

9/12/4

**Одобрено кафедрой
«Эксплуатация железных дорог»**

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ

**Задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов V курса
специальности**

**190701 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ
НА ТРАНСПОРТЕ (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (Д)**

РОАТ

Москва – 2009

Составитель — канд. техн. наук, доц. Б.Л. Голубев

Рецензент — канд. техн. наук, доц. Г.М. Биленко

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе изучения дисциплины «Основы эргономики» студенты специальности 190701 «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожный транспорт)» должны выполнить и защитить одну контрольную работу.

Контрольная работа включает в себя решение двух задач:

- расчет количества информации, воспринимаемой и перерабатываемой человеком-оператором. Цель задачи – получить знания и навыки в расчетах количества воспринимаемой и перерабатываемой человеком информации различных видов, что необходимо для эргономической оценки, нормирования и рационализации деятельности человека в информационно-управляющих системах типа «человек-машина»;
- расчет предельно допустимых норм деятельности человека-оператора. Цель задачи – ознакомиться с особенностями применения теории массового обслуживания для анализа и описания деятельности человека-оператора, а также получить практические навыки в определении основных норм информационной деятельности человека.

Исходные данные для решения задач задаются в соответствующих таблицах по каждой задаче по последней и предпоследней цифрам учебного шифра. Например, для шифра 0316-и/Д-1112 в задаче 1 в табл. 1.1 первые два параметра (количество ламп и приборов и множитель показаний) принимают по варианту 2, а следующие три параметра (расстояние до панели, размер ручки переключателя и расстояние между переключателями) принимают по варианту 1. Аналогично определяют варианты и по задаче 2.

Контрольную работу выполняют в обычной тетради или на листах формата А4. Она должна содержать описание методики расчетов, собственно расчеты, а также необходимые чертежи. В конце каждой задачи студент кратко формулирует полученные по результатам решения выводы.

Контрольная работа, выполненная по исходным данным, не соответствующим учебному шифру студента, зачету не подлежит.

Задача 1

МЕТОДЫ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОЙ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ

Общие положения

Применение теории информации в эргономике обусловлено влиянием на деятельность человека неопределенности (энтропии) процессов и объектов управления.

В качестве меры неопределенности физической системы x , принимающей состояния x_i ($i=1,2, \dots, n$), используется понятие энтропии.

Энтропия физической системы x при значениях состояний x_i определяется выражением (формула Шеннона):

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i, \quad (1.1)$$

где P_i – вероятность наступления i -го состояния системы.

Энтропия системы, как это следует из формулы (2.1), тем больше, чем больше общее количество различных состояний и чем меньше отличаются друг от друга вероятности этих состояний.

При равновероятном появлении различных состояний, когда $p_i = P = \frac{1}{n}$, энтропия максимальна и определяется выражением

$$H(X) = -\log_2 P = \log_2 n, \quad (1.2)$$

Неопределенность системы уменьшается при получении каких-либо сведений об этой системе. Чем больше объем полученных сведений и чем они более содержательные, тем большая информация имеется о системе.

Поэтому количество информации следует измерять уменьшением энтропии той системы, для уточнения состояний которой предназначены эти сведения.

Если в результате получения сведений состояние системы стало полностью определенным, то количество полученной информации численно равно априорной энтропии системы.

Энтропия и количество информации измеряются в двоичных единицах информации (битах). Бит – это энтропия простейшей системы, имеющей два равновероятных состояния.

Количество информации, переработанной человеком-оператором, может существенно отличаться от количества поступившей информации (энтропии источника сообщений). Это отличие обусловлено, во-первых, тем, что, как и для технического канала, часть информации может быть потеряна за счет воздействия помех. Во-вторых, количество информации может увеличиться за счет использования дополнительной информации.

