проявление оригинальности в решении проблем</p> <p>Способность учитывать прошлый опыт и менять способ действия</p> <p>Способность выполнять тонкие операции, особенно в непредвиденных ситуациях</p> <p>Способность продолжать действия даже в условиях перегрузки</p>	<p>Предостережение (как человека, так и машины)</p> <p>Выполнение однообразных чрезвычайно точных операций</p> <p>Способность очень быстро реагировать на управляющие сигналы</p> <p>Плавное и точное приложение больших усилий</p> <p>Хранение и использование больших количеств информации в течение кратковременных периодов</p> <p>Выполнение сложных вычислений быстро и с большой точностью</p> <p>Чувствительность к стимулам, лежащим за пределами чувствительности человека (инфракрасное излучение, радиоволны и т. д.)</p> <p>Одновременное выполнение разнообразных действий</p> <p>Дедуктивные процессы</p> <p>Нечувствительность ко многим посторонним факторам</p> <p>Способность в течение длительного периода быстро и точно повторять однообразные операции</p> <p>Действие в условиях, вредных или вообще невыносимых для человека</p>

Автоматизация должна помочь освободить человека для выполнения более важных задач, для которых он особен-

но хорошо приспособлен, таких как оценка ситуации, планирование, принятие решений и т.п. Машины должны освободить его от такой рутинной работы, как запоминание подобной информации, проведение арифметических расчетов и выполнение однообразных, шаблонных или строго определенных движений. Не следует, однако, рассматривать эти задачи изолированно, поскольку человек редко выполняет задачи без помощи технических средств. На деле выбор может быть только между комбинацией «человек плюс машина» и машиной.

3.2.2. Надежность человека

Надежность человека имеет важное значение не только потому, что в процессе проектирования приходится делать выбор между человеком и машиной, но также и для решения вопроса о том, как использовать человека в системе. Количественной выражение надежности человека — чрезвычайно трудная, а возможно, и нереальная задача. Желательно, однако, рассмотреть надежность человека с точки зрения зависимости между характеристиками человека и определенными факторами, понижающими надежность его действий. Главная задача стоит в максимальном уменьшении вероятности ошибок человека путем рационального конструирования оборудования.

Проектировщики должны так выбирать содержание рабочего задания, чтобы максимально увеличить скорость реакции человека и при этом максимально снизить возможность ошибок и влияние изменений окружающих условий. Необходимо учитывать также влияние мотивации: задача должна в разумной степени мобилизовать внимание оператора, но не приводить его в замешательство. При проектировании необходимо учитывать возможные различия среди операторов в отношении интеллекта, образования, профессиональных навыков и т.п. Конструктор должен остерегаться ошибочных заключений из наблюдений частоты правильных реакций

оператора при наличии недостатков конструкции или неблагоприятных условий среды. При конструировании изделий не предполагается, что они всегда будут работать в максимально тяжелом режиме; точно также и человека нельзя заставлять работать на пределе его возможностей. Особое внимание должно уделяться тем условиям, в которых совместное действие ряда нагрузок может ухудшить деятельность оператора, хотя он в состоянии противостоять любой из них в отдельности.

К сожалению, о действии комбинированной нагрузки еще очень мало известно. В любом случае вариабельность человека такова, что его действия время от времени подвержены ошибкам по совершенно необъяснимым причинам. Поэтому не следует усугублять дело, умышленно создавая конструкции или окружающие условия, могущие служить источником ошибок.

Анализ предлагаемой системы обычно позволяет распределить все подсистемы и поручаемые человеку задачи по категориям в зависимости от функциональной значимости ошибок человека:

Таблица 2

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ	ВЛИЯНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ («КРИТИЧНОСТЬ»)
0	Не оказывает воздействия
1	Снижает эффективность, но не исключает возможности выполнения задания
2	Приводит к невозможности выполнить задание
3	Приводит к гибели людей или оборудования

Проанализировав ошибки в действии системы и распределив их по приведенной выше шкале оценок, можно по-

лучить грубые, но полезные сведения о том, в какой степени надежность системы зависит от оператора.

Нет ошибки

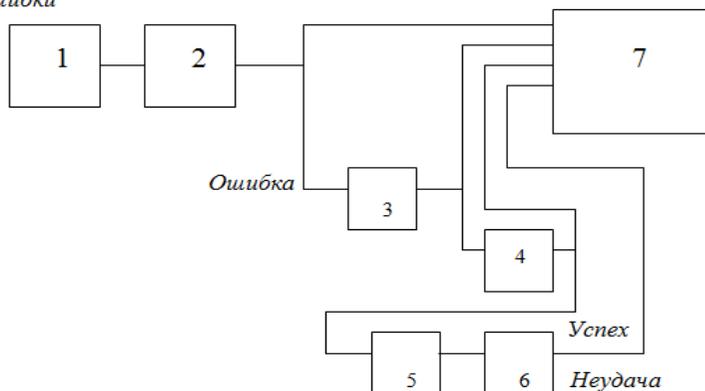


Рис. 1. Принципиальная схема предсказания и контроля ошибок человека

1 – анализ наилучшего применения возможностей человека для выполнения элементарных действий; 2 – выявление источников ошибок; 3 – оценка вероятности появления; 4 – оценка критичности возникающих эффектов; 5 – анализ способов устранения; 6 – проверка и оценка способов устранения; 7 – включение в конструкцию подсистемы, позволяющей успешно выполнить определенные требования общей задачи.

