

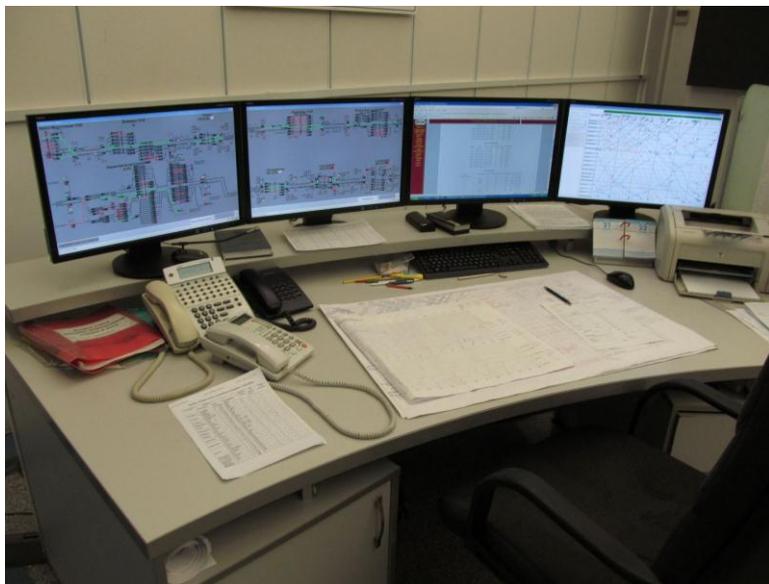
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

А. А. АКСЁНЧИКОВ

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ**



Гомель 2017

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

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

А. А. АКСЁНЧИКОВ

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области транспорта и транспортной деятельности
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям
11-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном
транспорте» и 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление
на речном транспорте» первой ступени обучения*

Гомель 2017

УДК 331.101.1(075.8)
ББК 30.17
А42

Рецензенты: заведующий кафедрой «Экономика и логистика» Белорусского национального технического университета д-р экон. наук, профессор *Р. Б. Ивуть*; заместитель начальника службы перевозок Управления Белорусской железной дороги *А. Б. Макриденко*; заведующий кафедрой «Организация перевозок и управления на автомобильном и городском транспорте» канд. техн. наук, доцент *А. А. Михальченко*.

Аксёничков, А. А.

А42 Основы эргономики : учеб.-метод. пособие / А. А. Аксёничков ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 48 с.
ISBN 978-985-554-621-5

Излагаются методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы эргономики». Приводятся примеры выполнения лабораторных работ и контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к занятиям и проверки знаний студентов.

Предназначено для студентов специальностей 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» и 1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

УДК 331.101.1(075.8)
ББК 30.17

ISBN 978-985-554-621-5

© Аксёничков А. А., 2017
© Оформление БелГУТ, 2017

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение.....	4
<i>Лабораторная работа № 1.</i> Анализ организации рабочего места дежурных по железнодорожной станции учебной лаборатории «Управление движением» имени профессора И. Г. Тихомирова.....	5
<i>Лабораторная работа № 2.</i> Исследование процессов приема и переработки информации оператором информационно-управляющей системы.....	11
<i>Лабораторная работа № 3.</i> Анализ режимов деятельности оператора системы оперативного управления.....	17
<i>Лабораторная работа № 4.</i> Анализ алгоритмов деятельности оператора при решении им производственных задач	24
<i>Лабораторная работа № 5.</i> Разработка компоновки рабочего места оператора информационно-управляющей системы.....	31
<i>Лабораторная работа № 6.</i> Разработка планировки операторского зала центра оперативного управления.....	35
Список литературы.....	41
Приложение А. Расположение зон СОИ и ОУ на вертикальной плоскости.....	42
Приложение Б. Размеры зон расположения СОИ и ОУ на вертикальной панели пульта управления.....	42
Приложение В. Антропометрические размеры.....	43
Приложение Г. Основные характеристики нагрузки человека по вниманию и по анализаторным функциям.....	43
Приложение Д. Логические схемы алгоритмов.....	44
Приложение Е. Время рабочих движений оператора.....	45
Приложение Ж. Время выполнения оператором отдельных функциональных операций.....	46
Приложение И. Размеры пультов управления фронтальной формы.....	46
Приложение К. Расположение зон ОУ в горизонтальной плоскости.....	47
Приложение Л. Зоны видимости в вертикальной и горизонтальной плоскостях....	48

ВВЕДЕНИЕ

По мере перехода к комплексной автоматизации производства возрастает роль человека как субъекта труда и управления. Внедрение мощных современных машин, автоматизация и механизация труда, роботизация и компьютеризация остро ставят вопросы о взаимоотношениях человека и техники.

Изучением согласованности возможностей человека и техники, проявляющихся в конкретных условиях их взаимодействия, занимается наука эргономика. *Эргономика* – слово греческого происхождения: *ergon* – работа и *nomos* – закон. В современной области знаний эргономика заняла важное место и оказывает существенное влияние на разнообразные стороны общества и прежде всего на развитие социально ориентированных производств, направленных на обеспечение высокоэффективной и безопасной деятельности в них человека.

Эргономика – дисциплина, комплексно изучающая антропометрические, биомеханические, психофизиологические и психологические аспекты взаимодействия человека с техническими средствами, предметом деятельности и средой с целью придания системе «человек – машина – среда» таких свойств, которые обеспечивают наиболее эффективное функционирование.

Эргономика изучает функциональные возможности и особенности человека в трудовых процессах с целью создания комфортных условий, методов и организации его деятельности. Они делают труд человека наиболее эффективным и производительным и вместе с тем способствуют всестороннему духовному и физическому развитию работающего, обеспечивают безопасность, сохраняют его здоровье и работоспособность.

Данное пособие преследует цель оказать методическую помощь студентам и специалистам при решении эргономических задач. В пособии приводятся методики: организации рабочих мест дежурных по железнодорожным станциям и поездных диспетчеров учебной лаборатории «Управление движением» имени профессора И. Г. Тихомирова кафедры «Управление эксплуатационной работой»; исследования процессов приема и переработки информации оператором; оценки режимов деятельности оператора системы оперативного управления; анализа алгоритма деятельности дежурного по железнодорожной станции при решении им производственных задач; разработки компоновки рабочего места оператора информационно-управляющей системы; разработки планировки операторского зала центра оперативного управления.

Для лучшего восприятия излагаемых вопросов приведены примеры представления и оформления графического материала, а также решения конкретных задач по единым исходным данным.

**АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА
ДЕЖУРНЫХ ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ
УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ «УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ»
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА И.Г. ТИХОМИРОВА**

Методические указания по выполнению работы. Разработка и оценка проектных решений по созданию удобной, надежной и безопасной техники и рабочих мест выделены в специальную область – эргономическое проектирование системы «человек – техника – среда» (СЧМ). Проектирование любой системы «человек – машина» направлено на обеспечение заданных эргономических свойств системы, способствующей повышению производительности и работоспособности людей, эксплуатирующих или обслуживающих технику. При этом с самого начала проектируется СЧМ, а не только технические средства, которые лишь на стадии их практической «подгонки» к человеку становятся компонентом этой системы. Использование такого подхода позволяет обеспечить на этапе проектирования оптимальную рабочую нагрузку на организм человека и проектировать трудовую деятельность исходя из принципов удобства и комфорта, повышения производительности труда.

Однако в процессе эксплуатации также требуется проводить эргономический анализ СЧМ с целью практической проверки нормативов, установленных на этапе проектирования, и их соответствия реальным условиям производственной деятельности.

В системе СЧМ рабочее место является одним из центральных направлений исследования и проектирования при организации трудовой деятельности человека.

Рабочее место (РМ) – это пространство, оснащенное необходимыми техническими средствами (средствами отображения информации, органов управления, вспомогательным оборудованием), в котором осуществляется деятельность исполнителя или группы исполнителей.

Средства отображения информации (СОИ) – комплекс устройств и алгоритмов специальной обработки и отображения информации, предназначенных для предъявления оператору данных, характеризующих объект управления, ход технологического процесса, энергетические ресурсы, состояние средств автоматизации, каналов связи и пр.

Органы управления (ОУ) – устройства, предназначенные для передачи управляющих воздействий от оператора к машине и обеспечивающие роль связующего звена между ними.

К основным элементам РМ относятся: *рабочая поверхность, рабочее сидение и пульты управления.*

Рабочая поверхность – это элемент оборудования РМ, на котором оператор осуществляет различного рода операции своей деятельности.

Рабочее сидение – это элемент РМ, который обеспечивает поддержание рабочей позы в положении сидя.

Пульт управления (ПУ) является основным функциональным элементом РМ при автоматизированном управлении или при управлении с автоматизированными элементами. На железнодорожном транспорте ПУ применяются для опосредованного управления технологическими процессами на железнодорожных станциях и участках.

Эргономический анализ рабочего места предполагает вначале изучение его организации и оснащенности, а затем оценку условий труда оператора, эффективность реализации трудовой деятельности. **Организация рабочего места** – это результат проведения системы мероприятий по функционированию и пространственному размещению основных и вспомогательных средств труда для обеспечения оптимальных условий трудового процесса. Оснащение рабочего места включает все элементы, необходимые для решения работающим поставленных перед ним производственных задач. К ним относятся *основные и вспомогательные средства труда и техническая документация*.

Основные средства труда – это основное оборудование, с помощью которого человек выполняет трудовые операции (пульта управления, табло, мнемосхемы, манипуляторы, стенды и т.п.).

Вспомогательные средства труда делятся по назначению на технологические и организационные средства. *Технологические* средства обеспечивают эффективную эксплуатацию основного производственного оборудования на рабочих местах (средства обслуживания пультов управления, ремонта, наладки, контроля технических устройств и т.д.). *Организационные* средства обеспечивают эффективную организацию труда человека путем создания удобств и безопасности в эксплуатации и обслуживании основного производственного оборудования. В состав организационных средств входят:

- рабочая мебель (столы, средства отображения информации, стенды, печатающие устройства, компьютерная техника, инструментальные тумбочки, сиденья и т.д.);

- устройства и приспособления для транспортировки и хранения предметов труда (лифты, поддоны, пневмопочта и т.д.);

- средства сигнализации, связи, освещения, предметы для уборки рабочего места и т.п.

Пример выполнения работы. Для выполнения эргономического анализа рабочего места необходимо произвести измерения существующего оборудования на рабочем месте дежурного по железнодорожной станции (ДСП) учебной лаборатории «Управление движением» имени профессора И.Г. Тихомирова (рисунки 1.1–1.4), определяя при этом координаты расположения каждого элемента на пульте управления ДСП.



Рисунок 1.1 – Рабочее место ДСП железнодорожной станции Образцово
(рабочая поза ДСП – сидя)



Рисунок 1.2 – Рабочее место ДСП железнодорожной станции Мельниково
(рабочая поза ДСП – сидя)



Рисунок 1.3 – Рабочее место ДСП железнодорожной станции Фролово
(рабочая поза ДСП – стоя)



Рисунок 1.4 – Рабочее место ДСП железнодорожной станции Журавская
(рабочая поза ДСП – стоя)

На основании проведенных измерений строится масштабная схема пульта управления ДСП с нанесением мнемосхемы железнодорожной станции и отображения всех элементов СОИ и ОУ. На схеме СОИ (индикаторные лампочки входных и выходных светофоров, занятия пути, стрелочных переводов) и ОУ (кнопки, рычаги, переключатели) показываются условными знаками.

В соответствии с приложением А и Б на масштабную схему пульта управления ДСП наносятся зоны размещения СОИ и ОУ, которые соответствуют эргономическим требованиям (рисунок 1.5). Причем данные зоны определяются положением ДСП при выполнении своих функциональных обязанностей (рабочая поза сидя или стоя, приложение В).

На построенной схеме пульта управления определяют области фактического расположения СОИ и ОУ. Особое внимание обращают на то, какие из СОИ и ОУ являются наиболее важными для работы ДСП. Исходя из технологии приёма, отправления или проследования поездов, такими элементами являются: индикаторы занятия путей в парках железнодорожной станции, индикаторы занятия поездами железнодорожных перегонов, положение входных и выходных светофоров, состояние органов управления (включено, выключено) и др.