Общее количество информации, перерабатываемой оператором, определяется выражением

$$I_{\text{ч}} = H(X) + H_{\text{доп}} - H_{\text{пом}}, \quad (1.3)$$

где $H(X)$ – энтропия источника сообщений, или количество информации, получаемой оператором от информационной модели;

$H_{\text{доп}}$ – дополнительное количество информации, используемой оператором при решении задачи;

$H_{\text{пом}}$ – энтропия источника помех, или количество потерянной информации.

Энтропия источника сообщений может быть двух видов:

- энтропия выбора нужного сигнала;
- энтропия измерительного прибора.

Если оператору нужно выбрать один сигнал

(или одно состояние сложного сигнала) из n возможных, то количество полученной при этом информации можно опреде-

лить по формуле (1.1) при неравновероятном или по формуле (1.2) при равновероятном появлении сигналов.

Эти формулы оценивают энтропию взаимонезависимых сообщений.

Это наиболее простые ситуации в работе оператора. На практике возможны ситуации, когда предъявляемая последовательность сообщений (сигналов) обладает логической избыточностью. Это значит, что появление определенного сообщения (сигнала) может изменить вероятность появления следующего. Наличие логической избыточности равносильно уменьшению энтропии, так как появление определенного сигнала уменьшает неопределенность очередного состояния информационной системы. В данной контрольной работе эти ситуации не рассматриваются.

На основе энтропийного анализа можно оценить также сложность работы оператора со стрелочными измерительными приборами, расположенными на информационной панели (считывание показаний, установка заданных значений). Энтропию сообщения от прибора определяют выражением

$$H = \log_2 \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2\sigma}, \quad (1.4)$$

где x_{\max} и x_{\min} — максимальное и минимальное значение шкалы прибора;

σ — абсолютная погрешность считывания показаний с прибора, равная (обычно) половине цены деления шкалы прибора.

Различают следующие виды дополнительной информации, используемой оператором при логической обработке данных:

информация, подлежащая запоминанию;

информация, используемая при вычислениях;

информация, используемая при проверке логических условий.

Если оператор должен запомнить в порядке поступления m символов (знаков, сигналов) из общего количества симво-

лов — K , то количество запоминаний информации определяется выражением

$$H_{\text{зап}} = \log_2 K^m = m \log_2 K, \quad (1.5)$$

Если же оператору не нужно запоминать порядок поступления сигналов, а необходимо помнить только сами сигналы, то количество информации оценивается по формуле

$$H_{\text{зап}} = \log_2 C_k^m = \log_2 \frac{K!}{m!(K-m)!}, \quad (1.6)$$

Формулы (1.4) — (1.6) справедливы только при равновероятном поступлении сообщений (сигналов).

Количество информации, используемое при простейших вычислительных операциях (сложении, умножении, делении), определяют по формуле

$$H_{\text{выч}} = -\sum_{i=1}^v \log_2 N_i + \log_2 R, \quad (1.7)$$

где v — количество чисел, используемых для получения результата R ;

N_i — максимально возможные значения используемых при вычислении чисел;

R — максимально возможное значение результата вычисления.

При проверке логических условий количество информации определяют по формуле

$$H_{\text{лог}} = \sum_{i=1}^s \log_2 n_i, \quad (1.8)$$

где s — количество проверяемых логических условий;

n_i — количество возможных альтернатив (исходов), возникающих при проверке i -го условия.

При выполнении управляющих действий (движений) оператором также используется дополнительная информация, определяемая энтропией двух видов:

- энтропия выбора нужного органа управления (выбора требуемого положения органа управления);
- энтропия движения руки к органу управления.

Энтропию первого вида (количество информации) определяют по формулам (1.1) или (1.2).

Энтропию второго вида (количество информации) определяют по формуле

$$H_{\text{дв}} = \sum_{j=1}^u \log_2 \frac{2A_j}{W_j}, \quad (1.9)$$

где A_j – амплитуда движения руки k_j -му органу управления, т.е. расстояние, на которое перемещается рука;
 W_j – размер j -го органа управления.

Приведенные выше формулы (1.4), (1.9) получены на основании следующих двух правил.