3.2.3. Человек как приемник информации

Характеристики органов чувств человека (зрение, слух, осязание и т. д.) таковы, что он является высоконадежным приемником информации. Его постоянные времени относительно велики, составляя от 25 до 150 мсек. Диапазон его чувствительности ограничен пределами приблизительно от 20 до 20000 Гц в звуковой области и от 4000 до 7000 А в области электромагнитного спектра. Способность восприятия человеком последовательных сигналов, по-видимому, почти никогда

не превышает 10 сигналов в секунду. Пропускная способность «входов» человека легко исчерпывается, поэтому особое внимание должно быть уделено тому, чтобы избежать при передаче сообщений человеку даже частичного перекрытия сигналов, конкуренции между ними или несовместимости визуальных или речевых сообщений.

3.2.4. Человек как передатчик информации

Человек может воспринимать сигналы от другого человека или от узлов оборудования и передавать их другим людям или другим узлам оборудования посредством речевой связи, рукояток, кнопок, ключей управления и т. д. Все выходы человека носят характер моторных реакций, они относительно медленны и имеют малую мощность. Даже при большом навыке (печатание на машинке или игра на музыкальном инструменте) количество информации, которое человек способен передать в единицу времени, оказывается ограниченным приблизительно 25 дв. ед. (*бит*) в секунду (6 – 7 букв или нот в 1 сек.). Максимальное быстроедействие человека как передатчика информации составляет около 40 дв. ед.; средняя скорость выполнения человеком простых операций без предварительной тренировки составляет около 2 дв. ед. в секунду.

3.2.5. Человек как вычислительное устройство

Человек является исключительно хорошей вычислительной машиной. Например, пилот по отрывочной информации, получаемой от приборов контроля режима полета, способен определять направления, скорости, отрезки времени и точки перехвата со значительной точностью. Наконец, человек способен принимать решения, основанные на прошлом опыте и на характере зрительных или слуховых входных сигналов. Человек представляет собой единственную существу-

ющую вычислительную машину, способную решать проблемы способом логической индукции.

3.2.6. Человек как управляющее устройство

Передаточная функция человека в системе управления существенным образом зависит от того, каков характер поставленной перед ним задачи. Управляя вертолетом, человек выполняет поразительно сложную работу, удерживая машину в неподвижном состоянии, что потребовало бы от вычислительной машины совместного решения девяти дифференциальных уравнений. При пилотировании самолета летчик сталкивается с необходимостью одновременно реагировать на показания нескольких приборов и делает это наиболее успешно, если они предваряют результаты действий пилота.

По-видимому, моторный выход человека имеет полосу пропускания около 10 Гц и «естественную» периодичность порядка $1/2 - 1 \text{ Гц}$. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы человек не был включен в систему с резонансной частотой в этой области, иначе колебания от $1/2$ до 1 Гц могут претерпеть резонансное усиление.

Таблица 3

Возможности переработки информации

	Скорость декодирования информации и вынесения решений, <i>бит/сек</i>
Телевизионный канал	$3 \cdot 10^7$
Телефонный канал	$2 \cdot 10^4$
Телетайпный канал	60
Человек максимальная скорость	40
Обычная скорость	2

К характеристикам человека, которые позволяют использовать его для выполнения описанных выше функций, относятся его сенсорные возможности, двигательные реак-

ции, память, легкая приспособляемость и вычислительные способности.

3.2.7. Сенсорные возможности человека

При надлежащих условиях освещения человек способен различать цвет, яркость и форму. Диапазон, или амплитуда, зрительного восприятия человека превышает 8 логарифмических единиц, т.е. если принять наименьшую воспринимаемую глазом интенсивность света за единицу, то наибольшая воспринимаемая интенсивность света составит около 100 млн. Глаз реагирует на такие малые количества световой энергии, как 4 или 5 квантов, и при идеальных условиях может обнаружить объект, видимые угловые размеры которого составляют около 0,5 сек. Это эквивалентно различению проволоки диаметром 1,6 мм на расстоянии около 800м. Способностям человека слышать, осязать, ощущать вкус и запах соответствует различная чувствительность. Энергия звука в $1 \cdot 10^{-10}$ эрг/сек достаточно для того, чтобы вызвать реакцию человека. Это лишь ненамного превышает энергию, освобождающуюся при столкновении молекул воздуха при их хаотическом броуновском движении. Самый громкий звук, который человек может воспринимать без вреда для себя, несет приблизительно в 10 миллиардов раз большую энергию.

Чувствительность глаза и уха близка к теоретическим пределам возможностей физической системы. Действительно, есть основания полагать, что в некоторых случаях «сверхчувствительности» индивидуум фактически слышит звуки, производимые броуновским движением.

3.2.8. Двигательные реакции

Человек может говорить, нажимать на кнопки, пользоваться рукоятками и рычагами. Он может указывать пальцем, писать, нажимать на педали и т.д. Все эти выходы могут быть применены и применяются в системах «человек и машина».