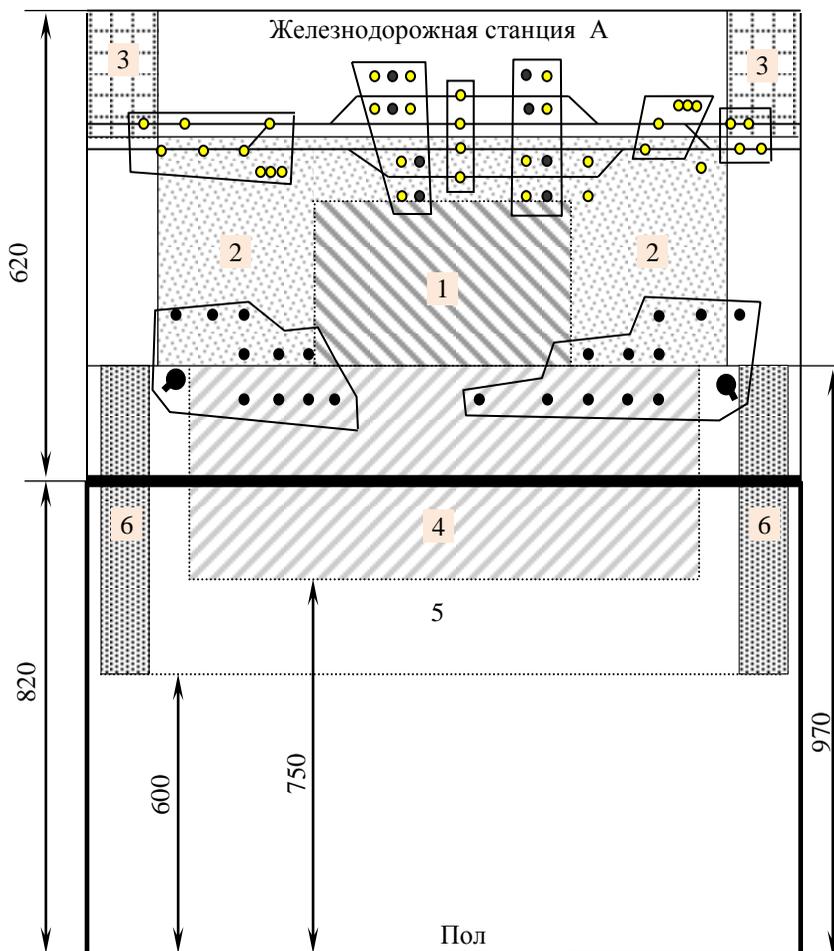
Индикатор (позднелат. *indicator* – указатель) – прибор (устройство, элемент), отображающий ход процесса или состояние объекта наблюдения в форме, удобной для восприятия человеком.

В соответствии с технологией работы ДСП выделяют основные зоны моторной и сенсомоторной деятельности ДСП, группируя по пространственному расположению и функциональному назначению СОИ и ОУ на пульте управления. К таким группам можно отнести, например, группы индикаторов занятости пути входной стрелочной горловины железнодорожной станции, группы кнопок по управлению четной и нечетной стрелочных горловин железнодорожной станции и т.д.

В заключение работы необходимо указать численные значения отклонений реальных от требуемых по расположению СОИ, ОУ и соответствие с эргономическими нормами антропометрических размеров человека в рабочей позе сидя или стоя.

В соответствии с выполненными построениями и сравнением фактических и требуемых с эргономической точки зрения зон размещения СОИ и ОУ (см. приложение В) можно сделать вывод о том, что рассматриваемый пульт управления железнодорожной станцией практически полностью не соответствует эргономическим требованиям для работы ДСП сидя, поскольку ОУ не попадают в зоны их размещения по эргономическим нормам. Примерно половина всех СОИ находится во второй степенной зоне и ни один элемент СОИ не находится в центральной зоне. При этом следует отметить, что индикаторы (лампочки) выходных сигналов, как в четном, так и в нечетном направлениях, а также индикаторы состояния путей железнодорожной станции находятся вне требуемых зон СОИ. Индикаторы подходов (удаления) поездов к железнодорожной станции и входных (выходных) сигналов располагаются во второй степенной зоне норм СОИ.

Так как не выполняются требования по расположению СОИ и ОУ на пульте управления с эргономической точки зрения, то даются рекомендации по необходимости мероприятий модернизации данного пульта или рассматривается целесообразность смены рабочего положения ДСП на положение «стоя» или комбинированного «сидя и стоя».



Условные обозначения:

- – средства отображения информации; ● – органы управления; □ – фактические зоны расположения СОИ и ОУ: 1–3 – соответственно центральная, второстепенная и периферийная зоны размещения СОИ; 4–6 – соответственно центральная, второстепенная и периферийная зоны размещения ОУ

Рисунок 1.5 – Зоны СОИ и ОУ на плоскости пульта управления ДСП железнодорожной станции А (положение ДСП – сидя)

Контрольные вопросы

- 1 Что такое рабочее место?
- 2 Из каких элементов состоит рабочее место?
- 3 Что такое рабочая поверхность, рабочее сидение и пульт управления?
- 4 Что такое СОИ и ОУ?
- 5 Что такое основные и вспомогательные средства труда?
- 6 Какие имеются зоны расположения СОИ и ОУ на вертикальной панели пульта управления?
- 7 Для чего производится сравнение фактических и требуемых с эргономической точки зрения зон размещения СОИ и ОУ?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИЕМА И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОПЕРАТОРОМ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Методические указания по выполнению работы. Загрузку операторов информационно-управляющих систем на транспорте можно рассматривать в двух аспектах: во-первых, как информационную загрузку, связанную с приемом, переработкой и передачей сообщений; во-вторых, как затраты рабочего времени на выполнение производственных операций по управлению транспортным процессом.

Под загрузкой рабочего времени оператора понимают общее время, необходимое для выполнения всех операций по функциям управления за определенный период (час, смену, сутки). Отношение затрачиваемого суммарного времени ($\sum T_j$) к продолжительности рассматриваемого периода рабочего времени ($T_{\text{пер}}$) называется *уровнем (коэффициентом) загрузки* и определяется в долях или в процентах:

$$Z_{\text{эф}} = \frac{\sum_{j=1}^n T_j}{T_{\text{пер}}} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где n – число совершаемых оператором операций, $n = 1, 2, \dots, j$;

$\sum T_j$ – затрачиваемое суммарное время на выполнение производственных операций;

$T_{\text{пер}}$ – продолжительность рассматриваемого периода рабочего времени.

Значение фактической загрузки ($Z_{\text{эф}}$) оператора сопоставляется с допустимой загрузкой ($Z_{\text{зд}}$). По санитарно-гигиеническим нормам, применяемым на транспорте, $Z_{\text{зд}} < 95\%$. При незначительном уровне фактической загрузки

ки рабочего времени операторского персонала рассматриваются мероприятия о возможности увеличения зоны обслуживания или расширения функций управления. При $Z_{зф} > Z_{зд}$ намечаются организационно-технические мероприятия, снижающие общую загрузку, или уменьшается полигон управления.

По эргономическим требованиям для операторов систем управления технологическими процессами в реальном масштабе времени устанавливается допустимая загрузка $Z_{зд} < 75\%$.

На практике для расчета загрузки рабочего времени работников информационно-управляющих систем используется хронометражный метод или эмпирические формулы, полученные на основе обобщения и обработки хронометражных данных по специальной методике [6].

Расчетные значения рабочего времени работников управления процессами перевозок являются функцией от объемов транспортной работы на управляемом полигоне и длительности обслуживания транспортного потока в соответствии с принятой технологией работы и уровнем автоматизации используемых технических средств. Так как влияющие параметры могут изменяться под воздействием случайных факторов, то определение загрузки оператора будет носить вероятностный характер. Уровень загрузки оператора в таком случае будет выражаться через следующую функцию:

$$Z = f(N, t), \quad (2.2)$$

или с учетом надежности технического комплекса

$$Z = f(N, t, P_{\text{кТС}}), \quad (2.3)$$

где N – объем транспортного потока, обслуживаемый оператором на полигоне (железнодорожном участке, подразделении и т.п.) управления;

t – длительность обслуживания единицы транспортного потока;

$P_{\text{кТС}}$ – надежность технических средств управления транспортным комплексом и систем информационного обеспечения оператора.

Современная теория информации и инженерная психология предлагают для оценки работы диспетчеров и операторов эргатических систем использовать аддитивную меру информации, что дает возможность определить скорость переработки информации оператором и сравнить ее с допустимой пропускной способностью, т.е. оценить эффективность согласования потоков информации с информационной пропускной способностью оператора.

Располагая количественными значениями объема информации, поступающей от всех источников о характеристиках событий анализируемой системы ($H_{\text{общ}}$), можно определить *пропускную способность* оператора:

$$R = H_{\text{общ}}/T_p, \quad (2.4)$$

где $H_{\text{общ}}$ – общий объем информации, поступающий к оператору, бит;

T_p – длительность периода управления системой (бюджет рабочего времени), с.

Оценка фактических значений R производится исходя из сравнений с возможными режимами работы оператора при различной степени запоминания перерабатываемой информации. Выделяют *три режима* работы оператора:

I – с долговременным запоминанием информации (сутки и более), $R = 0,2 \dots 0,4$ бит/с;

II – с кратковременным запоминанием информации (на время решения задачи), $R = 2,0 \dots 4,0$ бит/с;

III – без запоминания информации, но с ее фиксацией, $R = 10 \dots 70$ бит/с.

Общий объем информации, который перерабатывается оператором, включает три составляющие:

$$H_{\text{общ}} = H_v + H_p + H_n, \quad (2.5)$$

где H_v – визуальная информация, перерабатываемая оператором от устройств отображения состояния объектов управления, бит;

H_p – речевая информация, перерабатываемая оператором при общении с другими операторами (субъектами) системы (как по каналам связи, так и при непосредственном общении), бит;

H_n – информация, перерабатываемая диспетчером при регистрации данных состояния объектов управления в рабочих документах, сообщениях, бит.

Для количественного подсчета визуальной информации с табло каждое изменение контролируемого объекта рассматривается как событие конечного числа возможных состояний. Количество информации в такой системе может быть определено по формуле

$$H_v = - \sum_{i=1}^n S_c \sum_{j=1}^k P(x_j) \log_2 P(x_j) - \sum_{i=1}^m S_y \sum_{j=1}^k P(x_j) \log_2 P(x_j), \quad (2.6)$$

где n, m – число контролируемых объектов телесигнализации и телеуправления;

S_c, S_y – число информационных сообщений за сутки с контролируемых объектов телесигнализации и телеуправления, которое пропорционально числу единиц контролируемого транспортного потока;

k – число возможных состояний объекта телесигнализации и телеуправления;

$P(x_j)$ – вероятность состояния контролируемого объекта.

Метод определения количества информации, получаемой и передаваемой диспетчером через речь, основывается на теории информации и связанной с ней психолингвистикой (наука, изучающая психологические аспекты речи).

Базой для определения количества речевой информации является *фонема*. Фонемой называют минимальную единицу звукового строя языка. В русской речи содержатся 43 основные фонемы. Расчет количества информации, передаваемой устно, основывается на вероятности появления той или иной фонемы в речи и может быть определена по формуле

$$H_p = n \sum_{i=1}^k P_i \log_2 P_i, \quad (2.7)$$

где n – число фонем в сообщении;

k – число фонем в устной речи;

P_i – вероятность появления i -й фонемы.

Статистическим анализом установлена величина вероятности появления фонем в русской речи [6], которая равна 0,39–0,71.

В практических расчетах количества речевой информации используется величина удельной информации, приходящейся на одну фонему, определяемую для различных видов сообщений. Тогда количество речевой информации

$$H_p = n I_{уд}^{cp}, \quad (2.8)$$

где $I_{уд}^{cp}$ – средняя удельная информация для различных информационных сообщений, бит/фон.

Удельная информация определяется для отредактированных сообщений, несущих только смысловую нагрузку. В этом случае ее значение изменяется в пределах 0,30–0,45 бит/фон.

Число фонем в сообщении можно определить, зная время передачи t_n сообщения и скорость устной речи v_y , т.е. $n = v_y t_n$. Тогда количество информации

$$H_p = v_y t_n I_{уд}^{cp}. \quad (2.9)$$

Пример решения задачи. В соответствии с исходными данными (индивидуального задания) находятся суммарные значения количества сообщений, поступающих к оператору и исходящих от него в течение рабочей смены, а также суммарные затраты времени на их получение и передачу. Для этого суммируются значения, указанные в таблицах 2.1–2.2 задания в соответствии с заданным вариантом.

Например, $\sum n^{bx} = 655$ сообщений; $\sum T_j^m = 363$ мин; $\sum n^{сх} = 645$ сообщений; $\sum T_j^{сх} = 188$ мин; объем информации, регистрируемой в текстовых книгах, – 1450 бит;

объем информации, регистрируемой на графиках, – 9480 бит; объем информации, регистрируемой в таблицах, – 7000 бит; удельная информация, приходящаяся на одну фонему сообщения, $I_{вх} = 0,42$ бит/фон, $I_{исх} = 0,30$ бит/фон. Скорость устной речи $v_y = 19$ фон/с, продолжительность смены – 12 ч.

Временная нагрузка оператора информационно-управляющей системы определяется по формуле (2.1):

$$Z_{эф} = \frac{363+188}{12 \cdot 60} \cdot 100 = 76,527 \approx 76,53 \text{ \%}.$$

Вывод. Так как $Z_{эф} > 75 \text{ \%}$, то оператор системы оперативного управления в реальном масштабе времени работает с превышением допустимой нагрузки.