Первое правило учитывает, что величина энтропии оценивает сложность выбора одного состояния из нескольких возможных. Поэтому при нахождении энтропии в любом случае сначала нужно определить общее количество всевозможных состояний (вариантов выбора), а затем применить формулу (1.1) при равновероятных состояниях или формулу (1.2), если все варианты равновероятны.

Второе правило, используемое при определении энтропии, заключается в свойстве ее аддитивности. Это значит, что энтропия сложной системы равна сумме энтропий отдельных подсистем. Например, применение формулы (1.7) для подсчета количества информации основано на том, что при производстве вычислений человек v раз производит выбор одного числа из N_i возможных, а при получении результата – выбор одного числа из R возможных.

Третья составляющая, входящая в выражение (1.3) – энтропия потерь, обычно не определяется, поскольку для обученного

оператора, делающего минимальное количество ошибок, она очень мала и практически не влияет на значение I_q . Поэтому в практических расчетах $H_{\text{пом}}$ принимают равным 0.

Количество перерабатываемой человеком информации необходимо знать, чтобы решить три основные задачи:

1) количество перерабатываемой информации — мера сложности решаемой задачи, поэтому таким способом можно сравнивать между собой различные виды операторской деятельности;

2) знание количества информации позволяет решать задачу согласования скорости поступления информации с психофизиологическими возможностями оператора по ее приему и переработке, т.е. с его пропускной способностью;

3) зная количество информации, можно определить время, которое затрачивает оператор на ее переработку, т.е. нормировать операторскую деятельность.

Время, необходимое оператору для решения задачи, определяют на основе методов теории информации. Применение теории информации основано на том, что это время прямо пропорционально количеству перерабатываемой информации.

Следует иметь в виду, что различные виды информации перерабатываются оператором с различной скоростью. Поэтому формулу (1.1) можно записать в виде

$$\tau_{\text{оп}} = a + \sum_{i=1}^k H_i / v_i, \quad (1.10)$$

где a — латентный период (скрытое время реакции человека на сигнал);

H_i — количество информации i -го вида, перерабатываемой оператором;

v_i — скорость переработки информации i -го вида.

Средние значения скорости переработки различной информации приведены в табл. 1.2.

В эргономике применение теории информации для решения перечисленных выше задач связано с некоторыми трудностями:

1. Величина энтропии в теории информации зависит от длины физического алфавита сигналов и вероятностей их появления. Эти же показатели используются для оценки количества перерабатываемой человеком информации. В действительности человек пользуется собственным, внутренним алфавитом, отличным от физического, а субъективные вероятности сигналов для человека не всегда совпадают с объективными. Однако принципы формирования внутреннего алфавита сигналов и вероятностей их появления для человека еще до конца не раскрыты.

2. Теория информации занимается лишь стационарными процессами, статистические характеристики которых не меняются с течением времени.

Характеристики же человека в виду его обучаемости, утомляемости, действия различных факторов непрерывно меняются во времени.

3. Теория информации не учитывает смысловую сторону информации, ее ценность и значимость. На деятельность же оператора оказывают влияние не только статистические характеристики сигналов, но их смысл и значение для оператора.

4. Различные виды информации неравноценны для оператора. Поэтому при расчетах необходимо учитывать их «удельный вес», неодинаковое влияние на результаты деятельности оператора. Примером такого учета является формула (1.12), в которой сделана попытка учесть различия в скорости переработки различных видов информации.

Несмотря на эти трудности, информационные методы имеют большое практическое значение на ранних этапах проектирования систем «человек – техника – среда (СЧТС)». Зачастую только с их помощью можно количественно оценить параметры и показатели деятельности оператора.