3.2.9. Память человека

Человек обладает хорошей долговременной памятью для хранения обобщенных данных опыта, но довольно плохой кратковременной памятью в отношении большинства своих сенсорных функций. Это особенно относится к слуховым восприятиям. Быстродействие человека невелико по сравнению с вычислительной машиной, но зато он способен восстанавливать в памяти обобщенные образы прошлого опыта для решения неожиданно возникающих проблем. До сих пор ни одна вычислительная машина к этому не способна.

3.2.10. Приспособляемость человека

Человек обладает большой способностью приспособления и может успешно выполнять чрезвычайно разнообразную работу, если только не превзойдены пределы его возможностей. Как только предъявляемые к нему требования становятся чрезмерно сложными, эта же приспособляемость может привести к нежелательному ухудшению работы всей системы. Поэтому следует применять машины везде, где они могут избавить человека от примитивной и однообразной работы, и использовать человека там, где необходимо принимать решения или проявлять приспособляемость, к чему машины не способны.

3.2.11. Человеческий фактор в системе человек – машина

В нормальных условиях человек удовлетворительно выполняет числовые расчеты. В тех же случаях, когда время, которым он располагает, ограничено, т. е. когда он находится

в состоянии напряжения, человек в значительной степени утрачивает эту способность и, таким образом, уступает вычислительным машинам. Однако, ни одна вычислительная машина не может сравниться с ним в выполнении качественных нечисловых расчетов.

Эти свойства в какой-то степени являются общими для всех людей. Необходимо помнить, однако, что люди широко различаются по своим способностям, размерам тела, тренированности и ловкости. Пока мы не имеем возможности «управлять качеством» человеческих существ, инженер должен проектировать оборудование, которое могло бы успешно использоваться любым представителем той группы людей, для которых оно предназначено.

Качество выполнения определенной операции человеком обычно имеет тенденцию ухудшаться при увеличении продолжительности работы. Это редко является результатом чисто физиологического утомления. Подобное ухудшение показателей работы скорее является следствием скуки, ослабления внимания, недостатка заинтересованности. При проектировании необходимо позаботиться о том, чтобы человек не был вынужден слишком долго работать с предельной нагрузкой. Кроме того, необходимо уделять внимание окружающим человека условиям. Допустимые пределы воздействия одного внешнего фактора, порождающего напряженность, могут оказаться превзойденными, если несколько факторов действуют одновременно. Всегда, когда это возможно, следует предусматривать в проекте «оптимальные» условия труда; это поможет оператору более точно выполнять требования, которые ставит перед ним инструкция.

3.2.12. Характер работы оператора

Деятельность самого оператора как управляющего звена в замкнутых системах оператор – электронное средство (ЭС) может быть охарактеризована следующими тремя этапами:

- получение и восприятие информации от различных приборов, сигнальных устройств и внешней среды (сенсорные функции оператора);

- обработка полученной информации и выработка необходимого управляющего воздействия для управления ЭС и его системами, т. е. оценка принятых параметров управляемого процесса, окружающей среды (условий) и возмущающих воздействий, обобщение, интерпретация и сравнение их с параметрами желаемого (или заданного) процесса управления и принятие решения о характере, величине и направлении управляющего воздействия (вычислительно-логические функции оператора);

- приложение управляющего воздействия к органам управления ЭС и его системам или выдача каких-либо управляющих команд (моторные функции оператора).

Диаграмма взаимосвязи действий и ответных реакций оператора и машины дана на рис. 2. При рассмотрении замкнутых систем управления с участием оператора не следует забывать, что они в промежутках между интервалами контроля параметров и приложения управляющего воздействия остаются как бы разомкнутыми. За эти промежутки времени на выходе интегрирующих звеньев накапливаются отклонения, пропорциональные коэффициентам усиления звеньев, величине промежутка времени и значением входных величин. Для обеспечения надлежащей точности системы управления с участием оператора необходимо выбирать вполне определенную периодичность контроля. Периодичность контроля должна быть согласована также с характером произвольного изменения управляемого параметра по времени.

В ходе инженерно-психологических исследований при разработке систем управления и их элементов, при подготовке операторов к профессиональной деятельности необходимо проводить оценку систем управления с участием оператора. Для отработки единого подхода к исследованию этих систем представляется целесообразным все многообразие систем управления ЭС свести к нескольким типовым системам, в ко-

торых бы были выделены основные элементы, работа которых должна оцениваться при работе любой системы.