Пропускная способность оператора по переработке информации рассчитывается по формуле (2.4). Для этого определяется общее количество информации, перерабатываемой оператором в течение смены, по формуле (2.5):

а) количество информации, перерабатываемой оператором в речевой форме,

$$H_p = 60v_y (\sum \sum T_j^{вх} I_{вх} + \sum \sum T_j^{исх} I_{исх}), \quad (2.10)$$

$$H_p = 60 \cdot 19 \cdot (363 \cdot 0,42 + 188 \cdot 0,30) = 238100,4 \text{ бит};$$

б) количество информации, перерабатываемой оператором в письменной форме,

$$H_{п} = H_{тк} + H_{г} + H_{т}, \quad (2.11)$$

$$H_{п} = 1450 + 9480 + 7000 = 17930 \text{ бит};$$

в) количество информации, поступающей от средств отображения информации, принимаем равным нулю ($H_{в} = 0$, так как на рабочем месте не предусмотрены устройства отображения информации).

Тогда $H_{общ} = 238100,4 + 17930 + 0 = 256030,4$ бит.

Пропускная способность оператора составит

$$R = 256030,4 / 43200 = 5,926 \approx 5,93 \text{ бит/с}.$$

Вывод. Сравнивая полученное значение пропускной способности оператора ($R = 5,93$ бит/с) с нормативной, можно сделать вывод о том, что оператор работает во II режиме с кратковременным запоминанием информации.

Показателями информационной нагрузки оператора являются среднечасовая нагрузка оператора и среднее время выполнения повторяющихся операций за смену.

Среднечасовая нагрузка оператора

$$\lambda_{\text{исх,вх}} = \frac{\sum n_j^{\text{исх,вх}}}{T_{\text{см}}}, \quad (2.12)$$

где $\sum n_j^{\text{исх}}$, $\sum n_j^{\text{вх}}$ – соответственно сумма исходящих и входящих сообщений к оператору за смену.

Тогда

$$\lambda_{\text{исх}} = 645/12 = 53,75 \text{ сообщ/ч}; \quad \lambda_{\text{вх}} = 655/12 = 54,58 \text{ сообщ/ч.}$$

Среднее время выполнения повторяющихся операций

$$\bar{t}_{\text{оп}} = \frac{60(\sum T_j^{\text{вх}} + \sum T_j^{\text{исх}})}{\sum n_j^{\text{вх}} + \sum n_j^{\text{исх}}}, \quad (2.13)$$

$$\bar{t}_{\text{оп}} = \frac{60(363+188)}{655+645} = 25,43 \text{ с.}$$

Вывод. Сравнивая полученные результаты с нормативными значениями (приложение Г), можно сделать вывод о том, что по показателям среднечасовой нагрузки оператор работает со средней нагрузкой, по длительности повторяющихся операций за смену – с тяжелой нагрузкой.

По показателям временной информационной загрузки, а также информационной нагрузки студент должен сделать предложения о необходимости применения организационно-технических мероприятий, направленных либо на повышение, либо на снижение загрузки.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под загрузкой рабочего времени оператора ?
- 2 Санитарно-гигиенические нормы загрузки оператора, применяемые на транспорте.
- 3 В чем заключается понятие пропускной способности оператора и каковы ее основные характеристики ?
- 4 Объясните показатели информационной загрузки оператора.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания по выполнению работы. При исследовании и проектировании СЧМ важно определить положение и роль человека в системе, обеспечивающих оптимальное взаимодействие человека и машины (т.е. определить так называемый человеческий фактор). Ошибки, допускаемые человеком, во многом зависят от физического и психологического состояния, в котором могут находиться работники в конкретной деятельности.

Психофизиологические свойства операторов в большей степени зависят от особенностей его личности: мировоззрения (система взглядов), интересов, способности и одаренности, темперамента и черт характера, внимания (функциональной устойчивости, переключения внимания, распределения объема памяти).

Задача эргономики – выявить несоответствие индивидуально-психологических качеств человека в выполняемой им работе. Это соответствие можно проверить по схеме: на 1-м этапе изучаются психофизиологические особенности структуры трудовой деятельности и причины типичных ошибок оператора; на 2-м – производится сопоставление выявленных особенностей психофизиологическим характеристикам оператора; на 3-м – выработка экспериментального заключения на основе сопоставления.

Для оценки работы операторов, обслуживающих транспортный процесс, используют комплексную характеристику функционального состояния.

Функциональное состояние – совокупность характеристик физиологических и психологических качеств, которая обеспечивает эффективность выполнения производственных операций. Функциональное состояние оценивают через следующие группы параметров: интеллектуальные (осмысленные работы, сосредоточенное внимание, принятие решения); эмоциональные (бодрость, уверенность, трудовой подъем, усталость, вялость, подавленность, нежелание работать); двигательные (уровень двигательной активности, скорость движений, их точность, замедленность, ошибочность).

Функциональное состояние характеризуется (в зависимости от изменения этих параметров) двумя процессами: работоспособностью – максимальные функциональные возможности оператора для выполнения работы и утомлением – состояние, обратное работоспособности, т.е. снижение максимальных возможностей оператора, вызванное работой и воздействием неблагоприятных условий труда.

Динамика изменения функционального состояния оператора характеризуется «кривой» работы человека (рисунок 3.1), состоящей из следующих фаз: 1 – вработывания; 2 – нормальной работы; 3 – усталости; 4 – второго дыхания; 5 – вторичной усталости.

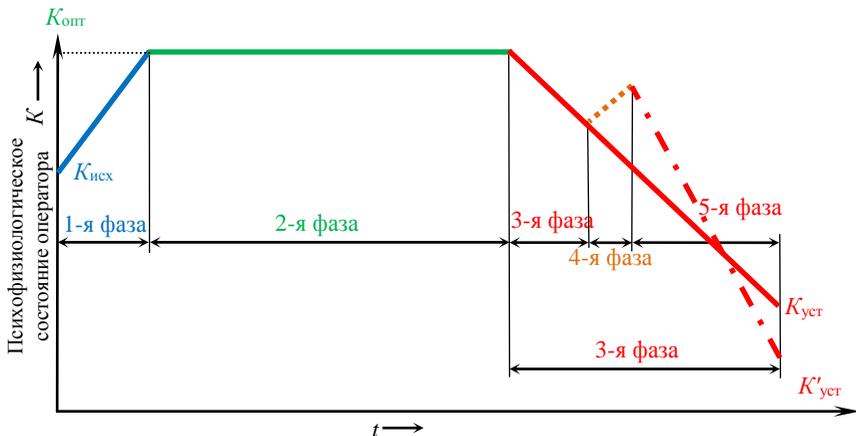


Рисунок 3.1 – Динамика изменения функционального состояния оператора

Границы перехода с работоспособного состояния в утомление характеризуется допустимыми отклонениями от нормы:

- показатель функционального состояния оператора считается нормальным [9, с. 421], если он отклоняется не более чем на 10 % от исходного уровня;

- допустимым считается отклонение значений параметра, которые лежат в интервале от $M [t] \pm 1$ до $3\sigma [t]$ (в зависимости от принятого уровня значимости), где $M [t]$ – математическое ожидание; $\sigma [t]$ – среднее квадратическое отклонение.

Изменение функционального состояния оператора на основании параметров среднего времени обработки одного входящего и исходящего сообщения рассчитываются по данным таблиц 2.1 и 2.2 (индивидуального задания) за каждый час смены:

$$\bar{t}_j^{\text{вх}} = \frac{\sum T_j^{\text{вх}}}{\sum n_j^{\text{вх}}}; \quad \bar{t}_j^{\text{исх}} = \frac{\sum T_j^{\text{исх}}}{\sum n_j^{\text{исх}}}, \quad (3.1)$$

По рассчитанным значениям строятся два графика: для входящих и для исходящих сообщений. Для каждого графика определяется среднее значение показателя в целом за смену, и эти значения наносятся на графики. Данное значение среднего времени обработки одного входящего и исходящего сообщения является основой для определения фаз работоспособности (по образцу рисунка 3.1). При этом каждое пересечение линии многоугольника почасовых распределений с линией среднего значения за смену определяет вероятное место перехода функционального состояния оператора с одной фазы в другую.

На основании анализа графика определяется продолжительность каждой фазы работоспособности оператора: $T_{\phi 1}, T_{\phi 2}, \dots, T_{\phi m}$, где m – число фаз. Динамика работоспособности оценивается по относительной продолжительности фазы устойчивой работоспособности, к которой относятся (для рассматриваемого примера) все фазы, расположенные на графике *ниже линии среднего значения показателя* $t_{\text{ср}}$ за смену:

$$K_{\text{уст}} = \frac{T_{\phi i} + T_{\phi i}(i + 2) + T_{\phi i}(i + 4)}{T_{\text{см}}} > 0,65. \quad (3.2)$$

При выполнении условия $K_{\text{уст}} > 0,65$ общее функциональное состояние оператора в течение смены оценивается как устойчивое.

Функциональное состояние операторов СЧМ реального времени обычно рассматривается через два вида напряженности работы: операционное и эмоциональное. **Операционное напряжение** определяется плотностью различного рода информации, которую оператор воспринимает в течение работы. Учитываются такие параметры, как темп и равномерность поступления информации, длительность их обслуживания. Характеристиками для оценки операционной напряженности являются: коэффициент загрузки, период занятости, длина очереди, время обработки информации, скорость ее поступления.

Коэффициент загруженности

$$Z = \frac{T_0}{T_{\text{см}}}, \quad (3.3)$$

где T_0 – период времени, в течение которого оператор занят обработкой информации;

$T_{\text{см}}$ – общее время работы.

Исходя из психофизиологического условия обеспечения допустимой продолжительности оперативного покоя (оператор не занят обработкой информации) в течение работы коэффициент загруженности должен составлять $Z < 0,75$. Для оператора должно быть обеспечено также регулярное чередование периодов работы и оперативного покоя, которое характеризуется периодом занятости ($T_{\text{зан}}$) – временем непрерывной, без пауз, работы при получении и обработке информации (рекомендуется $T_{\text{зан}} = 15$ мин).

Деятельность оператора характеризуется также и длиной очереди, которая определяется числом сигналов, одновременно требующих внимания оператора. Длина очереди не должна превышать объем оперативной памяти, например, для поездного диспетчера – 3 сообщения.

Появление очереди в обработке информации приводит к снижению качества деятельности оператора, что может быть оценено *коэффициентом очереди*

$$k_{оч} = \frac{T_{оч}}{T_{см}}, \quad (3.4)$$

где $T_{оч}$ – время, затраченное на обработку сообщений, при наличии очереди;
 $T_{см}$ – общее время работы.

Задача определения непрерывной продолжительности рабочей смены оператора состоит в том, чтобы найти критическое значение анализируемого параметра (например, времени реакции на звуковой сигнал t_3), при котором различие с исходным значением параметра становится ощутимым (значимым).

Сравнение всех средних почасовых значений параметра $M[t_{3i}]$ с исходной величиной (исходной величиной можно считать наилучшее значение параметра, для времени реакции это будет минимальное значение) производится по формуле

$$t_{доп} = t_k \sqrt{D[t_3] \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}, \quad (3.5)$$

где t_k – значение статистического критерия, для нормального закона t_k определяет число средних квадратичных отклонений, которое нужно отложить вправо и влево от центра рассеивания для того, чтобы вероятность попадания в полученный участок была равна принятой доверительной вероятности P_d (таблица 3.1);

$D[t_3]$ – дисперсия, определяется через среднее значение почасовых дисперсий;
 N_1, N_2 – числа наблюдений, по результатам которых вычислены математические ожидания сравниваемых значений параметра t_3 .

Таблица 3.1 – Расчетные значения параметра t_k

Доверительная вероятность	P_d	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	0,999
Критерий	t_k	1,404	1,475	1,554	1,643	1,740	1,880	2,053	2,325	3,290

Устойчивость психофизиологических функций оператора в течение смены

$$v = \frac{\sqrt{D[t_3]}}{M[t_3]}. \quad (3.6)$$

При $v < 0,1$ устойчивость психофизиологических функций оператора будет высокая; $0,1 < v < 0,2$ – средняя; $v > 0,2$ – низкая.