Исходные данные для решения задачи

Т а б л и ц а 1.1

Параметры – варианты по шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество ламп и приборов	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4
Множитель показаний	3	4	5	4	5	3	5	3	4	3
Расстояние до панели, см	60	62	64	66	68	70	68	66	64	62
Размер ручки переключателя, см	2	3	4	4	2	3	3	4	2	4
Расстояния между переключателями, см	8	6	4	8	6	4	8	6	4	8

Т а б л и ц а 1.2

Вид перерабатываемой информации i	Скорость переработки информации V_i , бит/с
Выбор одного сигнала из нескольких возможных	4
Считывание информации с приборов	2
Информация, необходимая для запоминания	12
Информация, используемая при вычислениях	6
Проверка логического условия	4
Выбор нужного органа управления	4
Информация при выполнении движений	7

Пример решения задачи

На рисунке показана информационная панель, с которой работает оператор. На панели расположены 4 индикаторных лампочки Л1 – Л4, 4 измерительных прибора И1 – И4 с диапазоном измерения от 0 до 10 условных единиц, 2 трехпозиционных переключателя П1 и П2 и 2 десятипозиционных переключателя П3 и П4.

При поступлении входящего сигнала загорается одна из лампочек Л1 – Л4 (загорания лампочек равновероятны). Обнаружив загоревшуюся лампочку, оператор считывает показания соответствующего измерительного прибора (Л2 – И2). В зависи-

мости от четного или нечетного номера загоревшейся лампочки оператор выбирает соответственно четную или нечетную группу переключателей, с помощью которой устанавливает новое значение измеряемой величины, в три раза большее отмеченной измерительным прибором.

Определить общее количество воспринимаемой и перерабатываемой оператором информации при появлении одного входящего сигнала и соответственно затрачиваемое при этом время.

Известно, что расстояние от оператора до информационной панели составляет 64 см, а расстояние между переключателями внутри группы равно 6 см. Скорости переработки информации оператором по видам информации приведены в табл. 1.2. Латентный период принимаем равным $a = 0,2$ с. $H_{\text{пом}}$ – энтропия источника помех (или количество потерянной информации) не учитывается.

Общее количество информации определяется по формуле (1.3). Необходимо рассчитать ее составляющие.

Поскольку загорания лампочек равновероятны, то первая составляющая $H(X)$ определяется по формулам (1.2) и (1.6).

$$H_1(x) = \log_2 4 = 2$$

$$H_{\text{пр}}(x) = \log_2 \frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{2\sigma} = \log_2 \frac{10 - 0}{2 \cdot 0,5} = 3,32 \text{ бит.}$$

Таким образом, $H(X)$ – энтропия источника информации или количество информации, получаемой оператором от информационной модели равно:

$$H(X) = 2 + 3,32 = 5,32 \text{ бит.}$$

Дополнительная информация $H_{\text{доп}}$ определяется в следующем порядке.

$$H_{\text{зап}} = \log_2 C_4^1 = \log_2 \frac{4!}{1! \cdot 3!} = 2 \text{ бит.}$$

$$H_{\text{лог}} = \log_2 2 = 1 \text{ бит.}$$

$$H_{\text{дв}} = \log_2 \frac{2A}{W} + \log_2 \frac{2A'}{W} = \log_2 \frac{2 \cdot 64}{4} + \log_2 \frac{2 \cdot 6}{4} = 6,58 \text{ бит.}$$

$$H_{\text{выч}} = \log_2 10 + \log_2 3 + \log_2 30 = 3,32 + 1,58 + 4,91 = 9,81 \text{ бит.}$$

$$H_{\text{о.у}} = \log_2 3 + \log_2 10 = 1,58 + 3,32 = 4,9 \text{ бит.}$$

Общая дополнительная информация равна:

$$H_{\text{доп}} = 2 + 1 + 6,58 + 9,81 + 4,9 = 24,29 \text{ бит.}$$

Общее количество воспринимаемой и перерабатываемой оператором информации равно:

$$I_{\text{ч}} = H(x) + H_{\text{доп}} = 4,32 + 24,29 = 29,61 \text{ бит.}$$

Общее время восприятия и переработки оператором информации равно:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{оп}} = a + \sum_{i=1}^k H_i / v_i &= 0,2 + 2 / 4 + 3,32 / 2 + 2 / 12 + 1 / 4 + \\ &+ 6,58 / 7 + 9,81 / 6 + 4,9 / 4 = 0,2 + 0,25 + 1,66 + 0,17 + 0,25 + \\ &+ 0,94 + 1,64 + 1,22 = 6,33 \text{ с.} \end{aligned}$$