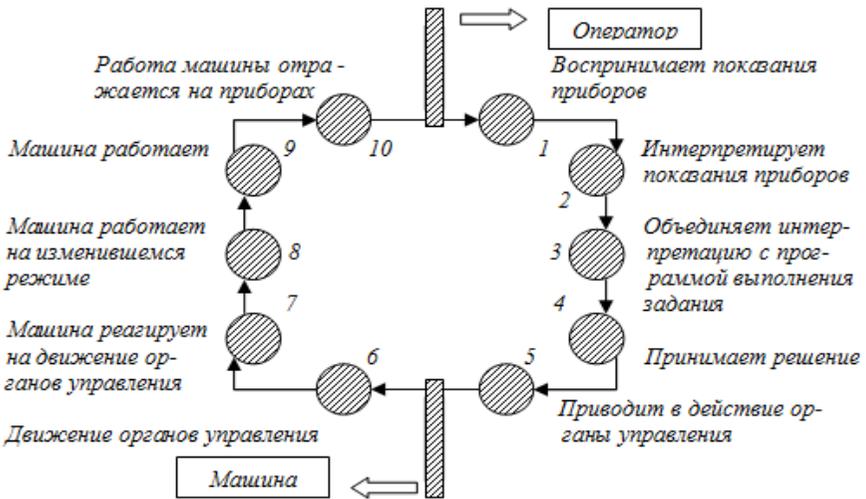


Рис. 2. Диаграмма взаимосвязи действий и ответных реакций оператора и машины

Типовые полуавтоматические (с участием оператора) схемы управления ЭС, являющиеся системами оператор – ЭС, обычно работают по принципу «слежения с преследованием» или по принципу «слежения с компенсацией». Эти два принципа поясняются рис. 3; обычно они могут различаться по приемным индикаторным устройствам. В верхней части рисунка показана система «слежения с преследованием», в котором оператор видит величину входного и выходного сигналов системы. Задача оператора заключается в том, чтобы свети к минимуму рассогласование между расположением отметки цели и следящим индексом управляемого объекта, причем как отметки, так и индекс подвижны. В нижней части схемы показана система слежения компенсаторного типа, в которой оператор видит только рассогласование $e(t)$ между возмущающим воздействием $i(t)$ и выходом систем $r(t)$.

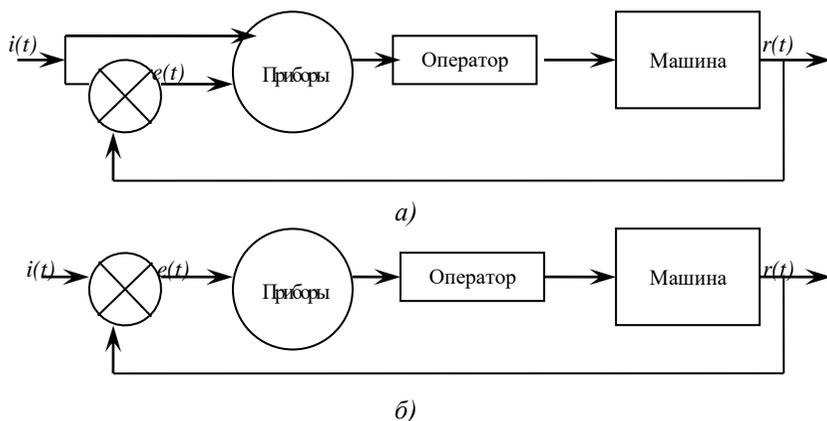


Рис. 3. Схема полуавтоматических систем управления
 а – система «слежки с преследованием»; б – система слежения
 компенсаторного типа.

Как следует из практики, оператор выполняет параллельно несколькими системами электронных средств (ЭС).

Функции оператора в сложной системе управления сводятся в основном: к компенсирующему слежению по многим индикаторам, операциями контроля за величинами регулируемых параметров объекта, математической и логической обработке поступающей от приборов и сигнализаторов информации, обобщению результатов контроля и сравнению их с планом действия, выработке решения по управлению объектом и реализации этого решения через органы управления путем приложения соответствующего воздействия на них.

Не следует забывать, что при разработке систем управления, в них необходимо реализовать по крайней мере два метода, связанные с получением оператором информации, а именно:

- метод разгрузки, при котором оператор освобождается от необходимости выполнения сложных логических операций по интерпретации и вычислениям за счет предварительной обработки информации при помощи вычислительных устройств;

- метод ускорения, при котором оператор получает информацию немедленно после воздействия на органы управления ЭС или его систем.

Поскольку целью обоих методов является создание условий, когда от оператора требуется выполнение только тех функций, для которых он наиболее приспособлен, эти соображения являются важными при разработке систем управления ЭС.

Оператору в этих системах приходится выполнять роль как одного, так и нескольких звеньев: роль логических и вычислительных устройств, измерителя параметров процесса управления, усилительного, интегрирующего или дифференцирующих звеньев, устройство формирования управляющего воздействия, а также различного рода обратных связей и роль источника информации для других операторов.

Как полагают, некоторые исследователи, сила эмоционального напряжения человека возрастает с большей скоростью, чем сила двигательных реакций, как это схематично показано на рис. 4. Эффективность выполнения задач различной сложности (трудных, средней трудности, легких) зависит от возрастания эмоциональной напряженности. Слабое напряжение увеличивает эффект выполнения задач различной сложности, но выше некоторого оптимального значения напряжения эффективность прогрессивно снижается и тем больше, чем труднее задача. Эта зависимость представлена на рис. 5.

При анализе зарубежных работ в области оптимального согласования человека и машины (в системе человек-машина) явно видны сохранившиеся в них эмпирические установки. Несмотря на обилие «методологических» рассуждений, которые даже в сводных работах обычно занимают

большое место, значительная часть конкретных исследований предстает как недостаточно теоретически обоснованные поиски новых количественных определений.