Пример решения задачи. На основании данных (индивидуального задания) и формулы (3.1) рассчитываются почасовые удельные затраты времени на обработку оператором одного входящего и исходящего сообщения. Для удобства результаты расчетов представляются в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет удельных почасовых затрат времени на обработку сообщений

Часы	Входящие сообщения			Исходящие сообщения		
	$\sum n_j^{\text{вх}}$	$\sum T_j^{\text{вх}}$	$t_{\text{уа}j}^{\text{вх}}$	$\sum n_j^{\text{исх}}$	$\sum T_j^{\text{исх}}$	$t_{\text{уа}j}^{\text{исх}}$
1	60	40	0,67	60	24	0,40
2	65	35	0,54	65	22	0,34
3	75	35	0,47	80	16	0,20
4	70	28	0,40	70	21	0,30
5	60	35	0,58	65	28	0,43
6	35	42	1,20	50	17	0,34
7	40	20	0,50	30	6	0,20
8	40	20	0,50	30	4	0,13
9	55	18	0,33	40	6	0,15
10	55	25	0,45	50	8	0,16
11	65	30	0,46	60	18	0,30
12	35	35	1,00	45	20	0,44
Итого	655	363	0,554	645	190	0,295

Результаты расчетов представлены на графиках почасовых удельных затрат времени (рисунки 3.2 и 3.3), на которых нанесены значения средних удельных затрат времени. На основе анализа изменения удельных затрат времени, представленных на графике (см. рисунок 3.2), определяются фазы работы оператора при затрачивании времени на исходящие сообщения.

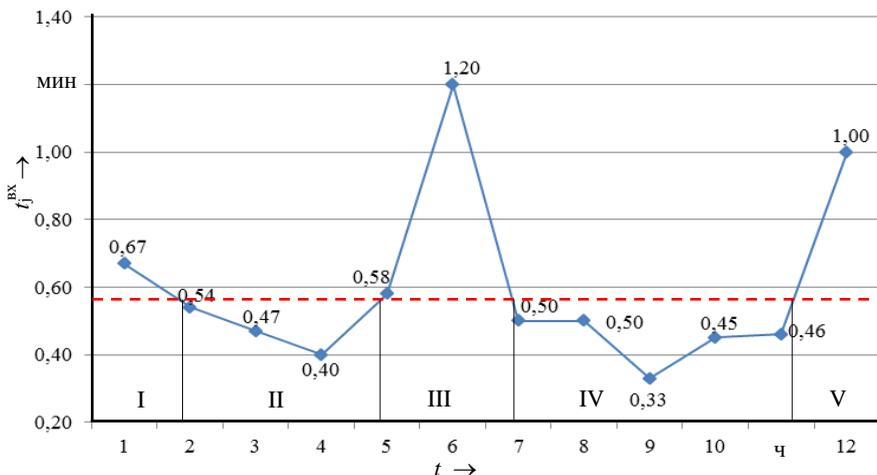


Рисунок 3.2 – График изменения почасовых удельных затрат времени, затрачиваемых оператором на переработку входящих сообщений

На рисунке 3.2 продолжительность фаз составит: $T_{\Phi I} = 1,2$ ч; $T_{\Phi II} = 3,0$ ч; $T_{\Phi III} = 2,1$ ч; $T_{\Phi IV} = 4,5$ ч; $T_{\Phi V} = 1,2$ ч.

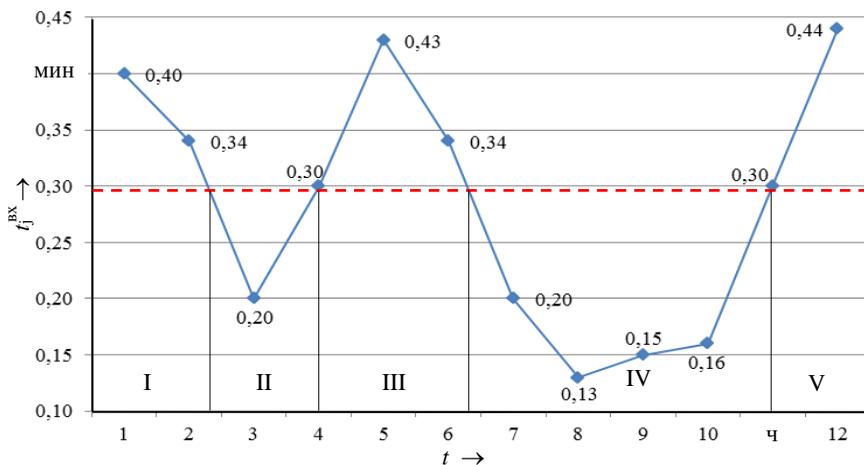


Рисунок 3.3 – График изменения почасовых удельных затрат времени, затрачиваемых оператором на переработку исходящих сообщений

На рисунке 3.3 продолжительность фаз составит: $T_{\Phi I} = 1,9$ ч; $T_{\Phi II} = 1,6$ ч; $T_{\Phi III} = 2,4$ ч; $T_{\Phi IV} = 4,6$ ч; $T_{\Phi V} = 1,5$ ч.

Согласно формуле (3.2) определяем коэффициент устойчивости работы оператора по обработке входящих и исходящих сообщений, для чего учитываем продолжительность фаз работы оператора, где удельные затраты времени на обработку сообщений меньше среднего значения (ниже линии, обозначающей средние удельные затраты времени на обработку сообщений):

$$K_{уст}^{вх} = (3,0 + 4,5)/12 = 0,625; \quad K_{уст}^{исх} = (1,6 + 4,6)/12 = 0,517.$$

Вывод. Так как в обоих случаях коэффициент $< 0,65$, то работа оператора является нестабильной. Поэтому необходимо разработать мероприятия, обеспечивающие устойчивое выполнение оператором возложенных на него функций.

Определим непрерывную продолжительность рабочей смены оператора по изменению его физической характеристики на звуковой сигнал. Для этого используются данные, приведенные в таблице 3.1 задания на индивидуальные работы. Например, даны изменения времени реакции оператора на протяжении рабочей смены в миллисекундах (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Изменения времени реакции оператора на протяжении рабочей смены

Параметр	Часы												Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$M [t]$	155	145	135	145	155	155	165	165	175	190	205	200	1990
σ^2	645	855	545	782	965	915	614	715	911	815	716	915	9393

Среднее математическое ожидание времени реакции

$$\bar{M} [t_p] = \sum M [t_p] / 12 = 1990 / 12 = 165,83 \text{ мс,}$$

среднее значение дисперсии

$$\bar{D} [t_p] = \overline{\sigma^2} [t_p] = \sum \sigma^2 [t_p] / 12 = 9393 / 12 = 782,75 \text{ мс.}$$

Дополнительное время, используемое на обработку входящих и исходящих сообщений с учетом параметров $N_1 = N_2 = 10$; $t_k = 1,74$ (см. таблицу 3.1), определяется по формуле (3.6):

$$t_{\text{доп}} = 1,74 \sqrt{782,75 \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right)} = 21,77 \text{ мс.}$$

Тогда $\bar{M} [t_p] + t_{\text{доп}} = 165,83 + 21,77 = 187,6 \text{ мс.}$

По данным таблицы 3.3 строится график изменения времени реакции оператора ($M [t]$) на протяжении рабочей смены (рисунок 3.4). На график наносится прямая $\bar{M} [t_p] + t_{\text{доп}}$, и из точки ее пересечения с линией изменения исследуемого параметра проводится перпендикуляр на ось времени. Полученная точка ($t_{\text{см}}^p = 9,3 \text{ ч}$, или 77,5 % рабочего времени) и будет характеризовать непрерывную продолжительность рабочей смены оператора.

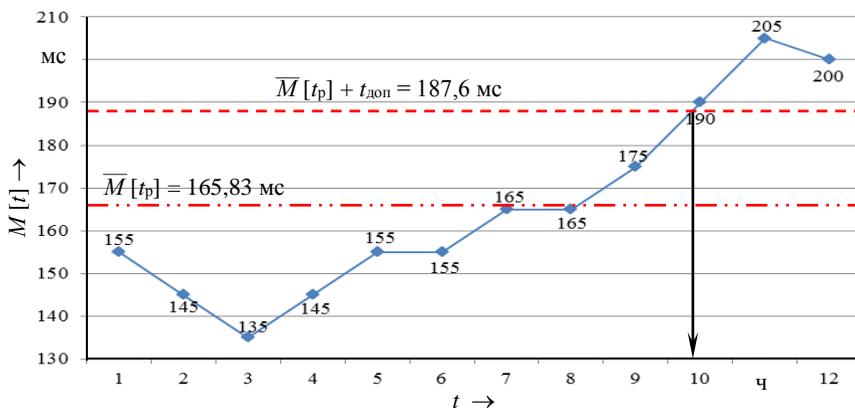


Рисунок 3.4 – График изменения времени реакции оператора на протяжении рабочей смены

Вывод. Сравнивая полученную продолжительность непрерывной работы оператора с нормативными значениями (приложение Г), можно сделать вывод о том, что нагрузка оператора является средней.

Контрольные вопросы

- 1 Роль человека в СЧМ.
- 2 Назовите основные фазы «кривой» работы человека и дайте их характеристику.
- 3 Назовите основные виды напряженности работы оператора, дайте их характеристику.
- 4 Порядок определения коэффициента устойчивости работы оператора по обработке сообщений.
- 5 Порядок определения продолжительности непрерывной работы оператора в течение смены.

Лабораторная работа № 4

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА ПРИ РЕШЕНИИ ИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Методические указания по выполнению работы. При выполнении работы используется один из распространенных методов эргономики – **метод алгоритмического описания**, который опирается на положение о том, что всякое управление производится при помощи переработки информации, осуществляемой по соответствующим правилам – алгоритмам. Понятие «алгоритм» определяется как совокупность элементарных актов переработки информации. В качестве простейших составляющих алгоритма берутся *оперативные элементарные единицы*, которые как нечто цельное используются человеком в его работе. Такими единицами (элементарными действиями) являются восприятие или извлечение из памяти образов, понятий, суждений, а также действия, простые и сложные, но имеющие законченность в деятельности человека.

Оперативные элементарные единицы могут быть двух видов:

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

- «*операторы*» – операции человека, которые подразделяются на множество сенсорных (афферентных) и моторных (эфферентных) оперативных элементарных единиц. Заметим, что понятие «оператор» как составляющая алгоритма берется в кавычки, понятие оператор применительно к человеку используется без кавычек.

Рабочий процесс деятельности рассматривается как совокупность элементарных оперативных единиц переработки управляющей информации. Для записи алгоритма применяется *логическая схема алгоритма*.

В логической схеме алгоритма прописными (большими) буквами обозначаются «операторы» (например, A, B, C, K и т.д.), строчными (малыми) буквами – логические условия (например, q, s, t, k и т.д.), определяющие выбор того или иного «оператора». Каждое логическое условие имеет два возможных исхода. От каждого символа логического условия начинается нумерованная стрелка (\uparrow), которая оканчивается у какого-либо символа (\downarrow). Работа логической схемы начинается с того, что выполняется самый левый элемент схемы. После этого определяется, какой элемент должен выполняться следом за ним. Если первым был «оператор», то за ним должен выполняться тот элемент схемы, который непосредственно следует за ним, т.е. второй. Если же первый элемент схемы – логическое условие, то возможно два исхода: или логическое условие выполняется (тогда выполняется следующий элемент алгоритма), или же оно не выполняется. В этом случае выполняется тот элемент, к которому ведет нумерованная стрелка, начинающаяся после данного логического условия. Дальнейшая работа схемы происходит аналогично. В алгоритмах могут задаваться и ложные логические условия (в примере ложное логическое условие обозначено w), после которого выполнение алгоритма обязательно происходит по стрелке перехода (\uparrow).

Изменяя значения логических условий, можно получить различные варианты последовательности работы алгоритма, число которых равно 2^n , где n – количество логических условий.

Пусть, например, имеется система управления, в которой оператор решает задачу, модель которой в логической схеме алгоритма имеет вид

$$\downarrow^3 K_1 K_2 q_1 \uparrow^1 \downarrow^2 S N q_2 \uparrow^2 \downarrow^1 L w \uparrow^3$$

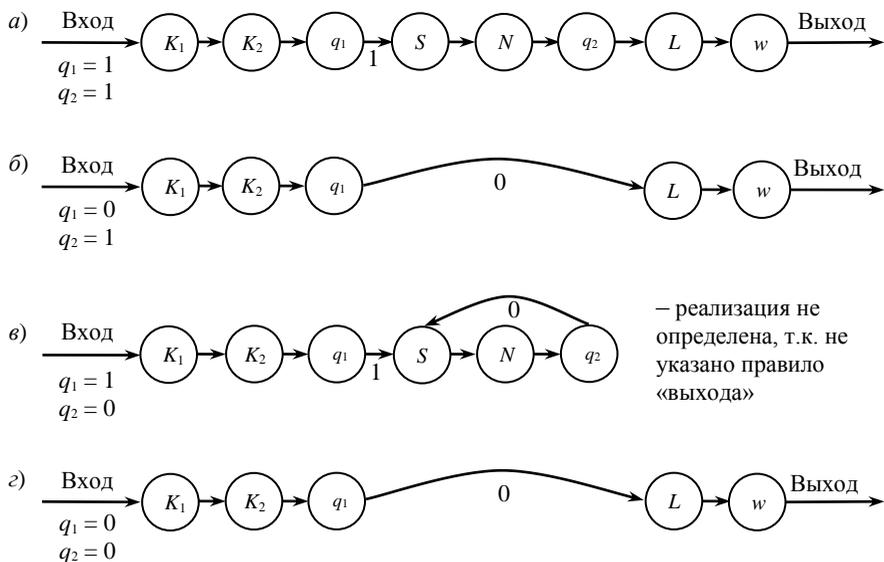
где K_1, K_2, S, N, L – «операторы» деятельности;

q_1, q_2 – логические условия деятельности, q_1, q_2 равны либо 1, либо 0;

w – логические условия, организующие управление, всегда $w = 0$.