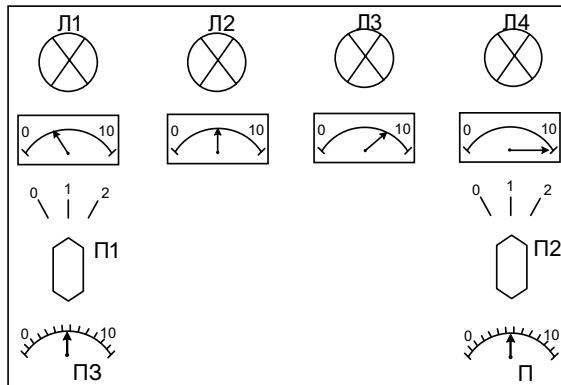


Рис. 1.1. Схема информационной панели

Задача 2

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Общие положения

Под предельно допустимыми нормами деятельности оператора понимаются максимальные значения некоторых параметров, превышение которых может привести к нежелательным последствиям в работе человека-оператора. Наибольшее значение для эргономики имеют предельно допустимые нормы, характеризующие значения показателей информационной загрузки оператора.

1. Одним из показателей информационной загрузки является коэффициент загруженности оператора

$$\eta = 1 - t_0 / T_{\text{см}}, \quad (2.1)$$

где t_0 – общее время, в течение которого оператор не занят обработкой поступающей информации;

$T_{\text{см}}$ – общее время работы (продолжительность смены) оператора.

Из физиологии труда известно, что для операторской деятельности около 25% рабочего времени должно быть предоставлено человеку для отдыха, следовательно, $\eta_{\text{max}} = 0,75$.

2. Для операторской деятельности должна быть обеспечена не только допустимая загруженность, но и определенное чередование периодов работы и отдыха (оперативного покоя). Чтобы учесть это положение, вводится понятие периода занятости $T_{\text{зан}}$, под которым понимается время непрерывной (без пауз) работы. Для организации оптимальной деятельности оператора рекомендуется, чтобы это время не превышало 15 минут.

3. Показателем информационной нагрузки является очередь в обработке информации.

Постоянное наличие или частое появление очереди вызывает напряженность в работе оператора, что приводит к увеличе-

нию количества допускаемых ошибок. Появление очереди количественно оценивается коэффициентом очереди:

$$\beta_{\text{оч}} = n_{\text{оч}} / N, \quad (2.2)$$

где $n_{\text{оч}}$ – количество сообщений (заявок, сигналов и т.д.), обработанных в условиях очереди на обслуживание;
 N – общее количество поступивших на обслуживание сообщений (заявок, сигналов).

По своей сущности коэффициент очереди представляет собой вероятность обработки информации в условиях очереди. Экспериментальные исследования показывают, что величина коэффициента очереди не должна превышать 0,4.

4. На деятельность оператора большое влияние оказывает не только вероятность появления очереди, но и ее длина $K_{\text{оч}}$. Если длина очереди превышает объем оперативной памяти человека, то возможны случаи пропуска сигналов, возникновения ошибок и т.д. Объем памяти человека в среднем составляет 5-9 единиц (сигналов, символов). Этими значениями и определяется максимально возможная длина очереди. Среднее значение длины очереди должно быть несколько меньше и не должно превышать трех сообщений (сигналов, символов и т.д.).

5. На деятельность оператора большое влияние оказывает скорость поступления информации. Она не должна превышать пропускную способность оператора, которая в среднем изменяется в пределах $V_{\text{оп}} = 1 - 8$ дв.ед./с.