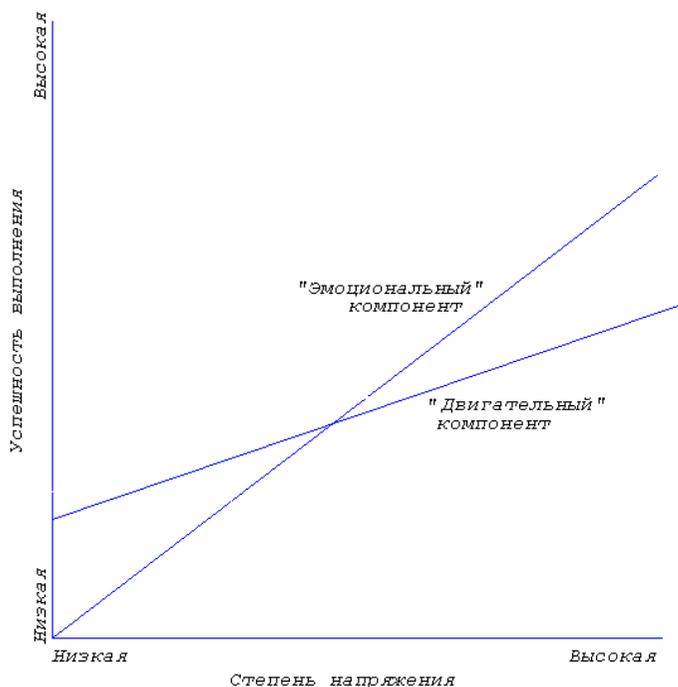


Рис. 4. Отношение между напряжением и мотивацией

При этом ярко выявляется и вторая тенденция – рассматривать человека только с инженерной точки зрения, только как одно из звеньев технической системы, пока не замененное автоматическими устройствами.

Однако указание на ошибочность подхода, который ставит в один ряд функции оператора в автоматизированном производстве с функциями машин и целиком подчиняет первых последним, отнюдь не означает, что оператора вообще нельзя рассматривать с точки зрения его связей и взаимодействия с техническими устройствами. Представление о системе человек-машина является не только оправданным, но и прогрессивным. Именно это представление и позволило поста-

вить проблему оптимального согласования человека и аппаратуры управления.

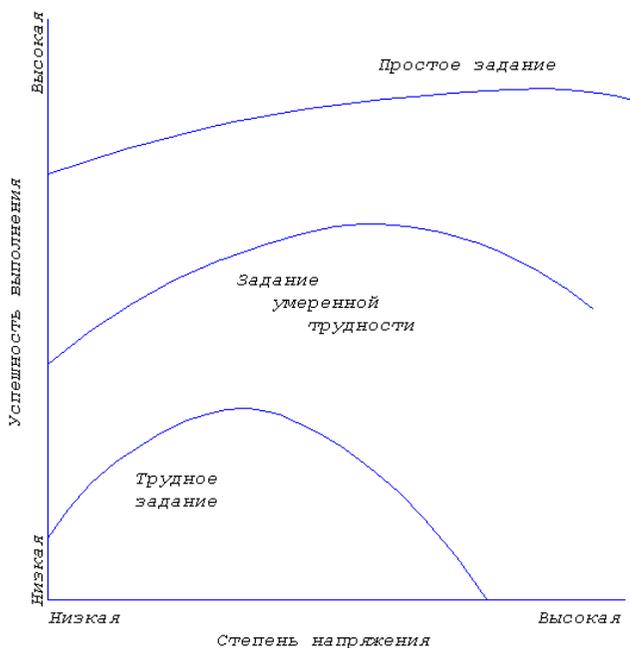


Рис. 5. Зависимость эффективности выполнения задач различной сложности от возрастания эмоциональной напряженности оператора

3.3. Особенности восприятия информации оператором основными органами чувств

3.3.1. Зрение

Зрительная система — оптикобиологическая бинокулярная система, эволюционно возникшая у животных и способная воспринимать излучение видимого спектра (света), создавая изображение, в виде ощущения (сенсорного чув-

ства) положения предметов в пространстве. Зрительная система обеспечивает функцию зрения.

Зрительная система у млекопитающих включает следующие анатомические образования: глаз, в частности хрусталик, сетчатка (вспомогательные структуры: мышцы глаза, век и слёзный аппарат), зрительные нервы, хиазма, зрительный тракт, латеральное коленчатое тело промежуточного мозга, передние бугры четверохолмия среднего мозга, зрительная радиация, зрительная кора.

3.3.2. Острота зрения

Наиболее элементарной величиной является острота зрения. Она определяется тем минимальным расстоянием между двумя точками, при котором возможно минимальное ощущение их раздельности. Порог остроты зрения выражается в угловых единицах.

Обычно за нормальную остроту зрения принимается такая, порог которой равен 1 угл. мин. Однако некоторые исследователи считают, что в среднем у людей с нормальным зрением она выше. По Теплову, порог нормальной остроты зрения равен $35\text{--}40 \text{ угл. сек.}$

Важнейшим условием видения, влияющим на остроту зрения, является расстояние наблюдателя от объекта. Это влияние особенно значительно в пределах примерно до 6 м, что связано с действием механизма аккомодации. Но при большой дистанции оно почти не проявляется.

Острота зрения изменяется также в зависимости от цвета освещения фона. При красном освещении фона она выше чем при голубом.