Работа человека-оператора включает в себя обычно систему таких алгоритмов.

На рисунке 4.1 изображены графы реализации алгоритма.



Условные обозначения:

- а – логические условия выполняются; б, в – логические условия выполняются не все;
- г – логические условия не выполняются

Рисунок 4.1 – Графы реализации алгоритма

С помощью анализа алгоритмов деятельности оператора решается целый ряд задач:

- исследование влияния сложности алгоритма на качество работы человека-оператора;
- распределение функций между человеком и машиной;
- разработка алгоритмов работы человека-оператора при проектировании систем «человек – машина» и др.

Анализ схемы алгоритма позволяет получить некоторые количественные характеристики трудовой деятельности оператора: показатели стереотипности, логической сложности, скорости переработки информации, динамической интенсивности.

Показатель стереотипности оценивается по наличию в алгоритме непрерывных последовательностей без логических условий, а также по длительности этих последовательностей. Этот показатель определяется по формуле

$$Z = \sum_{n=1}^k P_n X_n, \quad (4.1)$$

где P_0 – вероятность появления таких групп;

X_0 – число последовательных элементов в группе без логических условий из 1, 2, ..., k элементов.

Показатель стереотипности достигает максимального значения, равного k , когда в алгоритме нет логических условий, т.е. последовательность действий оператора однозначно детерминирована и не зависит ни от каких условий. Минимально возможное значение этого показателя равно 1 (оно получается в том случае, если после каждого «оператора» следует логическое условие). Следовательно, в этом случае $X_n = 1$, $P_n = 1/k$, $Z = 1$. Деятельность оператора при этом имеет максимальное число возможных вариантов действий, т.е. низкую стереотипность.

Показатель логической сложности определяется выражением

$$L = \sum_{n=1}^m P_n X_n, \quad (4.2)$$

где P_n – вероятность появления таких групп. Этот показатель определяет необходимость изменения системы действий в различных вариантах условий выполнения производственных процессов. Он дает характеристику, обратную стереотипности, и может быть использован для оценки динамического компонента деятельности оператора. Возможные пределы изменения $0 \leq L \leq m$;

X_n – число проверяемых логических условий в группе из 1, 2, ..., m таких условий.

Энтропия «операторов» всех видов, т.е. среднее количество информации, перерабатываемое человеком-оператором при выполнении управляющих действий, вычисляется по формуле

$$H_0 = - \sum_{i=1}^x P_i \log P_i, \quad (4.3)$$

где P_i – вероятность 1, 2, ..., i -го вида «оператора»;

x – число операторов i -го вида в алгоритме.

Энтропия логических условий, т.е. среднее количество информации, перерабатываемое человеком-оператором при проверке логических условий, вычисляется по формуле

$$H_n = - \sum_{j=1}^r P_j \log P_j, \quad (4.4)$$

где r – число логических условий j -го вида в алгоритме;

P_j – вероятность 1, 2, ..., j -го вида логического условия.

Для вычисления значений энтропии «операторов» и логических условий можно принять вероятности для всех «операторов» и логических условий равными. Тогда формулы (4.3) и (4.4) примут вид

$$H_0 = \log_2 x; \quad H_n = \log_2 r, \quad (4.5)$$

где x и r – общее число «операторов» и логических условий.

При вычислении двоичных логарифмов можно воспользоваться заменой основания 2 на основание 10, т.е.

$$\log_2 x = \frac{\lg x}{\lg 2} = \frac{\lg x}{0,301} \quad \text{или} \quad \log_2 r = \frac{\lg r}{\lg 2} = \frac{\lg r}{0,301}. \quad (4.6)$$

Средняя информация по всем шагам трудового процесса равна сумме энтропий «операторов» и логических условий. Последний показатель является характеристикой неопределенности ожидания различных членов алгоритма.

Средняя скорость переработки информации

$$\bar{S} = \frac{(H_0 + H_n)K}{T_{\text{см}}}, \quad (4.7)$$

где K – число реализаций алгоритма за смену.

$T_{\text{см}}$ – время работы оператора, с.

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

$$V = \frac{(x+r)K}{T_{\text{см}}}. \quad (4.8)$$

Общая сложность выполнения алгоритма рассчитывается по формуле

$$S_a = \frac{ZSV}{L}. \quad (4.9)$$

Рассмотренные показатели выполнения алгоритма определяют сложность работы оператора и могут использоваться для сравнительной оценки однотипных видов операторской деятельности.

Пример решения задачи. Пусть заданы алгоритмы работы операторов при выполнении ими основной деятельности (приложение Д). Среднее время выполнения операций и логических условий принимается из приложения Е и Ж. Во всех вариантах «операторы» обозначены буквой «А» с индексом, а логические условия – буквой «р» с индексом:

$$I \quad \downarrow A_1^5 \downarrow p_1^4 \uparrow p_2^1 \uparrow A_2^2 A_3^2 p_3^3 \uparrow w^4 \downarrow A_4^1 p_4^1 \uparrow A_5^1 A_6^2 \downarrow A_7^2 \uparrow w^5;$$

$$II \quad \downarrow A_1^4 p_1^6 \uparrow p_2^3 \uparrow A_2^1 A_3^5 \downarrow A_4^2 p_3^2 \uparrow A_5^2 p_4^5 \uparrow w^4 \downarrow A_6^4 p_7^1 A_8^3 \uparrow w^6.$$

Количественные характеристики для заданных алгоритмов деятельности работников рассчитываются при числе повторений алгоритма $K = 100$, продолжительности смены $T_{см} = 12$ ч.

Заданные алгоритмы записываются в упрощенном виде:

$$I \quad \underline{A_1} \overline{p_1 p_2} \underline{A_2 A_3} \overline{p_3 w} \underline{A_4} p_4 \underline{A_5 A_6 A_7} \overline{w};$$

$$II \quad \underline{A_1} \overline{p_1 p_2} \underline{A_2 A_3 A_4} \overline{p_3} \underline{A_5} \overline{p_4 w} \underline{A_6 A_7 A_8} \overline{w}.$$

Для нахождения показателя стереотипности по формуле (4.1) составляется вспомогательная таблица 4.1.

Таблица 4.1 – Данные для нахождения показателя стереотипности

Показатель	Алгоритм I			Итого	Алгоритм II			Итого
Число операторов в группе	1	2	3	–	1	2	3	–
Количество групп операторов	2	1	1	4	2	–	2	4
Вероятность появления групп	2/4	1/4	1/4	1	2/4	–	2/4	1

Тогда показатель стереотипности для алгоритмов

$$Z_I = \frac{2}{4} \cdot 1 + \frac{1}{4} \cdot 2 + \frac{1}{4} \cdot 3 = \frac{7}{4} = 1,75; \quad Z_{II} = \frac{2}{4} \cdot 1 + \frac{2}{4} \cdot 3 = \frac{8}{4} = 2.$$

Для нахождения показателя логической сложности по формуле (4.2) составляется вспомогательная таблица 4.2.

Таблица 4.2 – Данные для нахождения показателя логической сложности

Показатель	Алгоритм I			Итого	Алгоритм II			Итого
Число логических условий в группе	1	2	3	–	1	2	3	–
Количество групп логических условий	2	2	–	4	2	2	–	4
Вероятность появления групп	2/4	2/4	–	1	2/4	2/4	–	1

Тогда показатель логической сложности для алгоритмов

$$L_I = \frac{2}{4} \cdot 1 + \frac{2}{4} \cdot 2 = \frac{6}{4} = 1,5; \quad L_{II} = \frac{2}{4} \cdot 1 + \frac{2}{4} \cdot 2 = \frac{6}{4} = 1,5.$$

Для вычисления значений энтропии «операторов» и логических условий принимаются вероятности для всех «операторов» и логических условий равными, тогда в соответствии с формулами (4.5) и (4.6)

$$H_{o(I)} = \log_2 7 = 2,81 \text{ бит}; H_{л(I)} = \log_2 6 = 2,585 \approx 2,59 \text{ бит};$$

$$H_{o(II)} = \log_2 8 = 3,0 \text{ бит}; H_{л(II)} = \log_2 6 = 2,585 \approx 2,59 \text{ бит}.$$

Средняя скорость переработки информации рассчитывается по формуле (4.7):

$$S_I = \frac{(2,81 + 2,59) \cdot 100}{43200} = 0,0125 \text{ бит/с};$$

$$S_{II} = \frac{(3,0 + 2,59) \cdot 100}{43200} = 0,0129 \text{ бит/с}.$$

Интенсивность выполнения алгоритмов рассчитывается по формуле (4.8):

$$V_I = \frac{(7 + 6) \cdot 100}{43200} = 0,03 \text{ оп/с}; \quad V_{II} = \frac{(8 + 6) \cdot 100}{43200} = 0,032 \text{ оп/с}.$$

Общая сложность выполнения алгоритма определяется по формуле (4.9):

$$S_{o(I)} = \frac{1,75 \cdot 0,0125 \cdot 0,03}{1,5} = 0,0004375;$$

$$S_{o(II)} = \frac{2,0 \cdot 0,0129 \cdot 0,032}{1,5} = 0,0005504.$$

Для сравнения характеристик двух алгоритмов деятельности все данные сводятся в таблицу 4.3.

Вывод. Исходя из сводной таблицы характеристик рассматриваемых алгоритмов можно сделать вывод о том, что алгоритмы не являются одинаковыми по сложности. Алгоритм II обладает худшими параметрами по таким характеристикам, как общее число членов алгоритма, количество «операторов», энтропия «операторов», общая сложность выполнения алгоритма. В то же время алгоритм II обладает лучшими параметрами по таким характеристикам, как показатель стереотипности, средняя скорость переработки информации, интенсивность выполнения алгоритма. Проанализировав численные значения характеристик обоих алгоритмов приходим к выводу, что алгоритм II является более сложным, чем алгоритм I.

Таблица 4.3 – Результаты расчета характеристик алгоритмов

Характеристики алгоритмов	Алгоритм	
	I	II
Общее число членов алгоритма	13	14
Количество «операторов»	7	8
Число групп «операторов»	4	4
Показатель стереотипности	1,75	2,0
Количество логических условий	6	6
Число групп логических условий	4	4
Показатель логической сложности	1,5	1,5
Энтропия «операторов»	2,81	3,0
Энтропия логических условий	2,59	2,59
Средняя скорость переработки информации	0,0125	0,0129
Интенсивность выполнения алгоритма	0,03	0,032
Общая сложность выполнения алгоритма	0,0004375	0,0005504

Контрольные вопросы

- 1 Дайте понятия «алгоритм» и «алгоритмическая деятельность» по отношению к работе оператора.
- 2 В чем заключается смысл показателей стереотипности, логической сложности ?
- 3 Перечислите основные количественные характеристики трудовой деятельности.

Лабораторная работа № 5

РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Методические указания по выполнению работы. Трудовая активность человека во многом определяется условиями, в которых он работает. К ним, прежде всего, относится рабочее место. Та часть рабочего пространства, где располагается производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в рабочей среде, называется **рабочим местом**.

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

- для размещения работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений в соответствии с требованиями технологического процесса;

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

Проектирование рабочего места оператора должно проводиться на основании эргономических требований как в целом к рабочему месту, так и к отдельным устройствам, используемым в деятельности оператора. При этом в начале определяется значимость каждого из технических устройств для выполнения функций оператора. Исходя из этого, определяется их расположение относительно оператора. Кроме установленных эргономических требований, учитываются и потребности жизнедеятельности оператора, практический опыт, принцип стереотипности движений.

Наиболее часто используемые технические средства следует размещать в зонах наилучшей моторной досягаемости с целью минимизации рабочих движений оператора (приложение И).

Оператор относительно рабочей поверхности может находиться в двух положениях: *симметрично* (левая и правая плоскости рабочего стола имеют одинаковую площадь); *асимметрично* (смещение оператора за рабочим столом в левую (правую) сторону).

Технические устройства (средства) устанавливаются таким образом, чтобы равномерно распределить работу оператора левой и правой рукой. Клавиатура устройств управления и ввода данных обычно находится в зоне легкой досягаемости моторного поля (приложение К).