6. Время пребывания информации на обработке в звене «человек-техника-среда» не должно превышать некоторое значение, определяемое допустимой продолжительностью цикла управления, т.е.:

$$\tau_{\text{пр}} = \tau_{\text{ож}} + \tau_{\text{оп}} < \tau_{\text{пр. доп}}, \quad (2.3)$$

где $\tau_{\text{ож}}$ – время ожидания информации в очереди;
 $\tau_{\text{оп}}$ – время пребывания информации на обслуживании у оператора;
 $\tau_{\text{пр. доп}}$ – допустимое время пребывания информации на обслуживании, определяемое особенностями протекания производственного процесса.

Из выражения (2.3) следует, что время ожидания обработки информации не должно превышать допустимого времени ожидания

$$\tau_{\text{ож}} \leq \tau_{\text{ож. доп}} = \tau_{\text{пр. доп}} - \tau_{\text{оп}}, \quad (2.4)$$

На основании изложенного выше предельно допустимые нормы деятельности оператора имеют следующие значения:

$$\eta_{\text{max}} = 0,75; \quad \beta_{\text{оч. доп}} = 0,4; \quad \tau_{\text{ож. доп}} = \tau_{\text{пр. доп}} - \tau_{\text{оп}}; \quad (2.5)$$

$$T_{\text{зан}} = 20 \text{ мин}; \quad K_{\text{доп}} = 3; \quad V_{\text{оп}} = 1-8 \text{ дв. ед./с.}$$

Фактические характеристики работы оператора не должны превышать соответствующих предельно допустимых норм деятельности человека. Первые пять из предельно допустимых норм деятельности можно определить с помощью методов теории массового обслуживания, а последнюю норму – с помощью методов теории информации.

Применение теории массового обслуживания позволяет решать многие вопросы анализа и организации деятельности человека-оператора. К ним относятся: определение необходимого потребного количества операторов, требований к уровню подготовленности операторов (обучаемость, скорость реакции, объем памяти и т.д.), допустимой плотности потоков сообщений (сигналов, заявок), поступающих к оператору; решение некоторых задач организации взаимодействия операторов.

Представляется возможным вычислять вероятности различных состояний системы «человек-техника-среда», в том числе различных нежелательных состояний. Следовательно, как и теория информации, теория массового обслуживания дает количественные методы описания деятельности человека-оператора.

Основные характеристики системы массового обслуживания (СМО) - входящий поток и время обслуживания. При простейшем входящем потоке и показательном законе распределения времени обслуживания можно получить аналитические зависимости вероятностных характеристик времени ожидания и длины очереди от параметров входящего потока и обслуживающего аппарата (человека-оператора).

Формулы для определения норм деятельности человека-оператора приведены в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Основные расчетные формулы ПДНД

Параметры	Расчетная формула	Формула теории массового обслуживания (ТМО)	Предельно допустимые нормы деятельности (ПДНД)
1. Коэффициент информационной загрузки	$\eta = 1 - t_0 / T_{см} ,$	$\eta = \frac{\lambda}{\mu} = \rho$	0,75
2. Период занятости	$T_{зан}$	$T_{зан} = \frac{1}{\mu - \lambda}$	20 мин
3. Частота появления очереди	$\beta = N_{оч} / n ,$	$\beta = \rho^2$	0,4
4. Длина очереди	$K_{оч}$	$K_{оч} = \frac{\rho}{1 - \rho}$	3
5. Скорость предъявления информации	$C_ч = (n - \log N) / T_{п}$	—	$V_{вх} \leq C_ч$ 1-8 бит/с
6. Время ожидания	$\tau_{ож} = T_{цр} - \tau_{оп}$	$\tau_{ож} = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$	$\tau_{ож} \leq T_{цр} - \tau_{оп}$