Экспериментально установлены изменения остроты зрения при изменении интенсивности освещения (наиболее значительны они в пределах от 0 до 100 мламб), и величины светового контраста между объектом и фоном. При этом прямой контраст (тёмный объект на светлом фоне) и обратный (светлый объект на тёмном фоне) влияют на остроту зрения

по-разному. В условиях обратного контраста её порог несколько меньше, т.е. острота выше. Это объясняется эффектом иррадиации света в глазе, в результате чего всякая светлая точка изображается на сетчатке несколько размытой. Поэтому видимые объекты светлых объектов кажутся расширенными, надвинувшимися на более темную область. С увеличением как яркости фона, так и контраста (и прямого, и обратного) острота зрения растёт.

3.3.3. Слияние частоты мельканий

Временной параметр чувствительности оптического аппарата характеризуется также так называемой критической частотой мелькания. Эта величина определяет границу ощущения прерывистого стимула. За её пределом прерывистый стимул воспринимается как непрерывный; отдельные ощущения от ряда оптических раздражителей, образующих прерывистый стимул, сливаются и субъективно выступают как образ непрерывного стимула. Критическая частота мелькания, также как и временный порог, зависит от интенсивности светового воздействия. Экспериментально показано, что с увеличением интенсивности она увеличивается.

К временному параметру зрительных ощущений относится и длительность сохранения остаточного, или инерционного образа. Физиологам и психологам уже давно известно, что возникшее ощущение не исчезает в момент прекращения действия раздражителя, а сохраняется ещё некоторое время.

Длительность инерции ощущения варьирует, по данным разных авторов, от 0.05 до 1 сек. Надо полагать, что длительность инерции зрительного образа, как и другие его характеристики, не является константной величиной, а варьирует в зависимости от условий зрения и качеств оптического раздражителя. Время инерции зрения зависит от яркости фона. При значительной яркости оно равно 0.05 сек, но с её понижением возрастает, доходя до 0.2 сек. Инерция зрения является важнейшим условием различения. За время инерции

осуществляется усреднение световых воздействий на сетчатку, необходимое для выделения полезного сигнала из шума (в частности, из шума, который обуславливается квантовой флуктуацией света). С его увеличением растет и разрешающая сила глаза.

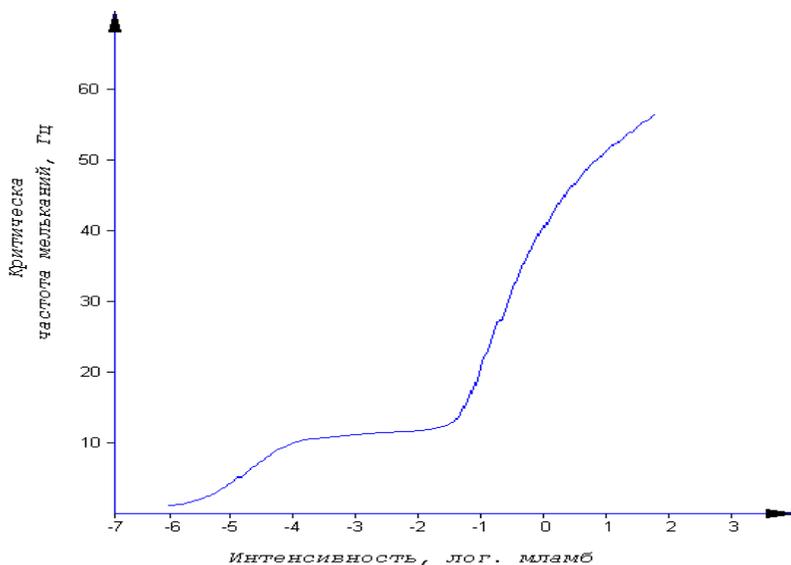


Рис. 6. Зависимость критической частоты мельканий от интенсивности раздражителя

Вопрос о слиянии световых мельканий, так же как и вопрос об инерции зрения, приобретает особое значение при решении некоторых инженерных задач в двух вариантах. Первый вариант заключается в следующем. При конструировании многих видов аппаратуры возникает необходимость того, что бы человек не замечал прерывности оптических сигналов. Значит, их частота должна быть выше порога. Суть второго варианта такая: нередко мелькание используется в качестве сигнала о том или ином событии; например, при появлении нового объекта на экране мелькания могут служить

средством привлечения внимания оператора. В этом случае их частота должна быть ниже порога слияния световых мельканий.

В том случае, когда мелькания света используются в качестве сигнала, возникает вопрос о выборе оптимальной частоты.

Применение мелькания только для привлечения внимания не требует ни различения частоты вспышек, ни оценки их числа. Здесь оптимальной является частота от 3 до 10 вспышек в 1 сек; длительность каждой из них должна быть не менее 50 мсек.

3.3.4. Слух

Во многих системах управления значительная часть информации поступает к человеку в форме звуковых сигналов. Так, опытные станочники, шоферы, трактористы и пилоты могут достаточно точно оценить состояние управляемых машин по шуму моторов. Сонорный оператор на подводной лодке, «слушая воду», определяет типы проходящих кораблей, направление их движения и скорость. По шуму на электростанции обслуживающий персонал оценивает состояние работающих агрегатов. Часто акустические процессы служат для передачи человеку сигналов опасности (сирена, звонок и т.д.). Особенно широко звуковые сигналы используются при передаче речевых сообщений.