Экраны дисплеев должны находиться в зонах допустимого угла обзора СОИ, но в то же время не закрывать обзор выносного табло с мнемосхемой железнодорожной станции, расположенного напротив оператора. Экран дисплея размещается в плоскости, перпендикулярной линии зора оператора на расстоянии 400–800 мм (или две диагонали дисплея) от оператора.

Вспомогательные наглядные средства, такие как график движения поездов на контролируемом железнодорожном участке, нормативные документы, оперативные приказы и т.д. должны размещаться под прямым углом к линии зора оператора, направленной в центр данного вспомогательного средства. Кроме того, данные средства должны располагаться на таком расстоянии от оператора, чтобы он мог без усилий «снять» (прочитать) информацию, отраженную в них. На рисунке 5.1 представлено рабочее место поездного диспетчера (ДНЦ) Центра управления перевозками службы перевозок Белорусской железной дороги.



Рисунок 5.1 – Рабочее место ДНЦ ЦУП Белорусской железной дороги

В управляющих системах на транспорте находят широкое распространение органы управления, совмещенные с СОИ. В связи с этим при проектировании ОУ необходимо обеспечивать выполнение *эргономических требований к взаимному расположению СОИ и ОУ*:

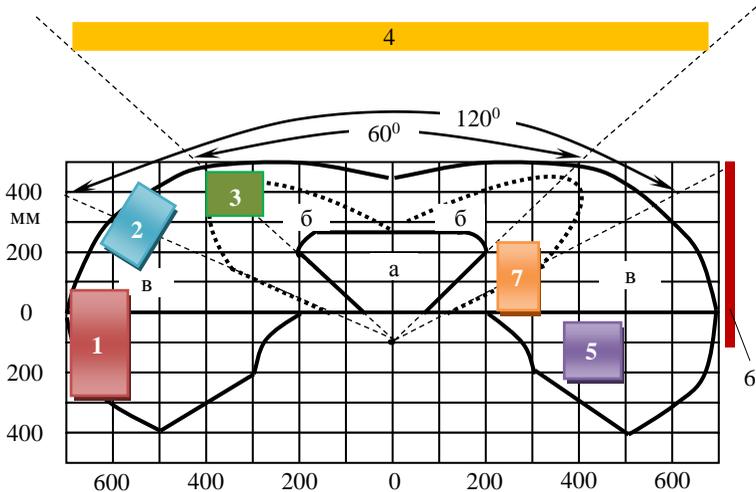
- руки оператора не должны закрывать индикационную часть прибора, когда он работает с ОУ;
- при взаимном расположении ОУ и СОИ должно обеспечиваться их функциональное соответствие;
- должно быть обеспечено пространственное соотнесение элементов управления и их расположение на панели индикации;
- элементы пультов управления должны размещаться в определенной последовательности, соответствующей алгоритму съема информации с СОИ;
- при расположении ОУ и СОИ на различных панелях необходимо, чтобы ОУ на панелях соответствовали положению индикаторных средств на СОИ. Они должны быть соотнесены и расположены друг против друга.

Пример решения задачи. Разработка компоновки рабочего места оператора начинается с установления перечня технических устройств и вспомогательных средств на рабочем месте оператора (индивидуального задания), а также способа ведения текстовой и графической оперативной информации в реальном масштабе времени.

На основании заданных габаритных размеров (индивидуального задания) и эргономических требований к расположению технических устройств (приложение К) строится масштабная схема размещения их на рабочем месте оператора.

Примерное расположение технических устройств на рабочем месте оператора приведено на рисунке 5.2.

В выводе студент должен обосновать размещение каждого технического устройства.



Условные обозначения: 1 – печатающее устройство; 2 – графический дисплей; 3 – средство связи; 4 – табло с мнемосхемой; 5 – клавиатура установки маршрутов; 6 – вспомогательные наглядные средства; 7 – устройство ввода данных на табло; а – оптимальная зона расположения ОУ; б – зона легкой досягаемости ОУ; в – зона досягаемости ОУ.

Рисунок 5.2 – Масштабная схема компоновки технических средств на рабочем месте оператора

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение понятия «рабочее место» и назовите основные эргономические требования к рабочим местам.
- 2 Приведите основные эргономические требования к размещению средств на рабочем месте оператора.
- 3 Перечислите основные требования к совместному размещению СОИ и ОУ.

РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВКИ ОПЕРАТОРСКОГО ЗАЛА ЦЕНТРА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к выполнению работы. Деятельность оператора на том или ином рабочем месте в значительной степени зависит от того, насколько правильно с эргономической точки зрения расположены рабочие места относительно друг друга.

Рабочее место (РМ) – см. лабораторную работу № 1. Конструктивные свойства технических средств деятельности должны быть согласованы с возможностями человека выполнять рабочие операции в нормальных и аварийных условиях.

Правильная организация РМ предполагает решение следующих задач:

- выбор целесообразного рабочего положения (сидя, стоя);
- рациональное размещение СОИ и ОУ в соответствии с важностью и частотой их использования в пределах поля зрения и зоны досягаемости;
- обеспечение оптимального обзора элементов РМ;
- соответствие конструкции РМ антропометрическим, физиологическим и психологическим характеристикам оператора;
- соответствие информационных потоков возможностям оператора по приему и переработке информации;
- обеспечение условий для кратковременного отдыха операторов в процессе работы.

Особое место при решении эргономических задач на транспорте занимает организация РМ с автоматизированным управлением.

Под пространственной организацией РМ понимается размещение в определенном порядке элементов основного и вспомогательного оборудования относительно работающего человека и друг друга. С эргономической точки зрения пространственная компоновка элементов РМ должна обеспечивать: размещение работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений, согласно технологическому процессу; расположение средств управления в пределах максимальных и минимальных границ моторного поля (по ширине, глубине и высоте); оптимальный обзор источников визуальной информации; смену рабочей позы и рабочего положения; свободного доступа к местам профилактических осмотров, ремонтов, наладки; рациональное размещение основных и вспомогательных средств труда; оптимальную ширину проходов между элементами РМ.

Компоновка РМ в пространстве определяется параметрами РМ в целом и его элементов.

Габаритные параметры характеризуют предельные размеры внешних очертаний РМ и его элементов. Габаритный объем определяется как сумма

объемов основного и вспомогательного оборудования, моторного и сенсомоторного пространства, проходов к элементам рабочего места. Главная задача при компоновке РМ состоит в ликвидации «мертвого» пространства.

Компоновочные параметры характеризуют положение отдельных элементов РМ относительно друг друга и работающего. Главная задача компоновки РМ состоит в обеспечении оптимальной досягаемости ОУ и оптимального обзора СОИ из различных рабочих положений оператора.

Свободные параметры отдельных элементов РМ могут изменять базу отсчета (сиденья, подставки для ног). Главная задача разработки РМ – это оптимальное расположение оператора с учетом его антропометрических характеристик.

Пространственная компоновка РМ зависит от расположения оператора и, в первую очередь, от таких факторов, как положения тела, рабочей позы и рабочих движений.

Положение тела – это способ расположения тела для выполнения установленной деятельности оператора. Наиболее распространенными являются положения *сидя* и *стоя*. Выбор рабочего положения в основном связан с характеристиками деятельности операторов: размерами моторного пространства, объемом и темпом рабочих движений, точностью выполняемых операций.

Каждое из положений тела имеет отрицательные и положительные характеристики. К *отрицательным характеристикам положения стоя* относят: неустойчивое равновесие тела во время работы (площадь опоры – поверхность стоп) и утомительность работы, т.к. значительна работа мышц по удержанию равновесия и сохранению выпрямленной позы. Необходимы частая смена положения и кратковременный отдых *сидя* для уменьшения давления на ноги. *Положительные характеристики работы стоя*: возможность большего обзора, перемещения и высокой зрительно-моторной координации.

К *отрицательным характеристикам работы в положении сидя* относят: возникновение патологических явлений (сутулость, расслабление мышц живота, радикулит и т.п.), ограничение перемещения, сокращение зоны досягаемости, уменьшение силовых возможностей. *Положительные характеристики*: разгрузка мышц ног, увеличение моторной производительности при работе с ОУ и записи текста.

Для повышения эффективности работы в положении *сидя* необходимо решать задачи по подбору стула, предусматривать изменения положения тела и оптимально располагать ОУ и СОИ на РМ.

Под *рабочей позой* понимается наиболее частое и предпочтительное взаиморасположение кинематических звеньев тела при выполнении трудо-

вых операций в пространстве рабочего места. Рабочая поза различна, поэтому основным фактором, характеризующим рабочую позу, является время, в течение которого человек находится (может находиться) в одной позе. Необходимо при проектировании создавать условия для поддержания оптимальной рабочей позы, изменение поз для мышечной разгрузки.

В эргономическом проектировании используется *соматография* – это технико-антропометрический анализ статики и динамики рабочих поз человека, заключающийся в совместном изображении человеческого тела и элементов технического устройства в ортогональных плоскостях методами технического черчения.

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

Пункт управления состоит из нескольких зон (или залов):

- зона непосредственной работы оператора по управлению технологическим процессом (операторский зал – ОЗ);

- зона размещения оборудования (аппаратурный зал – АЗ).

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

Наиболее важным вопросом в организации пункта управления является оптимизация взаимного расположения РМ с коллективными СОИ, которая должна обеспечивать:

- функциональные связи между операторами;

- максимальный обзор информационного поля табло коллективного пользования;

- свободное пространство для перемещения операторов и эксплуатации оборудования.

Рабочие места в ОЗ необходимо располагать в зоне наилучшего видения информационного поля (приложение Л). Границу видения одного знака в информационном поле определяют по формуле

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

где L – наибольшее расстояние различимости знака с погрешностью не более 1 %;

α – угол наблюдения.

Величина L зависит от разрешающей способности СОИ, сложности конфигурации знака, условий восприятия (освещенности, яркости, контраста).

та). Граница зоны наилучшего видения для информационного поля в целом находится на пересечении зон наилучшего видения отдельных знаков, расположенных на границах информационного поля коллективного СООИ.

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

Необходимо учитывать влияние цвета, освещенности, шума на психофизиологическое состояние операторов. Для этого должны выполняться определенные эргономические требования. Например, окраска дальней стены в зеленый, синий и голубой цвета создает иллюзию отдаления стены, а окраска в красный, оранжевый, желтый – приближения. Теплые цвета надо использовать в зоне холодного климата и наоборот. Необходимо, чтобы потолок отражал 60–90 % падающего света, стены – 40–90 %, а пол – 20–40 %, это позволит создать равномерность освещения ОЗ.

Пример решения задачи. В соответствии с индивидуальным заданием имеются следующие исходные данные: количество операторов, одновременно работающих с коллективным табло 5 человек; число секций табло 8; длина табло 9300 мм; общая высота табло 3300 мм; рабочая высота табло 2400 мм; высота информационного поля табло 1400 мм; угол обзора информационного поля в верхней части 45° , в нижней части 9° ; высота знака на информационном поле табло 18 мм.

Оптимальное удаление АРМ оператора от выносного табло определяется исходя из высоты знака на информационном поле табло по формуле

$$L_{уд} = \frac{H_{зн}}{2 \operatorname{tg} \alpha / 2}, \quad (6.2)$$

где $H_{зн}$ – высота знака на информационном поле табло, мм;

α – острота зрения оператора, $\alpha = 0,25^\circ$.

$$\text{Тогда } L_{уд}^2 = \frac{18}{2 \operatorname{tg} 0,25/2} = \frac{18}{2 \operatorname{tg} 0,125} = 4125,3 \text{ мм.}$$

Исходя из того, что полученное значение расстояния удаления оператора второго ряда от выносного табло соответствует эргономическим требованиям (2500–4500 мм), высоту знака на данном табло нет необходимости изменять.

В рассматриваемом операторском центре работает одновременно 5 человек: старший оператор, два оператора и два помощника операторов. Информационное табло функционально разделено на две части, с каждой из которой оперативно работает оператор и его помощник. Старший оператор руководит работой подчиненных ему операторов на всем полигоне информационного табло.

Согласно данному распределению обязанностей работников и эргономических требований к рабочим местам операторских залов устанавливается расположение рабочих мест в операторском зале.