Исходные данные для решения задачи по вариантам

Т а б л и ц а 2.2

Варианты для решения задачи

Параметры – варианты по шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество объектов управления	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5
Интенсивность потока сообщений от одного объекта (сообщений в час)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4
Среднее время на обработку одного сообщения, мин	2	2,5	1,5	2,5	1,5	2	1,5	2	2,5	2
Продолжительность цикла управления (регулирования), мин	6	7	8	7	8	6	8	6	7	8
Количество правильно опознанных сигналов	200	210	220	230	240	240	230	220	210	200
Длина алфавита	10	12	14	16	18	20	18	16	14	12
Продолжительность получения информации, с	150	160	170	180	200	220	200	180	160	140

Пример расчета предельно-допустимых норм деятельности человека-оператора

Исходные данные. Проектируется автоматизированная информационная система, в которой задачей оператора является прием, обработка и дальнейшая передача информационных сообщений. Сообщения поступают оператору в случайные моменты времени. Источниками сообщений являются 6 управляемых оператором объектов. Средняя плотность потока сообщений от одного объекта составляет 5 сообщений в час. На обработку одного сообщения оператор в среднем затрачивает 1,5 мин. Известно, что информация теряет смысл через 5,5 мин после ее поступления оператору.

Определить, выполняются ли предельно допустимые нормы деятельности оператора для данных условий и, если нет, то сколькими объектами сможет управлять оператор, чтобы выполнялись эти нормы.

Общая плотность потока входящих сообщений составляет:

$$\lambda = 6 \cdot 5 = 30 \text{ сообщений в час.}$$

Интенсивность обработки сообщений оператором составляет:

$$\mu = \frac{60}{1,5} = 40 \text{ сообщений в час.}$$

Коэффициент информационной загрузки оператора составляет:

$$\eta = \rho = \lambda / \mu = 30 / 40 = 0,75, \text{ что соответствует норме.}$$

Период занятости оператора составляет:

$$T_{\text{зан}} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{60}{40 - 30} = 6 \text{ мин, что соответствует норме.}$$

Частота появления очереди равна:

$$\beta = \rho^2 \approx 0,56, \text{ что превышает норму, равную } 0,4.$$

Длина очереди равна:

$$k = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,75}{1 - 0,75} = 3, \text{ что соответствует норме, равной } 3.$$

Время ожидания обработки сообщения оператором равно:

$$\tau_{\text{ож}} = \frac{\beta}{\mu - \lambda} = \frac{0,75 \cdot 60}{40 - 30} = 4,5 \text{ мин.}$$

Допустимое время ожидания обработки сообщений равно:

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

Это значит, что время ожидания обработки сообщения превышает допустимое время ожидания, и эта норма не выполняется, т. е. оператор не может управлять шестью объектами.

Необходимо сделать такие же расчеты для пяти объектов. В этом случае показатели деятельности оператора будут следующими.

Интенсивность входящего потока сообщений будет равна:

$\lambda = 5 \cdot 5 = 25$ сообщений в час, и для такого потока сообщений показатели деятельности составят соответственно:

$$\eta = 0,62; \quad \beta = 0,39; \quad \tau_{\text{ож}} = 2,48 \text{ мин}; \quad T_{\text{зан}} = 4 \text{ мин}; \quad k = 1,63.$$

Данные показатели соответствуют предельно-допустимым нормам деятельности. Таким образом, можно сделать вывод, что оператор может управлять не более чем пятью объектами.

Рекомендуемая литература

1. Абрамов А.А. Основы эргономики: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2001. 194 с.
2. Платонов Г. А. Эргономика на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1986. 296 с.
3. Автоматизированные рабочие места работников основных профессий железнодорожного транспорта, оснащенные персональными ЭВМ. Отраслевой руководящий технический материал. — М., 1995.

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор В. И. Чучева

Компьютерная верстка Е. В. Ляшкевич

Тип. зак.	Изд. зак. 302	Тираж 2000 экз.
Подписано в печать 03.03.09	Гарнитура NewtonС	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2