Основными параметрами звуковых волн являются амплитуда, частота и форма, которые отражаются в слуховых ощущениях как громкость, высота и тембр. Модуляция звуков по этим параметрам позволяет передать огромную по объему информацию. Но, принимая её, человек должен детектировать звуковой сигнал, т.е. выделить модулирующую функцию. Исходным процессом в детектировании является слуховое различение.

Возможности слухового различения наиболее общих параметров звуковых волн изучены в физиологии и психоло-

гии достаточно подробно. Исследования позволили определить общие границы области слуховых ощущений. По показателям частоты ощущаемых звуков эта область простирается от 16-20 до 20000-22000 Гц. Величина абсолютного порога звукового анализатора по показателям интенсивности зависит от частоты ощущаемых звуков. Наиболее низкий порог приходится на среднюю область частот (2000-5000 Гц).

Надо отметить, что центральное место на «шкале» звукового анализатора (по показателям, как интенсивности, так и частоты) занимает зона звуков человеческой речи. С удалением от неё слуховые ощущения становятся всё менее и менее дифференцированными. Это свидетельствует об особой роли звукового языка, являющегося основным средством общения между людьми, в развитии слуха человека

3.4. Лабораторное задание

Повышение эффективности работы операторов, связанных с эксплуатацией РЭС, является в настоящее время одной из актуальных задач надёжности работы и производительности системы человек-машина. Средствами для повышения указанных характеристик таких систем являются, в частности профессиональный отбор операторов, обладающих природными качествами, и их специальная тренировка с помощью соответствующей радиоаппаратуры.

Для указанных целей в работе используется прибор для эргономических исследований состоящий, в свою очередь из аудиометра, позволяющего определить порог слуховой чувствительности конкретного оператора в диапазоне 60...8000 Гц и шумометра, работающего в диапазоне 60...8000 Гц, дающего возможность определить уровень звукового фона в рабочем помещении с учетом его спектра. Для оценки приспособленности или степени утомления органов зрения оператора в приборе имеется устройство для определения указанных характеристик оператора основанное на

восприятию критической частоты слияния мельканий светового сигнализатора (рис.6).

Аудиометр состоит из генератора звуковой частоты А1, устройства настройки частоты А2, усилителя мощности А3 и громкоговорителя В1.

Шумомер включает в себя микрофон В2, усилительные каскады А8, А9 результирующимеся полосовым фильтром А10, устройство преобразования частоты А11 и подключающийся с помощью переключателя SA1 измерительный элемент А12. Для регулировки чувствительности шумомера на лицевой панели имеется отградуированный переменный резистор.

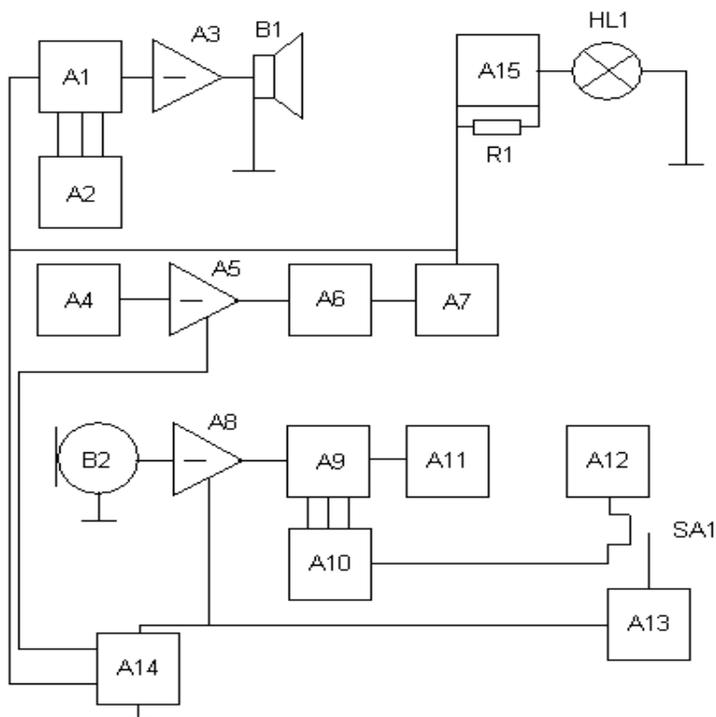


Рис. 7. Прибор для определения функциональных возможностей человека в области основных органов чувств

Для оценки степени утомления зрительных органов по критической частоте слияния мельканий и устойчивости ясного видения в приборе используется устройство состоящее из задающего генератора с усилителем мощности формирователем импульсов А4...А7, А15 и источником мелькающего света НЛ1. Изменение частоты мелькания света производится с помощью резистора R1 регулировочной ручкой расположенной на лицевой панели прибора для эргономических исследований. Изменяя частоту вспышек источника света от минимальной в сторону увеличения можно определить максимальную частоту мелькания, где глаза оператора ещё способны отличить пульсирующий свет от постоянного.

Для электропитания прибора для эргономических исследований в изделие входит преобразователь сетевого напряжения А13, А14.

3.5. Методические указания по выполнению лабораторного задания и указания по оформлению отчета

В процессе выполнения лабораторного задания каждый студент с помощью аудиометра определяет индивидуальный порог слуховой чувствительности в диапазоне частот 60-8000Гц с дискретностью частотного диапазона указанной на лицевой панели прибора.