Так как оптимальное удаление АРМ оператора в соответствии с выполненным расчетом равно 4125,3 мм, то на данном удалении должен располагаться старший оператор, находящийся во втором ряду. Удаление операторов, расположенных в первом ряду от информационного табло, в данном случае определяется следующим образом:

$$L_{уд}^1 = 4125,3 - a - b - \epsilon, \quad (6.3)$$

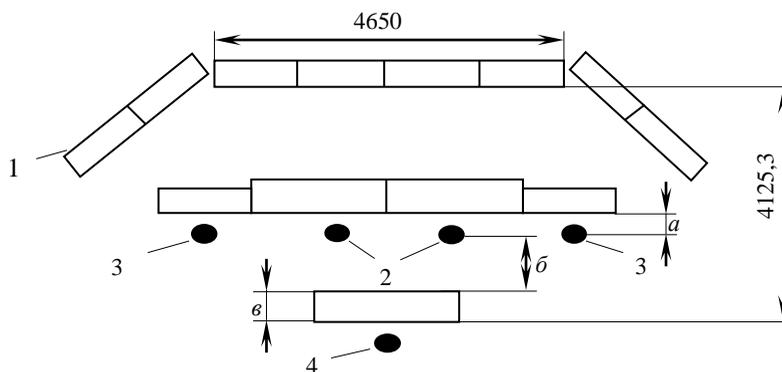
где a – расстояние от края рабочего стола оператора до оси расположения его тела ($a = 100$), мм;

b – ширина прохода, расстояние от оси расположения тела оператора до края стола следующего ряда операторов ($b = 850$), мм;

ϵ – ширина рабочего стола ($\epsilon = 800$), мм;

$$L_{уд}^1 = 4125,3 - 100 - 800 - 850 = 2375,3 \text{ мм.}$$

На рисунке 6.1 представлено размещение рабочих мест в операторском зале в горизонтальной плоскости.



Условные обозначения:

- 1 – информационное табло; 2 – рабочее место оператора;
- 3 – рабочее место помощника оператора; 4 – рабочее место старшего оператора

Рисунок 6.1 – Схема компоновки рабочих мест в операторском зале в горизонтальной плоскости

В соответствии с исходными данными и антропометрическими размерами оператора (см. приложение Б) строится масштабная схема размещения операторов в вертикальной плоскости (рисунок 6.2).

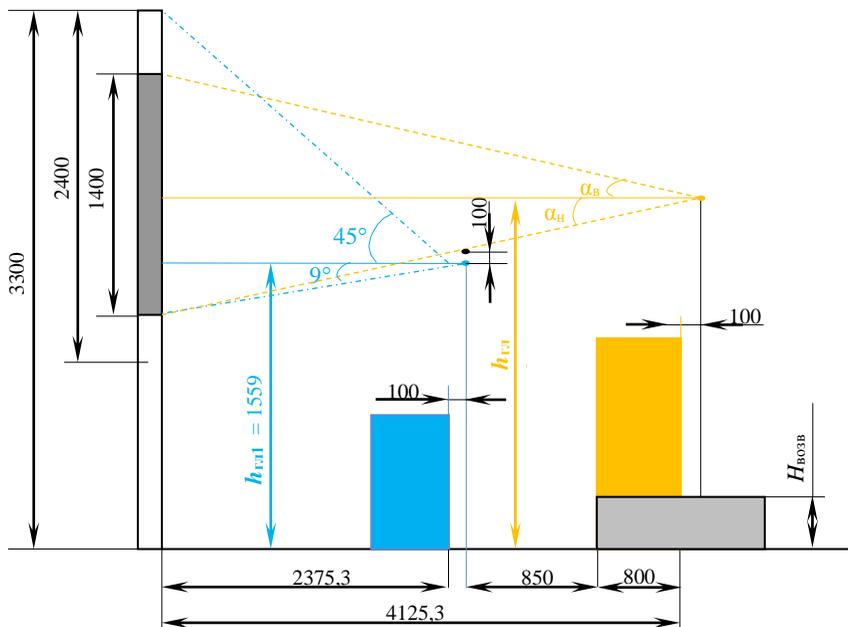


Рисунок 6.2 – Компонка рабочих мест в вертикальной плоскости

В связи с тем, что старший оператор должен наблюдать за всеми процес-сами, происходящими на информационном табло (должен видеть все информационное табло), возникает необходимость его расположения выше операторов, находящихся в первом ряду. Поэтому рабочее место старшего оператора должно располагаться на возвышении относительно уровня пола. Высота этого возвышения

$$H_{\text{возв}} = h_{\text{гл}2} - 1559 \text{ (см. приложение Б),}$$

где $h_{\text{гл}2}$ – высота уровня глаз второго оператора от пола (определяется методом графического построения, из рисунка 6.2).

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение «рабочее место».
- 2 Назовите положительные и отрицательные стороны работы оператора «сядя».
- 3 Дайте описание зон (залов) пунктов управления на транспорте.
- 4 Приведите порядок расчета высоты возвышения для размещения рабочих мест.

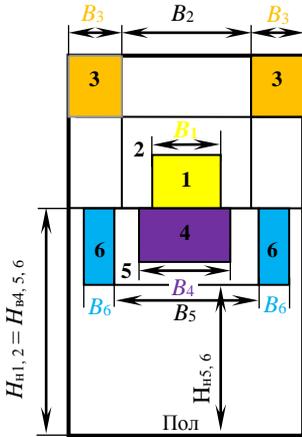
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Абрамов, А.А.** Основы эргономики : учеб. пособие / А.А. Абрамов. – М. : РГОТУПС, 2001. – 264 с.
- 2 **Варунин, В.И.** Основы эргономики на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. И. Варунин. – Куйбышев : КИИТ, 1988. – 99 с.
- 3 **Зараковский, Г.М.** Закономерности функционирования эргономических систем / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. – М. : Радио и связь, 1987. – 232 с.
- 4 **Зараковский, Г.М.** Эргономика в вопросах и ответах. Материалы понятийной базы эргономики / Г.М. Зараковский, В.М. Мунипов, П.Я. Шлаен. – Тверь : Эргоцентр, 1993. – 68 с.
- 5 **Каплун, А.И.** Стиль и архитектура / А.И. Каплун. – М. : Стройиздат, 1985. – 232 с.
- 6 **Платонов, Г.А.** Эргономика на железнодорожном транспорте. – М. : Транспорт, 1986. – 296 с.
- 7 **Кузнецов, В.Г.** Основы эргономики : учеб. пособие. Ч.1 / В.Г. Кузнецов, С.В. Гавриков. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 160 с.
- 8 **Мунипов, В.М.** Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учеб. / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М. : Логос, 2001. – 356 с.
- 9 Основы инженерной психологии / под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.
- 10 Основы эргономики : учеб-метод. пособие / В.Г. Кузнецов, О.А. Терещенко, Ю.О. Леинова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 157 с.
- 11 **Сапежинский, Ф.Н.** Система «человек – техника – среда» в эргономике и на железнодорожном транспорте : учеб. пособие для студентов специальностей УПП, УМН, ББЖ, ГПС / Ф.Н. Сапежинский, Е.В. Бородина. – М. : МИИТ, 2010. – 211 с.
- 12 **Шибанов, Г.П.** Количественная оценка деятельности человека в системах «человек – техника» / Г.П. Шибанов. – М. : Машиностроение, 1983. – 263 с.
- 13 **Широков, А.П.** Основы эргономики на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие / А.П. Широков. – Хабаровск : ДВГУПС, 2000. – 80 с.
- 14 Эргономика : учеб. пособие для вузов / В.В. Адамчук [и др.]. – М. : Юнити-Дана, 1999. – 254 с.
- 15 Эргономика и безопасность труда / Л. П. Боброва-Голикова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1995. – 112 с.
- 16 Эргономика : учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Адамчука. – М. : Юнити-Дана, 2012. – 263 с.

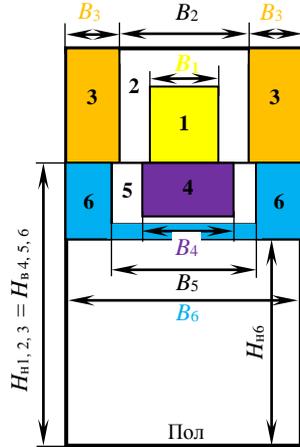
ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Расположение зон СОИ и ОУ на вертикальной плоскости

При работе оператора сидя



При работе оператора стоя



ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**Размеры зон расположения СОИ и ОУ
на вертикальной панели пульта управления**

В миллиметрах

Наименование зон	Обозначения зон приложения А	Положение сидя			Положение стоя		
		Высота кромки H_i		Ширина B_i	Высота кромки H_i		Ширина B_i
		нижней	верхней		нижней	верхней	
Центральная зона размещения СОИ	1	970	1220	380	1320	1630	380
Второстепенная зона размещения СОИ	2	970	1310	1010	1320	1780	1020
Периферийная зона размещения СОИ	3	1310	1600	250	1320	1780	240
Центральная зона ОУ	4	750	970	610	1170	1320	610
Второстепенная зона ОУ	5	600	970	1120	1110	1320	1120
Периферийная зона ОУ	6	600	970	150	1060	1320	1500

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Антропометрические размеры

В сантиметрах

Измеряемая величина	Мужчины	Женщины
Рабочая поза – стоя		
Длина тела (рост)	167,8 ± 5,8	156,7 ± 5,7
Длина тела с вытянутой вверх рукой	213,8 ± 8,4	198,1 ± 7,6
Длина руки, вытянутой вперед	64,2 ± 3,3	59,3 ± 3,1
Длина руки, вытянутой в сторону	62,2 ± 3,3	56,8 ± 3,0
Высота глаз от пола	155,9 ± 5,8	145,8 ± 5,5
Высота плечевой точки	137,3 ± 5,5	128,1 ± 5,2
Высота ладонной точки	51,8 ± 3,5	43,8 ± 3,6
Рабочая поза – сидя		
Длина тела	130,9 ± 4,3	121,1 ± 4,5
Высота глаз от пола	118,0 ± 4,3	109,5 ± 4,2
Высота плеча от пола	100,8 ± 4,2	92,9 ± 4,1
Высота локтя	65,4 ± 3,3	60,5 ± 3,5
Длина предплечья руки	36,4 ± 2,0	33,4 ± 1,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

**Основные характеристики нагрузки человека
по вниманию и аналитаторным функциям**

Нагрузка	Число одновременно контролируемых объектов	Доля времени сосредоточенного наблюдения за сменой, %	Средняя плотность поступления сигналов за 1 ч	Длительность повторяющихся операций за смену, с	Доля времени пассивного наблюдения за сменой, %*
Легкая	4	12	15	150	75
Средняя	5–7	25–37	75–125	100–65	80–85
Тяжелая	10–25	50–75	175–300	45–20	90–95
Очень тяжелая	25	75	300	20–2	98

* Пассивное наблюдение в смену – это работа оператора в штатном режиме, без нарушений, сбоев, аварий.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Логические схемы алгоритмов