Для определения особенностей зрительного восприятия визуальной информации каждым индивидуумом или степени утомления зрительных органов с течением рабочего времени используется критерий максимальной частоты при которой оператор способен отличить мелькания светового индикатора от его постоянного свечения.

При оформлении отчета по лабораторному заданию необходимо руководствоваться стандартом предприятия СТП ВГТУ 001-99. Отчет должен содержать следующие экспериментальные данные: частотную зависимость порога слуховой чувствительности в условиях спокойной лабораторной обстановки и при наличии шума различного уровня и с различным

частотным спектром; критическую частоту мелькания светового индикатора в начале и в конце лабораторного занятия.

3.6. Рекомендации по оформлению лабораторного отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Теоретические сведения о характеристиках и особенностях работы человека-оператора.
4. Полученные экспериментальные результаты и их анализ.
5. Выводы.

3.7. Вопросы для контроля уровня знаний

1. Что является целью эргономических исследований?
2. В чем заключается практическая значимость полученных экспериментальных данных и в решении каких общих задач эргономических исследований они могут помочь?
3. Назовите сравнительные характеристики человека и машины?
4. Охарактеризуйте надёжность системы «человек - машина»?
5. Изобразите структурную схему предсказания и ошибок человека?
6. Охарактеризуйте человека как переработчика информации (как приемника информации, её передатчика и др.)?
7. Расскажите о характере работы оператора?
8. Дайте характеристику органов зрения оператора, виды, качество и количество информации получаемой оператором с помощью зрения?

9. Что характеризует частота слияния мелькания элемента визуальной индикации и области применения этого эффекта в технике?

10. Та же формулировка вопроса, что и в п.8 относительно органов слуха оператора?

11. Изобразите электрическую функциональную схему прибора для электрохимических исследований?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рунга В.ф., Сеньковский В.В. Основы теории и методологии дизайна. Учебное пособие. – М.: МЗ – Пресс, 2001.-252с.
2. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М.: Мир.1988. –518с.
3. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. М.: Машиностроение.1972. –316с.
4. Федоров В.К., Художественное конструирование технологического оборудования в электронном машиностроении. М.: Машиностроение, 1995, 270с.
5. Пестряков Б.В. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов М.: Радио и связь. 1992. 432с.
6. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для радиотехнических специальных вузов М.: Высшая школа 1990. 432с.
7. СТП ВГТУ 001-98. Курсовое проектирование. Организация, порядок проведения, оформление расчетно-пояснительной записки и графической части.
8. Рунга В.ф., Сеньковский В.В. Основы теории и методологии дизайна. Учебное пособие. – М.: МЗ – Пресс, 2001.-252с.
9. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М.: Мир.1988. –518с.
10. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. М.: Машиностроение.1972. –316 с

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
1 Лабораторная работа № 1. «Проектирование пульта управления технологическим оборудованием»	3
1.1 Цель работы	3
1.2 Домашнее задание и методические указания к его выполнению	3
1.3 Вопросы для самопроверки	9
1.4 Лабораторное задание и методические указания по его выполнению	9
1.5 Указания по оформлению отчета	12
2 Лабораторная работа № 2 - Оценка напряженности работы оператора	13
2.1 Цель работы	13
2.2 Домашнее задание и методические указания по его выполнению	13
2.3 Вопросы для самопроверки	15
2.4 Лабораторное задание и методические указания по его выполнению	16
2.5 Указания по оформлению отчета	18
3 Лабораторная работа №3 - Определение основных характеристик оператора по восприятию информации в системе человек-машина	19
3.1 Цель работы	19
3.2 Характеристика оператора в системе человек- машина	19
3.2.1. Сравнение функциональных возможностей человека и машины	19
3.2.2. Надежность человека	21
3.2.3. Человек как приемник информации	23
3.2.4. Человек как передатчик информации	24
3.2.5. Человек как вычислительное устройство	24
3.2.6. Человек как управляющее устройство	25
3.2.7. Сенсорные возможности человека	26
3.2.8. Двигательные реакции	26

3.2.9. Память человека	27
3.2.10. Приспособляемость человека	27
3.2.11. Человеческий фактор в системе человек – машина	27
3.2.12. Характер работы оператора	28
3.3 Особенности восприятия информации оператором основными органами чувств	34
3.3. Особенности восприятия информации оператором основными органами чувств	34
3.3.1. Зрение	34
3.3.2. Острота зрения	35
3.3.3. Слияние частоты мельканий	36
3.3.4. Слух	38
3.4.Лабораторное задание	39
3.5 Методические указания по выполнению лабораторного задания и указания по их выполнению	41
3.6 Рекомендации по оформлению лабораторного отчета	42
3.7. Вопросы для контроля уровня знаний	42
Библиографический список	44

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1-3
по дисциплине «Дизайн и эстетика» для студентов направле-
ния 211000.62 «Конструирование и технология электронных
средств» (профиль «Проектирование и технология радио-
электронных средств») очной и заочной форм обучения

Составитель
Новикова Ирина Анатольевна

В авторской редакции

Подписано к изданию 11.12.2014.
Уч.-изд. л. 2,8.

ФГБОУ «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14