Варианта	Логическая схема алгоритма
1	$\overset{3}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_3 P_2 \overset{2}{\uparrow} A_4 A_5 w \overset{2}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_6 P_3 \overset{2}{\uparrow} A_7 A_8 A_9 w \overset{3}{\uparrow}$
2	$\overset{3}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 A_3 \overset{2}{\downarrow} A_4 A_5 P_2 \overset{2}{\uparrow} P_3 \overset{3}{\uparrow} A_6 \overset{1}{\downarrow} A_7 w \overset{1}{\uparrow} A_8 P_4 \overset{2}{\uparrow} A_9 A_{10} w \overset{3}{\uparrow}$
3	$\overset{5}{\downarrow} A_1 A_2 \overset{3}{\downarrow} A_3 A_4 P_1 \overset{1}{\uparrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_5 A_6 w \overset{5}{\downarrow} \overset{1,4}{\uparrow} A_7 P_3 \overset{3}{\downarrow} A_8 A_9 P_3 \overset{4}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_{10} w \overset{5}{\uparrow}$
4	$\overset{3}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{4}{\uparrow} A_2 A_3 \overset{1}{\downarrow} A_4 P_2 \overset{2}{\uparrow} A_5 w \overset{1}{\downarrow} \overset{4}{\uparrow} A_6 P_3 \overset{4}{\uparrow} A_7 A_8 P_4 \overset{2}{\uparrow} A_9 \overset{2}{\downarrow} A_{10} w \overset{3}{\uparrow}$
5	$\overset{4}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_3 P_2 \overset{2}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} A_4 P_3 \overset{1}{\uparrow} A_5 A_6 \overset{1}{\downarrow} A_7 P_4 \overset{3}{\uparrow} A_8 \overset{2}{\downarrow} A_9 A_{10} w \overset{5}{\uparrow}$
6	$\overset{4}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 P_2 \overset{3}{\downarrow} \overset{2}{\uparrow} A_3 w \overset{3}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_4 A_5 A_6 P_3 \overset{2}{\uparrow} A_7 P_4 \overset{3}{\uparrow} A_8 A_9 \overset{3}{\downarrow} A_{10} w \overset{4}{\uparrow}$
7	$\overset{4}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_3 \overset{1,2}{\downarrow} P_2 \overset{5}{\uparrow} A_4 A_5 A_6 P_3 \overset{2}{\uparrow} w \overset{3}{\downarrow} \overset{5}{\uparrow} A_7 P_4 \overset{2}{\uparrow} A_8 A_9 \overset{3}{\downarrow} A_{10} w \overset{4}{\uparrow}$
8	$\overset{5}{\downarrow} A_1 \overset{4}{\downarrow} P_1 \overset{1}{\uparrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_2 A_3 P_3 \overset{3}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_4 P_4 \overset{1}{\uparrow} A_5 A_6 \overset{2,3}{\downarrow} A_7 w \overset{5}{\uparrow}$
9	$\overset{5}{\downarrow} A_1 \overset{4}{\downarrow} P_1 \overset{1}{\uparrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_2 w \overset{4}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} P_3 \overset{2}{\uparrow} A_3 A_4 A_5 A_6 A_7 w \overset{5}{\downarrow} \overset{1,2}{\uparrow} A_8 A_9 P_4 \overset{3}{\uparrow} w \overset{5}{\uparrow}$
10	$\overset{6}{\downarrow} A_1 \overset{2}{\downarrow} A_2 P_1 \overset{1}{\downarrow} \overset{5}{\uparrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_3 A_4 P_3 \overset{4}{\uparrow} A_5 w \overset{5}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_6 \overset{3}{\downarrow} A_7 A_8 P_4 \overset{3}{\uparrow} w \overset{1}{\downarrow} \overset{4}{\uparrow} A_9 w \overset{6}{\uparrow}$
11	$\overset{6}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\uparrow} P_2 \overset{3}{\uparrow} A_3 w \overset{5}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_4 A_5 \overset{2,4}{\downarrow} A_6 P_3 \overset{2}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} A_7 \overset{3,5}{\uparrow} P_4 \overset{4}{\uparrow} A_8 A_9 w \overset{6}{\uparrow}$
12	$\overset{5}{\downarrow} A_1 \overset{4}{\downarrow} P_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 A_3 P_2 \overset{3}{\uparrow} \overset{4}{\downarrow} P_3 \overset{5}{\uparrow} A_4 A_5 A_6 P_4 \overset{2}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} A_7 A_8 \overset{2,3}{\downarrow} A_9 w \overset{6}{\uparrow}$
13	$\overset{5}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_3 \overset{3}{\downarrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_4 w \overset{2}{\downarrow} \overset{4}{\uparrow} A_5 A_6 A_7 \overset{1,2}{\downarrow} P_3 \overset{4}{\uparrow} A_8 A_9 P_4 \overset{3}{\uparrow} A_{10} w \overset{5}{\uparrow}$
14	$\overset{5}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{3}{\downarrow} \overset{1}{\uparrow} P_2 \overset{4}{\uparrow} A_2 A_3 A_4 A_5 P_3 \overset{1}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} A_6 P_4 \overset{2}{\uparrow} A_7 A_8 \overset{2,4}{\downarrow} A_9 w \overset{5}{\uparrow}$
15	$\overset{4,6}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{3}{\uparrow} P_2 \overset{1}{\downarrow} \overset{5}{\uparrow} A_2 A_3 \overset{2}{\downarrow} A_4 P_3 \overset{2}{\uparrow} A_5 P_4 \overset{5}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{1,3}{\uparrow} A_6 A_7 A_8 w \overset{6}{\uparrow}$
16	$\overset{5,2}{\downarrow} A_1 \overset{1}{\downarrow} P_1 \overset{2}{\uparrow} w \overset{4}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} A_2 A_3 A_4 P_2 \overset{3}{\downarrow} \overset{4}{\uparrow} P_3 \overset{2}{\uparrow} A_5 A_6 P_4 \overset{1}{\uparrow} A_7 A_8 w \overset{5}{\uparrow}$
17	$\overset{6,3}{\downarrow} A_1 A_2 \overset{5}{\downarrow} P_1 \overset{2}{\uparrow} A_3 P_2 \overset{1}{\uparrow} P_4 \overset{3}{\uparrow} w \overset{6}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} A_4 A_5 A_6 P_3 \overset{4}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} A_7 \overset{4}{\uparrow} A_8 \overset{4}{\downarrow} A_9 w \overset{5}{\uparrow}$
18	$\overset{6}{\downarrow} A_1 A_2 P_1 \overset{1}{\downarrow} \overset{3,4}{\uparrow} A_3 P_2 \overset{2}{\uparrow} P_3 \overset{4}{\downarrow} \overset{5}{\uparrow} A_4 A_5 A_6 w \overset{3}{\uparrow} \overset{1,2}{\downarrow} A_7 P_4 \overset{5}{\uparrow} A_8 A_9 w \overset{6}{\uparrow}$
19	$\overset{5,2}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 P_2 \overset{3}{\uparrow} w \overset{5}{\downarrow} \overset{4,1}{\uparrow} A_3 A_4 P_3 \overset{2}{\uparrow} A_5 w \overset{4}{\downarrow} \overset{3}{\uparrow} A_6 P_4 \overset{4}{\uparrow} A_7 A_8 w \overset{5}{\uparrow}$
20	$\overset{5}{\downarrow} A_1 P_1 \overset{1}{\uparrow} A_2 \overset{4,3}{\downarrow} P_2 \overset{2}{\uparrow} A_3 w \overset{4}{\downarrow} \overset{1,2}{\uparrow} A_4 P_3 \overset{3}{\uparrow} A_5 A_6 A_7 P_5 \overset{5}{\uparrow} A_8 w \overset{5}{\uparrow}$

ПРИЛОЖЕНИЕ E
(справочное)

Время рабочих движений оператора

В секундах

Вид рабочих движений	Затраты времени
Протянуть руки на расстояние: $R < 300$ мм $R > 300$ мм или рассчитать $0,19 + 0,3R$, где R – расстояние	0,14
	0,21
	–
Установить предмет: без точного положения в точное положение	0,36
	0,55
Нажатие на предмет	0,72
Нажатие кнопки	0,64
Сжатие предмета пальцами	0,72
Поворот выключателя	0,70
Взять легкий предмет: легко захватываемый трудно захватываемый из числа других предметов	0,07
	0,14
	0,30–0,80
Разъединить предметы (без усилия)	0,18
Нажать на педаль: носком ноги ступней	0,36
	0,72
Шагнуть в сторону без поворота корпуса	0,70–1,40
Повернуть корпус: в положении сидя с шагом в сторону	0,72
	0,70–1,40
Нагнуться	1,00
Разогнуться	1,00
Сесть	1,40
Встать	1,80
Сделать шаг длиной 75–80 см	0,60

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(справочное)

**Время выполнения оператором
отдельных функциональных операций**

В секундах

Вид выполнения операций	Затраты времени
Считывание показаний стрелочного прибора	1,49
Считывание цифры с индикатора	0,63
Фиксация загорания или погасания надписи на табло	0,30
Выполнение арифметических действий с записью результатов: сложение однозначных чисел	1,55
	сложение двухзначных чисел
Проверка логического условия типа: «И»	0,66
	«ИЛИ»
Принятие решения при числе логических условий: 1	3,5
	2
Перемещение взгляда на α градусов	$0,25 + 0,04\alpha$
Поиск букв и цифр в таблицах	0,30
Ознакомление с ситуацией, обозначенной условными знаками	0,64
Обнаружение изменений в знакомой ситуации	0,55
Счет условных знаков	0,52

ПРИЛОЖЕНИЕ И
(справочное)

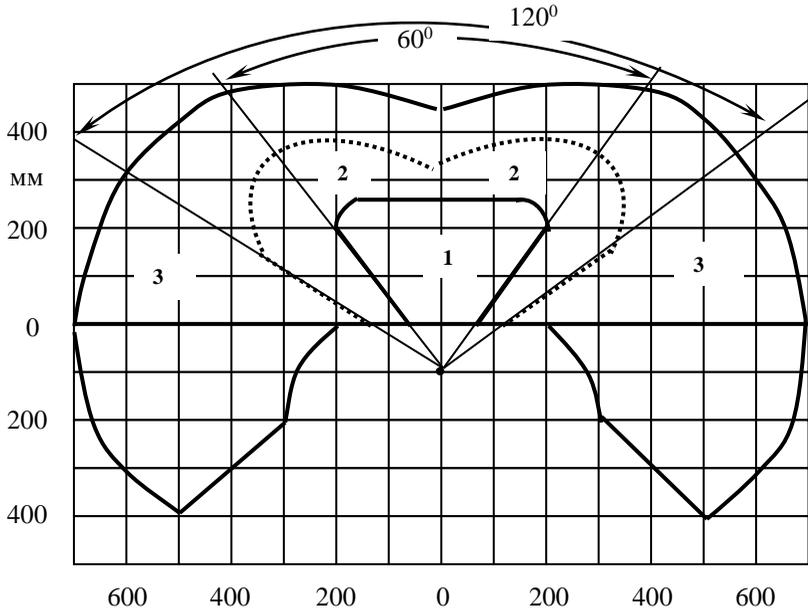
Размеры пультов управления фронтальной формы

В миллиметрах

Параметры	При работе сидя	При работе стоя	При работе сидя и стоя
Общая высота пульта	700–1650	1100–1800	1100–1800
Максимальная ширина	1500	1500	1500
Высота установки СОИ	850–1650	1100–1800	1400–1700
Высота установки ОУ	600–1000	1000–1600	1000–1400
Высота стола	660–800 (730)	1000–1150	980–1050 (1000)
Высота сиденья	380–500 (450)	–	760–840 (790)
Глубина пульта	320–550 (400)	320–550	320–550

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(справочное)

Расположение зон ОУ в горизонтальной плоскости

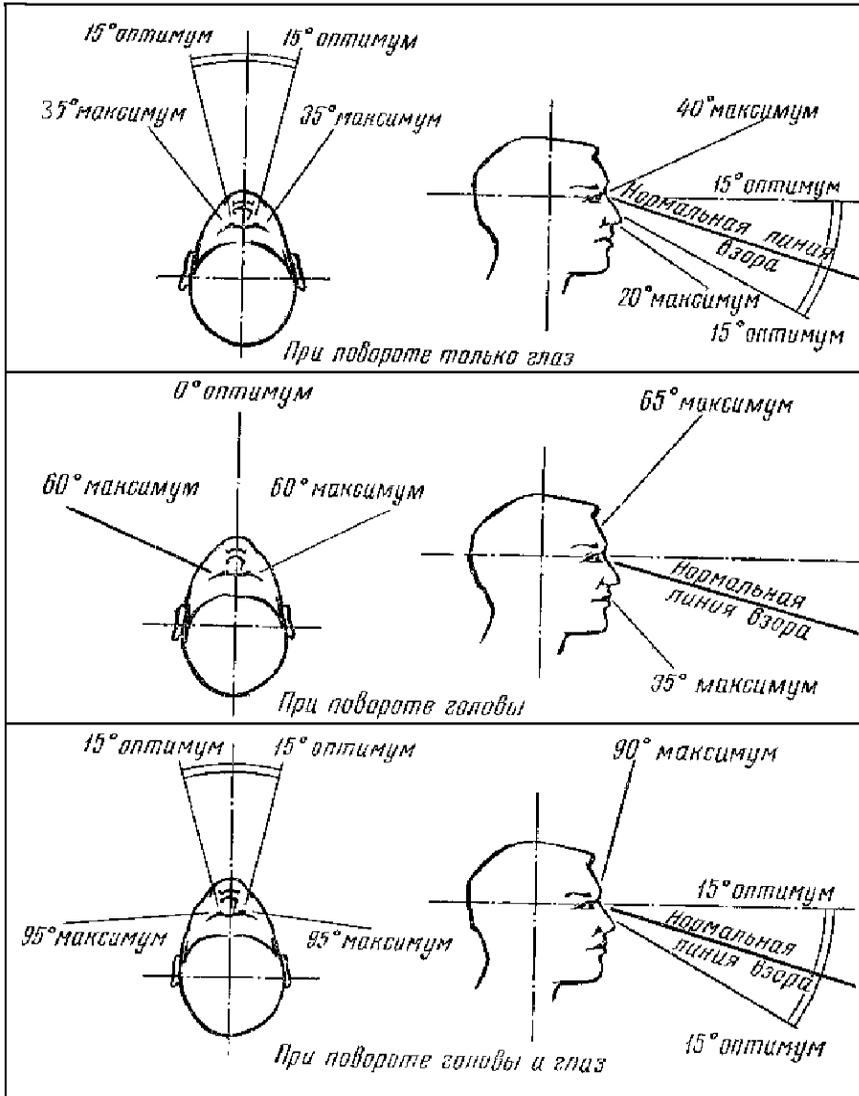


Условные обозначения:

- 1 – оптимальная зона расположения ОУ;
- 2 – зона легкой досягаемости ОУ;
- 3 – зона досягаемости ОУ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Л
(справочное)

Зоны видимости
в вертикальной и горизонтальной плоскостях



Учебное издание

АКСЁНЧИКОВ Александр Александрович

ОСНОВЫ ЭРГНОМИКИ

Учебно-методического пособия

Редактор *И.И. Эвентов*

Технический редактор *В.Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка – *А. А. Аксёнчиков*

Подписано в печать 22.03.2017 г. Формат бумаги 60 x 84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,57. Тираж 300 экз.

Зак. № _____. Изд. № 102.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель