

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра инженерной психологии и эргономики

***ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ,
ЭРГОНОМИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА.
ПРАКТИКУМ***

*Рекомендовано УМО по образованию в области
информатики и радиоэлектроники для специальности
1-59 80 01 «Охрана труда» в качестве пособия*

Минск БГУИР 2014

УДК 331.45(076.5)

ББК 65.247я73

П81

Авторы:

К. Д. Яшин, Н. В. Щербина, В. С. Осипович, М. Ел-Грейд, В. В. Егоров

Рецензенты:

кафедра управления охраной труда учреждения образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
(протокол №6 от 08.11.2012 г.);

заведующий кафедрой охраны труда
Белорусского национального технического университета,
доктор технических наук, профессор А. М. Лазаренков

Промышленная безопасность, эргономика и безопасность труда.
П81 Практикум : пособие / К. Д. Яшин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – 68 с.
ISBN 978-985-488-895-8.

Пособие содержит краткие теоретические сведения, методические указания к выполнению практических занятий. Разработано для магистрантов специальности 1-59 80 01 «Охрана труда», а также будет полезно для магистрантов специальностей 1-23 80 08 «Психология труда, инженерная психология, эргономика» и 1-38 80 03 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения». Практические задания предназначены для магистрантов и преподавателей, владеющих теоретическим материалом по темам предлагаемых практических работ.

УДК 331.45(076.5)
ББК 65.247я73

ISBN 978-985-488-895-8

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
<i>Раздел 1. Эргономика и безопасность труда: исследование психофизиологических характеристик операторов.....</i>	<i>5</i>
Тема 1. Быстрота реакции.....	5
Тема 2. Точность соблюдения параметров	7
Тема 3. Устойчивость работы (к внешним воздействиям).....	10
Тема 4. Способность фокусировать внимание	12
Тема 5. Распределение внимания.....	16
Тема 6. Возможности оперативно-динамического компонента памяти.....	17
Тема 7. Способность формировать динамический образ ситуации.....	20
Тема 8. Способность выделять главное в ситуации.....	21
Тема 9. Способность принимать ситуативные решения	22
Тема 10. Уровень утомляемости умственной.....	24
Тема 11. Способность брать ответственность за собственные решения	25
Тема 12. Интеллектуальная лабильность	25
Тема 13. Психологическая стрессоустойчивость	26
Тема 14. Надежность	27
<i>Раздел 2. Промышленная безопасность: оценка параметров</i>	<i>29</i>
Тема 15. Обеспечение пожарной безопасности	29
Тема 16. Снижение уровней шума технологического оборудования машиностроительного производства	33
Тема 17. Снижение уровней шума автотранспортных потоков на территории жилых застроек.....	36
Тема 18. Обеспечение норм промышленной санитарии в IT-компаниях.....	39
Тема 19. Обеспечение безопасности населения от промышленных выбросов радиоэлектронного производства.....	43
Тема 20. Обеспечение промышленной безопасности в микроэлектронном производстве.....	46
Тема 21. Обеспечение условий труда инженеров	50
Тема 22. Исследование эффективности оптических фильтров для защиты персонала приборостроительного предприятия	54
Тема 23. Обеспечение промышленной безопасности путем организации видеонаблюдения за периметром предприятия.....	56
Тема 24. Обеспечение промышленной безопасности с применением информационных сигнальных систем	59
Литература	64

Введение

В промышленности используется достаточно большая номенклатура производственных процессов и технологического оборудования, отличающегося функциональной сложностью, способом изготовления, методами обеспечения безопасности труда и другими показателями. Процесс управления безопасностью производственных процессов не может быть выполнен без знаний инновационных технологий и современных компьютерных технологий.

В пособии представлены занятия, нацеленные на выполнение исследовательской работы или решение практических задач. Пособие поможет магистрантам в практическом освоении методики расчетов основных параметров производственной среды и проведении экспериментов по исследованию ряда психофизиологических характеристик. Практикум может быть использован для проверки уровня знаний по дисциплинам «Промышленная безопасность» и «Эргономика и безопасность труда». По дисциплине «Эргономика и безопасность труда» в пособии предусмотрено 12 тем для практических занятий. По дисциплине «Промышленная безопасность» – 11 тем для практических занятий. К каждой задаче по дисциплине «Промышленная безопасность» разработано не менее 8 вариантов, а по некоторым задачам – более 20 вариантов.

**Раздел 1. Эргономика и безопасность труда:
исследование психофизиологических характеристик операторов**

Тема 1. Быстрота реакции

Цель: исследование времени реагирования в простой и совмещенной деятельности.

Теоретические сведения

Оценка времени реагирования на световой сигнал. На основе измерений времени сравнивается быстрота и качество реагирования испытуемого на световой сигнал. Сенсомоторная реакция – это элементарный вид произвольной реакции. Она осуществляется как простое движение (например нажатие кнопки) в ответ на простой сигнал (например загорание лампы).

При загрузке программы перед пользователем открывается окно, в котором расположены несколько кнопок. Нажав кнопку «Выбор методики», пользователь знакомится с названиями методик. Выбрав любую из них, испытуемый попадает в меню экспериментов. Каждая методика содержит один или более экспериментов. Пользователю необходимо пройти каждый из них. Испытуемый переходит к эксперименту, который может быть прерван в любой момент посредством клавиши Esc. Сообщение об окончании эксперимента выводится на экран. Испытуемый осуществляет в меню выбор следующего эксперимента. После выполнения всех экспериментов программа сохранит эти данные в файл.

Измерение времени реакции на световой сигнал производится путем сравнения быстроты реагирования при равномерном предъявлении сигнала и при предъявлении сигнала через различный промежуток времени. Данный эксперимент проводится в двух вариантах: первый вариант – сигнал предъявляется равномерно, второй – неравномерно. Сигнал представлен в двух видах: предупредительный (свечение обеих ламп) и основной (свечение одной из ламп). При появлении предупредительного сигнала испытуемый должен приготовиться к появлению основного сигнала. В случае равномерного предъявления сигнала (первый вариант) интервал между предупредительным и основным сигналом всегда равен 1 с. Длительность предупредительного сигнала – 1,5 с. В случае неравномерного предъявления основного сигнала (второй вариант) интервал между предупредительным сигналом и основным варьируется от 0,5 с до 2,5 с. При появлении основного сигнала – нажать клавишу Enter. По окончании эксперимента в окне программы появится извещение о том, что «эксперимент пройден». Далее необходимо вернуться в меню «Эксперимент» посредством нажатия клавиши Esc. В данном меню пройденный эксперимент будет виден, но пройти его еще раз пользователь не сможет.

Оценка точности реагирования в совмещенной деятельности. На основе измерений интервалов времени до совмещения отметки – цели с сигналом – определяется характер и точность реагирования испытуемого.

Испытуемому предъявляются два шара: черный и красный, один из них (черный) будет перемещаться по прямой в сторону второго (красного). Движе-

ние осуществляется за счет перемещения черного шара по прямой в сторону красного. Момент касания черного и красного шаров необходимо зафиксировать нажатием клавиши Enter. Этот эксперимент не имеет предупредительного сигнала и может повторяться 15 раз. По окончании будет выведена предупредительная надпись о том, что эксперимент завершен. Испытуемый может вернуться в меню экспериментов посредством клавиши Esc.

Обработка данных осуществляется следующим образом. По каждому варианту вычисляют статистические показатели времени реакции:

- а) среднее арифметическое (M);
- б) среднее квадратическое отклонение (σ);
- в) коэффициент вариативности (CV), который рассчитывается как отношение

$$CV = \frac{\sigma}{M} \cdot 100(\%),$$

где σ – среднее квадратическое отклонение; M – средняя арифметическая величина.

Вычисляют по t -критерию Стьюдента достоверность среднего значения по формуле

$$t_M = \frac{M}{\sigma_M},$$

где σ_M – ошибка средней, которая рассчитывается по формуле

$$\sigma_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

где n – число измерений.

Дополнительно прорабатывают следующие расчеты:

- а) вычисляют среднее значение времени реакции на световой сигнал, общее для I и II вариантов, и определяют его достоверность по t -критерию;
- б) определяют достоверность различий средних значений времени реакции на световой и звуковой сигналы, предварительно определив значение среднего квадратического отклонения и коэффициента вариативности (CV).

По итогам занятий необходимо произвести анализ полученных результатов, при котором обратить внимание на наличие или отсутствие индивидуальных различий, на роль модальности сигнала и на особенности реакций, связанные с антиципацией момента появления сигнала.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование быстроты реакции испытуемого, проанализируйте полученные результаты эксперимента и оформите отчет.

Тема 2. Точность соблюдения параметров

Цель: исследование точности выполнения действий при слежении за изменением состояния объекта.

Теоретические сведения

Оценка правильности выполнения и времени сенсомоторных реакций выбора. На основе измерений времени сравнивается быстрота и качество реагирования испытуемого на световой сигнал. В первом эксперименте используются те же изображения ламп накаливания (два изображения одновременно), которые применялись в теме 1. Основным сигналом является «включение» лампы справа или слева. Под предупредительным сигналом понимается одновременное «включение» двух ламп. При появлении сигнала справа (появляется изображение включенной лампы) испытуемому необходимо будет нажать правую стрелку на клавиатуре, при появлении сигнала слева – левую. Предупредительным сигналом будет служить появление сигнала одновременно и справа, и слева. Цикл предъявлений сигналов повторяется тридцать раз.

Затем происходит переход ко второму варианту эксперимента. Испытуемому предъявляется сигнал в виде включенной лампы на левом или правом изображении вместе с цифрой на этом изображении. При нажатии клавиши, соответствующей цифре на экране и расположенной с нужной стороны (слева или справа от б), происходит считывание времени реакции. Каждое ошибочное нажатие также фиксируется, а полученная сумма является общим количеством неправильных реакций. Далее производится фиксация и обработка полученных данных.

Обработку результатов осуществляют следующим образом. По каждому опыту вычисляют статистические показатели:

- а) среднее арифметическое (M);
- б) среднее квадратическое отклонение (σ);
- в) коэффициент вариативности (CV).

По критерию λ (Колмогорова – Смирнова) определяют достоверность различных значений времени реакции в обоих вариантах исследования. Для использования критерия необходимо выполнить следующие подготовительные процедуры по составлению вариационного ряда:

- а) определить число классов (r) выборки по формуле

$$r = 1 - 3,31gn,$$

где n – число дат (измерений) в выборке;

- б) определить размах, или максимальную разницу (P) дат обеих выборок, где X – значение времени реакций, по формуле

$$P = X_{\max} - X_{\min};$$

- в) вычислить величину классов:

$$k = \frac{P}{r};$$

г) принимая середину первого (наименьшего) класса (W) равной минимальной для обеих выборок дате (X_{\min}), определить границы (W'_1, W''_1) наименьшего класса по формулам

$$W'_1 = W_1 - \frac{1}{2}k; \quad W''_1 = W_1 + \frac{1}{2}k.$$

Средины каждого последующего класса (W_2, W_3 и т. д.) вычислить по формуле

$$W_m = W_1 + mk,$$

где W_m – значение середины класса; m – номер класса, считая первый наименьшим. Отсюда границы каждого класса

$$W'_m = W_1 + mk - \frac{1}{2}k; \quad W''_m = W_1 + mk + \frac{1}{2}k;$$

д) определить принадлежность дат к классам в каждой выборке эмпирической частоты f_1 и f_2 ;

е) составить таблицу вариационных рядов;

ж) вычислить накопленные частоты для первой выборки ($\sum f_1$) и для второй ($\sum f_2$) по формуле

$$\sum f = f_1 + f_2 + \dots + f_i,$$

где f_1 – частоты дат в первом (наименьшем) классе; f_i – частоты дат в данном классе;

з) составить таблицу вычисленных значений, где n_1 – число дат (объем) 1-й выборки и n_2 – число дат 2-й выборки;

и) вычислить значение λ по формуле

$$\lambda = \left| \frac{\sum f_1}{n_1} - \frac{\sum f_2}{n_2} \right|_{\max} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

при $\lambda \geq 1,36$ вероятность достоверного различия между выборками составляет 0,95; при $\lambda \geq 1,63$ – 0,99, а при $\lambda \geq 1,95$ – 0,999.

При анализе данных необходимо объяснить, чем обусловлено увеличение времени реакции в эксперименте 2, сравнить количество ошибок в экспериментах 1 и 2 и рассчитать среднее количество информации, обрабатываемой в одной реакции для 1-го и 2-го экспериментов, по формуле

$$I = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 \frac{1}{P_i},$$

где P_i – вероятность i -го сигнала, а $\log_2 \frac{1}{P_i} = -\log_2 P_i$.

При этом следует иметь в виду вероятность выбора органа управления. Необходимо сравнить, в какой мере экспериментальные данные (средние значения) соответствуют общей формуле, а именно

$$T = 0,03I,$$

где T – время реакции; I – количество перерабатываемой при приеме сигнала и ответе информации.

Оценка реакции на движущийся объект. Данный эксперимент реализуется в виде изображения секундомера и движущейся метки, представленной черным квадратом. Движение метки осуществляется по циферблату секундомера. Изображение метки исчезает, а затем появляется уже в новом месте экрана с интервалом в 50 мс. Цикл прерывается нажатием испытуемым на клавишу фиксации реакции Enter, при котором считываются координаты положения метки. Положение считается верным, и результат засчитывается при совпадении метки с движущейся стрелкой циферблата. В противном случае положение является неверным и фиксируется ошибка. По условиям эксперимента испытуемому необходимо проделать 50 правильных нажатий. Результатом эксперимента будет являться количество неверных и верных нажатий.

Обработка результатов включает следующие процедуры расчетов.

Вычисляют статистические показатели реакции на движущийся объект:

- а) суммы ошибок запаздывания ($\Sigma+$) и опережения ($\Sigma-$);
- б) суммы точных реакций ($\Sigma 0$);
- в) средние значения величины положительной ошибки ($M+$) и отрицательной ошибки ($M-$);
- г) среднее значение общей ошибки ($M\pm$);
- д) количество ошибочных и точных реакций (в процентах);
- е) коэффициент вариативности ошибок (CV);
- ж) общее количество оборотов стрелки (b).

Анализируют уровень организованности функциональной системы реакции на движущийся объект на основании определения вероятности возникновения ошибок разной величины путем вычисления энтропии. Высокие значения энтропии характеризуют большее разнообразие или меньшую организованность функциональной системы. Для расчета энтропии (H , бит) следует использовать полученные результаты количества ошибок по каждой величине отклонения без учета знака. Расчет производится по общепринятой формуле

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 P_i,$$

где n – количество ошибок разной величины; P – вероятность i -й ошибки. Показатель P_i рассчитывают как отношение количества ошибок конкретной величины к общему числу ошибок (без учета знака).

По итогам занятия необходимо провести анализ результатов, в ходе которого отметить наличие индивидуальных различий в точности реакции на движущийся объект по количеству и знаку ошибок. Кроме того, следует рассчитать эффективность деятельности (Е) по формуле

$$E = \frac{1}{b} \cdot P_0,$$

где b – число оборотов стрелки каждой реакции на движущийся объект; P_0 – вероятность правильных ответов, которая в данном случае вычисляется как отношение количества правильных ответов к общему числу реакций.

Оценка воздействия на движущуюся стрелку при достижении ею неподвижной метки. В экспериментах движущимся объектом служит стрелка электронного секундомера, запускаемого и останавливаемого с помощью кнопки Enter. Движение стрелки начинается с нулевой отметки. После одного или двух оборотов стрелки испытуемый должен остановить ее на той же нулевой отметке. Реакция считается преждевременной, если стрелка останавливается до нулевой отметки, запаздывающей – если за нулевой отметкой, и точной, когда стрелка остановлена на нулевой отметке. Экспериментатор дает испытуемым инструкции: остановить движение стрелки точно на нулевой отметке (10 реакций); остановить движение стрелки точно на нулевой отметке, но лучше сделать это несколько раньше, чем позже (10 реакций); остановить движение стрелки точно на нулевой отметке, но лучше сделать это несколько позже, чем раньше (10 реакций). Регистрируются и анализируются: временная ошибка преждевременных и запаздывающих реакций, количество точных, запаздывающих и преждевременных реакций. Обработку результатов осуществляют аналогично предыдущему исследованию.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите измерение времени и точности сенсомоторной реакции выбора, а также реакции на движущийся объект. Исследуйте способность к произвольному регулированию. Проанализируйте полученные результаты эксперимента и оформите отчет.

Тема 3. Устойчивость работы (к внешним воздействиям)

Цель: исследование степени концентрации внимания при длительной монотонной работе, простой сенсомоторной реакции на визуальные сигналы, работоспособности при простой зрительно-моторной реакции.

Теоретические сведения

Оценка степени концентрации внимания. Сущность исследования заключается в «распутывании» взглядом, без помощи посторонних предметов «клубка» извилистых перепутанных линий.

Устойчивость внимания определяется длительностью, в течение которой сохраняется концентрация внимания, т. е. его временной экстенсивностью. Устойчивость внимания зависит от целого ряда условий. К их числу относятся особенности материала, степень его трудности, узнаваемости, понятности, отношение к нему со стороны субъекта, степени его интереса к данному материалу и, наконец, индивидуальные особенности личности. Среди последних стоит выделить способность посредством сознательного волевого усилия длительно поддерживать свое внимание на определенном уровне, даже если то содержание, на которое оно направлено, не представляет непосредственного интереса, и сохранение его в центре внимания сопряжено с определенными трудностями.

Задача испытуемого заключается в «распутывании» взглядом, без помощи посторонних предметов «клубка» извилистых перепутанных линий. На экране представлен ряд линий, перепутанных между собой. Задача испытуемого – проследить каждую линию слева направо и у правого конца поставить тот номер, который указан у ее левого конца. Вы должны начать с первой линии, потом перейти ко второй и т. д. Следить за линиями только глазами, помогать пальцами, карандашом, курсором нельзя. Основная задача работать быстро и не делать ошибок. При обработке результатов учитывается количество правильно прослеженных линий и время выполнения задания в секундах.

Оценка простой сенсомоторной реакции на визуальные сигналы. Работоспособность характеризуется потенциальной возможностью испытуемого выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени.

Практической реализацией данной методики является моделирование простой сенсомоторной реакции реагирования на серии визуальных сигналов. Задача испытуемого состоит в том, чтобы, удерживая палец ведущей руки на клавише клавиатуры, как можно быстрее и точнее нажимать ее в момент появления очередного сигнала или в момент возникновения звукового щелчка. Программа следования сигналов формируется заранее, и в простом варианте она содержит 30 сигналов, подразделяемых на три блока, каждый блок содержит по десять сигналов, разделенных интервалами времени (3; 2; 1; 0,5; 3; 0,5; 2; 1; 0,5; 0,5 с). Регистрируются: время реакции (с), характер реагирования на протяжении всего эксперимента – запаздывающие реакции, опережающие, точные, возможные пропуски сигналов, количество пропусков (после каких сигналов пропуски).

Для каждого блока вычисляются среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, количество пропусков сигналов, запаздывающих, опережающих и точных реакций.

Оценка работоспособности при простой зрительно-моторной реакции. Работоспособность, выносливость определяется по соотношению времени простой зрительно-двигательной реакции в начале и в конце теста. Устойчивость к монотонной деятельности – по количеству аномально запаздывающих автоматизированных реакций. Задатки эмоциональной уравновешенности и точность динамического глазомера – по точности реакции совмещения движущегося объекта с неподвижным объектом.

Практической реализацией данной методики является тест выносливости и работоспособности. Испытуемому на экране монитора предъявляется горизонтальная полоска. С одного края находится неподвижный треугольник вершиной вверх. С противоположной стороны полоски к нему движется такой же треугольник вершиной вниз. По мере движения в случайные моменты времени он превращается в желтый круг. Испытуемый должен «гасить» (нажатием клавиши) каждое появление круга, кроме того, наиболее точно совместить движущийся и неподвижный треугольники.

Результатом исследования является качественная характеристика уровня работоспособности, выносливости (коэффициента, отн. ед., табл. 3.1). Уровень устойчивости к монотонной деятельности рассчитывается по количеству anomalно запаздывающих простых зрительно-двигательных (автоматизированных) реакций. Приводится среднее время простой зрительно-двигательной (автоматизированной) реакции (мс). Задатки эмоциональной уравновешенности и точность динамического глазомера выявляются по количеству точных реакций совмещения движущегося объекта с неподвижным (%).

Таблица 3.1

Результаты теста выносливости и уравновешенности

Вид теста	Результат
Работоспособность, выносливость (коэф., отн. ед.)	Высокая (1,2)
Устойчивость к монотонной деятельности (кол-во anomalно запаздывающих простых реакций)	Низкая (10)
Время простой (автоматизированной) зрительно-двигательной реакции (мс)	190
Задатки эмоциональной уравновешенности	Выше среднего
Точность динамического глазомера (точные реакции совмещения движущегося и неподвижного объектов, %)	Выше среднего (95)

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование устойчивости внимания при его сосредоточении и влиянии длительной работы на концентрацию внимания, «истощаемости» реакций испытуемого, а также определите устойчивость к монотонной деятельности, работоспособность, выносливость, точность динамического глазомера. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 4. Способность фокусировать внимание

Цель: измерение избирательности, концентрации и устойчивости внимания, выполняемое на фоне помех.

Теоретические сведения

Оценка избирательности внимания. Ограниченность объема внимания требует постоянного выделения субъектом каких-либо объектов, находящихся в сенсорно-перцептивной зоне, а невыделенные объекты используются им как фон. Этот выбор из множества сигналов только некоторых носит название избирательности внимания. Количественным параметром избирательности внимания считается, например, скорость осуществления испытуемым выбора стимула из множества других, а качественным – точность, т. е. степень соответствия результатов выбора исходному стимульному материалу.

Практической реализацией является тест, основанный на работе с корректурной пробой колец Ландольта. Испытуемый должен просматривать кольца строчка за строчкой, слева направо и выделять (нажатием клавиши) все кольца с разрывом на 12 ч. Главным в этом задании является безошибочность работы.

Обработку результатов осуществляют следующим образом.

1. Продуктивность внимания (количество просмотренных колец за 5 мин).
2. Точность выполнения:

$$A = \dot{a} : (\dot{a} + O),$$

где \dot{a} – количество правильно вычеркнутых колец; O – количество ошибок.

Если испытуемый не допускает ни одной ошибки, этот показатель равен единице, при наличии ошибок он всегда ниже единицы.

$$E = S \cdot A,$$

где E – показатель продуктивности; S – число всех просмотренных знаков; A – показатель точности. Он характеризует не только чистую производительность – правильно воспринятые знаки из числа просмотренных, но и имеет некоторое прожективное значение.

Например, если испытуемый в течение 5 мин посмотрел 1500 знаков и из них правильно оценил 1350, то с определенной вероятностью можно предсказать его продуктивность в течение более длительного времени.

3. Успешность работы оценивают как

$$A = B + C,$$

где B – количество просмотренных знаков; C – показатель точности, который рассчитывается по формуле

$$C = (n \cdot 100) : m,$$

где n – общее количество колец; m – количество вычеркнутых колец.

После обработки испытуемым специальных таблиц с кольцами рассчитывают пропускную способность (S , бит/с) по формуле

$$S = (0,5436N - 2,807)/T,$$

где N – общее число подсчитанных колец; n – число допущенных ошибок; T – время, затраченное на просмотр таблицы; $0,5436$ – средняя информация каждого кольца; $2,807$ – величина потери информации, приходящейся на одно кольцо.

При проведении корректурной пробы вычисляют также показатель точности работы A и показатель продуктивности P по формулам

$$A = \frac{M}{N},$$

где M – число правильно зачеркнутых колец; N – общее число колец, которое следовало зачеркнуть, и

$$P = A \cdot S,$$

где S – общее количество просмотренных колец.

При небольшой нагрузке зрительного анализатора и функции внимания обследуемого специалиста указанная проба дает весьма информативные результаты. Общая эффективность деятельности испытуемого может быть при этом вычислена по формуле

$$\Xi = \frac{1 - n_{\text{общ}}}{n} \cdot 100 \%,$$

где $n_{\text{общ}}$ – общее число ошибок; n – общее число заданий.

Использование различных модификаций таблиц Анфимова в качестве теста для суждения об умственной работоспособности дает возможность при определенном процессе обработки получить единый показатель, измеряемый числом знаков за 1 мин. Он рассчитывается по формуле

$$A_{y.p} = \frac{M}{t} \cdot \frac{n - a}{N},$$

где $A_{y.p}$ – показатель умственной работоспособности; M – число всех прослеженных знаков при выполнении пробы; N – общее число заданных для вычеркивания (или подчеркивания) знаков, которые необходимо отметить в таблице среди M , прослеженных за время t ; t – время выполнения корректурной пробы, мин; n – число отмеченных знаков из суммы N ; a – число дополнительных допущенных ошибок, не связанных с отмечаемыми знаками (пропуск строки, зачеркивание других букв и т. д.).

Представленная формула синтезирует такие параметры работоспособности, как продуктивность $\left(\frac{M}{t}\right)$ и эффективность $\left(\frac{n - a}{N}\right)$.

Оценка концентрации и устойчивости внимания. Исследования устойчивости и концентрации внимания были вызваны потребностями практики, в частности, поиском условий безаварийной работы, снижения травматизма, повышения производительности труда. Выбор метода исследования внимания обусловлен тем, какой именно вид внимания подлежит изучению.

Практической реализацией является тест, основанный на работе с корректурной пробой Бурдона – Анфимова. Испытуемый должен выделять (нажатием клавиши) заданные буквы из набора стандартных букв русского алфавита.

При использовании корректурной пробы Бурдона – Анфимова (вычеркивание заданных букв на бланке), выполняемой на фоне помех, условным показателем устойчивости внимания является изменение скорости выбора. Так как в данном задании не один стимул, а несколько (m_n) и соответственно временных промежутков будет несколько (T_n), то изменение скорости выбора на протяжении всего задания будет определяться следующим выражением:

$$\frac{m_1}{T_1} + \frac{m_n}{T_n}.$$

Условным показателем концентрации внимания (K' и K'') является отношение коэффициента точности выполнения задания на фоне помех (A_n и A'_n) к точности выполнения задания без помех ($A'_{б.п}$ и $A''_{б.п}$):

$$K = \frac{A_n}{A'_{б.п}}.$$

Расчеты коэффициента точности как для условий помех, так и условий без помех, производятся по общему принципу, отраженному в формуле Уиппла.

Обработка результатов осуществляется следующим образом.

1. Определяют число правильных ответов (m) для каждого временного промежутка.

2. Определяют показатели скорости выбора (S) для каждого временного промежутка в отдельности ($S_1...S_{10}$).

3. Строят график, условно называемый графиком динамики устойчивости внимания, для чего необходимо на оси абсцисс отложить все 30-секундные отрезки ($T_1...T_{10}$), а на оси ординат – скорости выбора ($S_1...S_{10}$).

4. Вычисляют коэффициенты точности внимания до воздействия 1-й ($A'_{б.п}$) и 2-й ($A''_{б.п}$) помех. Так как до 1-й помехи два временных промежутка, то $A'_{б.п}$ вычисляется как среднее арифметическое из $A_1 + A_2$. Аналогично и $A''_{б.п}$ должно вычисляться как среднее из $A_4 + A_5 + A_6$.

5. Определяют значения показателя концентрации внимания (K' и K'').

6. Определяют средние значения K' и K'' .

Показатель устойчивости концентрации внимания испытуемого при просмотре корректуры устанавливается по следующей формуле:

$$K = \frac{S^2}{M},$$

где K – показатель устойчивости концентрации внимания; S – количество просмотренных строк; M – общее количество ошибок (пропуск букв, пропуск строки, неверно зачеркнутая буква).

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование способности фокусирования внимания. Обратите внимание на изменение показателей скорости выполнения задания. Сделайте выводы о влиянии помех на устойчивость внимания. Сопоставьте свои показатели концентрации внимания со среднегрупповыми показателями и сделайте выводы об индивидуальных особенностях. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 5. Распределение внимания

Цель: исследование произвольности внимания, а также объема, распределения и переключения концентрации, устойчивости и переключаемости внимания, умственной работоспособности.

Теоретические сведения

Оценка произвольности внимания. Произвольность внимания – это способность к использованию всех возможностей внимания в нужный момент. Произвольность является интегральной характеристикой всего процесса внимания, всех его характеристик: объема, распределения, концентрации, устойчивости, переключаемости и др.

Испытуемому предоставляется таблица, размер которой может меняться. Числа расположены в ячейках случайным образом. Необходимо за кратчайшее время выбирать из таблицы числа в порядке их возрастания. Если значение выбранной ячейки соответствует критериям выбора чисел по возрастанию, то ячейка закрашивается. Если же выбранная ячейка не соответствует критериям выбора чисел по возрастанию, то ход является ошибочным. Исследование считается завершенным, если испытуемый выбрал правильно все числа в представленной таблице.

Обработка результатов осуществляется следующим образом.

Объем внимания определяется по формуле

$$O = (t' + t'') : 2,$$

где O – объем внимания; t' – время в первой серии; t'' – время во второй серии.

Показатель распределения внимания равен времени работы в третьей серии:

$$P = t''.$$

Переключение внимания вычисляется по формуле

$$\Pi = t''' - (t' + t'') : 2.$$

Оценка переключаемости внимания. Испытуемому предоставляется таблица, в которой в случайном порядке расположены черные и красные числа.

Исследование проводится в три этапа: вначале необходимо выбрать черные числа в возрастающем порядке, затем, красные числа в убывающем порядке и в конце указать попеременно черные числа в возрастающем, а красные – в убывающем порядке. Основные показатели – время выполнения и количество ошибок. Анализ результатов проводится путем оценки суммарного времени отыскания красных и черных цифр в отдельности и в чередующемся порядке, а затем вычисления разницы между тем и другим временем. Эта разница отражает время, необходимое человеку для переключения внимания.

Обработку результатов осуществляют следующим образом.

Увеличение времени и количества ошибок от 1 к 5 интервалу свидетельствует об истощаемости нервных процессов и замедлении их подвижности к концу выполнения задания. При обработке результатов рассчитывается общий показатель переключения внимания, равный сумме показателей по пяти этапам. Для его вычисления необходимо определить успешность выполнения задания «поиск цифр с переключением» для каждого этапа отдельно. Единый оценочный критерий, отражающий показатель переключения внимания, равен времени поиска цифр с учетом совершенных ошибок. Он рассчитывается по формуле

$$A = T - C,$$

где A – показатель переключения внимания; T и C – оценки времени и ошибок соответственно.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите измерение характеристики произвольности внимания, а также объема, распределения и переключения концентрации, устойчивости и переключаемости внимания, умственной работоспособности. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 6. Возможности оперативно-динамического компонента памяти

Цель: оценка процессов воспроизведения и узнавания, а также оценка объема оперативной памяти. Определение пространственной ошибки по положению и временной ошибки на основе работы оперативно-динамической памяти. Определение объема зрительной кратковременной памяти.

Теоретические сведения

Оценка процессов воспроизведения и узнавания. Испытуемому представляются тестовые слова, различные по количеству наборы геометрических фигур и рисунков на фиксированное время. Далее на экран выводится информация, из которой испытуемый выбирает ранее предъявленные тестовые слова или наборы. После выполнения теста система выдает сообщение о том, что эксперимент завершен и происходит обработка результатов. При нажатии

кнопки «Просмотреть результаты» на экран выводится таблица с набранными очками по каждой стратегии.

При обработке полученных данных пользуются следующими показателями. Частота правильного воспроизведения (P_B) определяется по формуле

$$P_B = \frac{m}{n},$$

где m – количество правильно воспроизведенных элементов; n – количество предъявленных элементов.

Коэффициент точности воспроизведения (K_B) определяется по формуле

$$K_B = \frac{l}{m} \cdot 100 \%,$$

где l – количество элементов, воспроизведенных в данной последовательности; m – количество правильно воспроизведенных элементов.

Для исследования процесса узнавания используется метод тождественных рядов (или метод узнавания). Испытуемому однократно предъявляют ряд элементов. Далее, во второй части опыта, предъявляют второй ряд с большим или таким же количеством аналогичных элементов, среди которых имеются все или несколько элементов первого ряда, и предлагают узнать «старые» стимулы, т. е. элементы первого ряда.

Частота ошибок положительного узнавания (т. е. ошибок типа «пропуск цели») $F_{\text{ПЦ}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{ПЦ}} = \frac{R_C}{N_C},$$

где R_C – количество ошибок узнавания «старых» стимулов; N_C – количество предъявленных «старых» стимулов.

Частота ошибок отрицательного узнавания (т. е. ошибок типа «ложная тревога») $F_{\text{ЛТ}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{ЛТ}} = \frac{R_H}{N_H},$$

где R_H – количество ошибок узнавания «новых» стимулов; N_H – число предъявленных «новых» стимулов.

Частота правильного узнавания P_y определяется по формуле

$$P_y = \frac{M_C}{N_C} \frac{R_H}{N_H},$$

где M_C – количество правильно опознанных «старых» стимулов.

Этот показатель может изменяться от 0 при случайных ответах испытуемого до 1 при точном узнавании.

Сравнение результатов, полученных при использовании метода удержанных членов ряда и метода узнавания на аналогичном стимульном материале, позволяет изучать различия процессов воспроизведения и узнавания в зависимости от объема и содержания материала.

Оценка оперативной памяти. Испытуемому предъявляются комбинации цифр (не менее десяти заданий). В каждой комбинации необходимо прочесть предъявленные цифры и через некоторое время записать суммы крайних цифр. На выполнение каждого задания отводится определенное время (15 с). Общее время прохождения испытания строго фиксировано. После выполнения теста система выдает сообщение о том, что эксперимент завершен и происходит обработка результатов, которые выводятся на экран.

Оценка возможностей оперативно-динамической памяти в условиях периодического исчезновения сигналов. Испытуемому предлагается на экране движущаяся точка – цель и управляемая точка – визир. В процессе преследующего слежения периодически отключаются: точка – цель, точка – визир, обе точки одновременно. В первом варианте снимается активный визуальный контроль за перемещением входного сигнала, во втором – за результатами управляющих действий. В третьем варианте испытуемый продолжает слежение, не видя обоих сигналов, опираясь лишь на кинетические ощущения, поступающие от движений глаз и работающей руки. В зависимости от задачи исследования могут отключаться те или иные сигналы, использоваться или применяться различные типы входных воздействий. Длительность интервала времени периодического отключения и включения увеличивается постепенно. Регистрируются и выводятся на экран: пространственная ошибка по положению (\pm мм), временная ошибка (\pm с) и динамика их изменения на протяжении всего эксперимента.

Оценка возможностей зрительной кратковременной памяти. Память – запоминание, сохранение и последующее воспроизведение индивидом его опыта. Выделяют две фазы памяти: лабильную, которой соответствует удержание следа в форме реверберации нервных импульсов (так называемая кратковременная память), и стабильную фазу, которая предполагает сохранение следа за счет структурных изменений, вызванных к жизни в процессе консолидации (так называемая долговременная память).

Испытуемому предъявляют на экране по одному формуляру в кадре с экспозицией 1 с. Сразу же после их экспозиции он выбирает в наборе ранее предъявленные знаки. Во втором варианте – в условиях отсрочки воспроизведения – приступают к выбору предъявленных ранее знаков не сразу, с интервалом отсрочки (2, 4, 6, 10 с). Задача испытуемых в обоих вариантах состоит в том, чтобы точно и быстро выбрать число знаков элементов формуляров, их последовательность без ошибок.

Регистрируются время решения задачи, число и вероятность правильных ответов, а также ошибки памяти испытуемых – пропуски цифр, знаков, перестановка и подмена знаков, их вероятность при различных временных интервалах отсроченного воспроизведения и в условиях непосредственного воспроизведения.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите сравнение продуктивности процессов воспроизведения и узнавания одного и того же материала; исследуйте объем кратковременной памяти при предъявлении статических объектов в зависимости от длительности отсроченного воспроизведения; определите длительность временного интервала, в течение которого ошибка не выходит за пределы величины установившейся ошибки слежения в нормальных условиях, т. е. без отключения сигналов. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 7. Способность формировать динамический образ ситуации

Цель: определение правильности отображения заданной информации при слежении и воспроизведении.

Теоретические сведения

Оценка степени устойчивости представлений. Метод применяется для определения устойчивости образа представления во времени и является выполнением задачи на представление перемещения объектов по градуированному отрезку. После совершения нескольких операций решение задачи прерывается любой другой деятельностью или другой задачей, которые выступают в качестве отсрочки (10, 15, 20, 30, 60 мин). После нее испытуемому предлагается восстановить положение объектов на отрезке и продолжить манипуляции с ними. При анализе результатов оцениваются правильность выполнения задания до и после отсрочки, эмоциональная реакция на воссоздание образа представления и длительность повторной визуализации по сравнению с первоначальной.

Оценка возможности контроля за динамическими процессами в ходе выполнения дополнительных задач. В качестве основной деятельности выступают действия преследующего слежения за синусоидальным входным сигналом, перемещающимся по экрану дисплея.

Каждый эксперимент подразделяется на 3 периода (по 30 с). В течение первого испытуемый выполняет только действие слежения. Во время второго периода по определенному сигналу испытуемый, не прерывая слежения, выполняет одновременно одну из дополнительных задач. В третьем периоде (по сигналу), прекратив выполнение дополнительной задачи, испытуемый продолжает выполнять действие слежения. На протяжении всего эксперимента регистрируются пространственная ошибка слежения по положению (\pm мм) и временная ошибка (\pm с) в виде графика; момент подачи сигнала к выполнению и окончанию решения дополнительных задач; количество резких движений и степени их резкости. О степени проявления экстраполяционного эффекта судят по изменению (уменьшению) временной ошибки слежения и характеру реагирования – переход к опережающему реагированию.

Возможные дополнительные задачи следующие:

1. Просчитывание вслух двузначных чисел в обратном порядке, начиная с 99.

2. Перемножение (устное) чисел (в простом варианте – однозначных), в более сложном – двузначных.

3. Решение логических задач.

4. Задача бинарного выбора (например, испытуемые должны быстро и точно нажимать кнопку при появлении в наушниках короткого одиночного сигнала и воздерживаться от нажатия при появлении нескольких звуковых сигналов).

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование устойчивости представлений и экстраполяционных процессов в условиях совмещенной деятельности. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 8. Способность выделять главное в ситуации

Цель: исследование способности выявления схожести предъявляемых формуляров.

Теоретические сведения

Оценка способности исключения избыточной информации. Данный эксперимент представлен двумя вариантами: предметный и словесный. В предметном варианте испытуемому предлагается на экране последовательно набор формуляров с изображением четырех предметов в каждом. Три из них сходны между собой (группа рисунков) и их можно назвать одним словом. Необходимо удалить один предмет (выбирая его нажатием клавиши) и ввести название группы рисунков. В словесном варианте испытуемому предлагается на экране бланк с напечатанными сериями из пяти слов. Необходимо четыре слова объединить в группу и ввести название для нее, а лишнее пятое слово исключить (выбрать).

Оценка процесса идентификации зрительных стимулов. Исследование состоит из четырех частей. В первой части используются одномерные стимулы, различающиеся по признаку формы, во второй – по признаку размера, в третьей – по признаку ориентации. В четвертой части исследования используются трехмерные стимулы, различающиеся по всем трем признакам – форме, размеру и ориентации. Испытуемый должен сравнить предъявленные на экране изображения. С помощью кнопок выбрать, идентичны они или нет.

Обработку и анализ результатов осуществляют по следующему алгоритму:

1. Определяют точность положительной и отрицательной идентификации в каждой из четырех частей опыта и сводят полученные данные в таблицу (табл. 8.1).

2. Определяют среднее значение латентного периода реакции испытуемого для положительной и отрицательной идентификации в каждой из четырех частей опыта и сводят полученные данные в аналогичную таблицу (табл. 8.1). Определяют достоверность различий между средними по t-критерию Стьюдента.

Точность положительной и отрицательной идентификации

Операция идентификации	Точность решения задачи, для признаков, %			
	Формы	Размера	Ориентации	Формы, размера и ориентации
Положительная Отрицательная				

3. Дают сравнительную оценку эффективности выполнения операций положительной и отрицательной идентификации. Сравнивают полученные данные с имеющимися в психологической литературе указаниями на то, что операция установления идентичности объектов является более сложной по сравнению с операцией установления их различия.

4. На основании сравнительного анализа эффективности идентификации одномерных и трехмерных стимулов делают заключение о способах обработки многомерных зрительных сигналов при работе в режиме идентификации.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование способности к обобщению и абстрагированию, умению выделять существенные признаки; определите зависимость эффективности зрительной идентификации от числа и характера признаков стимула, а также зависимость эффективности зрительной идентификации от числа и характера признаков стимула, которыми оперирует испытуемый в процессе сличения. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 9. Способность принимать ситуативные решения

Цель: исследование способностей к принятию адекватных решений в неопределенной обстановке, изучение индивидуальных особенностей восприятия в сфере полезависимости-полenezависимости.

Теоретические сведения

Оценка прогностических способностей. Испытуемому предлагается предугадывать появление на экране квадратов желтого или черного цвета. Если, по мнению испытуемого, вероятнее появление желтого квадрата, – он должен до его появления быстро нажать клавишу «желтый», если вероятнее появление черного, – нажать «черный». Отведенное до появления на экране картинки время составляет 3 с. Всего 100 предъявлений. Общее время эксперимента – 5 мин. После завершения предъявлений система выдаст сообщение о том, что эксперимент завершен и подсчитает результаты. На основе полученных данных

пользователю присваивается определенная степень рискованности: отрицание риска, разумная, ситуативная, высокая или безудержная рискованность. Отрицание риска (выбор для предугадывания только наиболее вероятных частых белых стимулов). Разумная рискованность (гибкое реагирование на реальную динамику цвета предъявляющихся стимулов). Ситуативная рискованность (колебания между азартностью и осторожностью). Высокая рискованность (преобладание импульсивной азартной стратегии предугадывания стимула редкого цвета в надежде сразу получить большое преимущество в баллах). Безудержная рискованность (чрезвычайная азартность и импульсивность, выбор практически только редкого стимула без учета реальной динамики ситуации).

Оценка степени индивидуальности восприятия. В понятии полезависимости – полнезависимости отражаются индивидуальные различия в способности когнитивной дифференциации, которая в сфере мышления проявляется как преобладание анализа или синтеза, а в сфере восприятия – как зависимость – независимость от перцептивного поля. Полезависимость означает доминирование целого, недостаточное дифференцирование частей в образе восприятия, неспособность преодолевать контекст, необособленность отдельных раздражителей от их фона. Полнезависимости соответствует способность воспринимать целое как структурированное, вычленять стимулы из контекста.

Испытуемому предлагается, как можно быстрее выделить одну из эталонных фигур среди отвлекающих, запутывающих деталей более сложной фигуры. Время выполнения теста не ограничено. В опыте регистрируется время выполнения каждого из 30 заданий и количество правильных решений. По завершении теста испытуемый нажимает кнопку «Завершить».

При обработке и анализе результатов определяют индекс полезависимости-полнезависимости по формуле

$$I_{пз/пнз} = \frac{N}{T},$$

где N – число правильных решений; T – общее время выполнения всех 30 заданий, мин.

При $I_{пз/пнз} > 2,5$ считается выраженным параметр полнезависимости.

При $I_{пз/пнз} < 2,5$ – выражен параметр полезависимости.

На основании анализа полученных результатов делают заключение об особенностях когнитивного стиля испытуемого.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование прогностических способностей к адекватному принятию решений в неопределенной ситуации, рассудительности и осторожности, а также выявите индивидуальные особенности по характеристике полезависимости – полнезависимости. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 10. Уровень утомляемости умственной

Цель: исследование способности быстро входить в суть решаемой задачи, устойчивости внимания, успешности в работе.

Теоретические сведения

Оценка способности к решению простых математических задач (таблицы Шульте). Таблицы Шульте позволяют дать количественную и качественную оценку свойств внимания. Испытуемому предлагается решать простые математические задачи (через 20 с после начала теста) во время поиска определенных ячеек таблицы. Ячейки отличаются цветом от фона таблицы. Тест заканчивается после десяти предъявлений математической задачи. Результаты тестов автоматически сохраняются.

При обработке результатов необходимо учесть, что основной показатель – это время выполнения, а также количество ошибок отдельно по каждой таблице. По результатам выполнения каждой таблицы может быть построена «кривая истощаемости (утомляемости)», отражающая устойчивость внимания и работоспособность в динамике. Кроме того, определяют следующие показатели: эффективность работы (ЭР), степень вработываемости (ВР), психическая устойчивость (ПУ).

Эффективность работы (ЭР) определяется по формуле

$$\text{ЭР} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5},$$

где T_i – время работы с i -й таблицей.

Степень вработываемости (ВР) вычисляется по формуле

$$\text{ВР} = \frac{T_1}{\text{ЭР}}.$$

Если значение $\text{ВР} < 1$, это показатель хорошей вработываемости, соответственно, чем выше значение ВР, тем больше испытуемому требуется подготовка к основной работе.

Психическая устойчивость (выносливость) вычисляется по формуле

$$\text{ПУ} = \frac{T_4}{\text{ЭР}}.$$

Если значение $\text{ПУ} < 1$, это говорит о хорошей психической устойчивости, соответственно, чем выше данный показатель, тем хуже психическая устойчивость испытуемого к выполнению заданий.

По результатам данного теста возможны следующие характеристики внимания испытуемого:

1. Внимание концентрируется достаточно – если на каждую из таблиц Шульте испытуемый затрачивает время, соответствующее нормативному.

2. Внимание концентрируется недостаточно – если на каждую из таблиц Шульте испытуемый затрачивает время, превышающее нормативное.

3. Внимание устойчиво – если не отмечается значительных временных отличий при подсчете цифр в каждой из четырех – пяти таблиц.

4. Внимание неустойчиво – если отмечаются значительные колебания результатов по данным таблиц без тенденции к увеличению времени, затраченного на каждую следующую таблицу.

5. Внимание истощаемо – если отмечается тенденция к увеличению времени, затрачиваемого испытуемым на каждую следующую таблицу.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование степени вработываемости, устойчивости внимания, эффективности работы. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 11. Способность брать ответственность за собственные решения

Цель: исследование индивидуальных особенностей принятия наиболее продуктивных решений.

Теоретические сведения

Оценка стратегий принимаемых решений. Испытуемому предлагается в верхнем поле экрана последовательно пять различных стратегий (ситуативных вопросов), представляющих собой импульсивное, рискованное, уравновешенное, осторожное и инертное решения. Для каждой стратегии в нижнем поле экрана предлагаются варианты ответов. В целях гибкости для каждого ответа задана соответствующая градация. По окончании исследования система выдает сообщение о том, что эксперимент завершен и происходит обработка результатов.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование основных индивидуальных особенностей решения задач, выражающихся в целенаправленном нахождении наиболее рациональных путей решения задачи. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 12. Интеллектуальная лабильность

Цель: исследование умения быстро переходить с решения одних задач на выполнение других и степени допущения ошибок.

Теоретические сведения

Оценка способности переключения внимания на решение поступающих задач. Испытуемому последовательно на экране предлагается выполнить 40 заданий, на каждое отводится определенное время (3–7 с). Задание представляет-

ся в виде вопроса и поля для ввода ответов. Оценка производится по количеству ошибок. Ошибкой считается и пропущенное задание.

Нормы выполнения: 0–4 ошибки – хорошая способность к обучению; 5–9 ошибок – средняя лабильность; 10–14 ошибок – низкая лабильность, трудности в переобучении; 15 и более ошибок – мало успешен в любой деятельности, в учебной в том числе.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование лабильности, т. е. способности переключения внимания, умения быстро переходить с решения одних задач на выполнение других, не допуская при этом ошибок. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 13. Психологическая стрессоустойчивость

Цель: исследование психологической стрессоустойчивости на основании изменения параметров внимания.

Теоретические сведения

Оценка психологической стрессоустойчивости. Стрессоустойчивость определяется порогом ранимости и характером нервно-психической реактивности личности. Под порогом ранимости понимается минимальная степень изменения в системе человек – среда, необходимая для возникновения признаков стресса. Высокий порог обеспечивается активностью жизненных позиций и пластичностью жизненного стереотипа. Активная жизненная позиция отражает стремление к овладению ситуацией путем деятельности, направленной на целесообразное изменение и эффективную трансформацию взаимодействия со средой. Кроме того, стрессоустойчивость – это способность выполнять свои функциональные обязанности в условиях воздействия возникших негативных факторов, а тестирование на определение психофизиологического состояния – это стрессовая ситуация (или воздействие негативных факторов). При этом уровень стресса будет увеличиваться по мере прохождения тестирования. Уровень стрессоустойчивости будем определять по изменению избирательности внимания при старте работы с программным комплексом (первая методика, которую будет проходить испытуемый – оценка избирательности внимания) и на стадии окончания работы с комплексом (последняя методика, которую будет проходить испытуемый – оценка избирательности внимания). Психологическая стрессоустойчивость будет максимальна при идентичных результатах тестирования избирательности внимания (100 баллов). Для определения уровня стрессоустойчивости по 100-балльной шкале в других случаях будем использовать формулу

$$x = \left(1 - \frac{X_{\text{вн.нач}} - X_{\text{вн.кон}}}{X_{\text{вн.нач}}} \right) \cdot 100,$$

где $x_{\text{вн.нач}}$ – результат оценки избирательности внимания вначале тестирования в баллах; $x_{\text{вн.кон}}$ – результат оценки избирательности внимания в конце тестирования в баллах; x – уровень психологической стрессоустойчивости в баллах.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование психологической стрессоустойчивости, т. е. способности выполнять определенные функции при воздействии негативных факторов в процессе трудовой деятельности. По результатам эксперимента оформите отчет.

Тема 14. Надежность

Цель: исследование степени надежности на основании данных, полученных при проведении исследований на предыдущих занятиях.

Теоретические сведения

Оценка степени надежности. Вероятность безотказной (безошибочной) работы. Программный комплекс предполагает тестирование по различным методикам. Положим, что абсолютно надежный человек выполняет все задачи в ходе тестирования абсолютно точно и без ошибок. В этом случае надежность реального человека будет прямо пропорциональна уровню (проценту) совершаемых в ходе тестирования ошибок. Методика основана на отнесении действий испытуемого к следующим классам:

- q_1 – правильно, своевременно выполненные действия;
- q_2 – невыполненные действия;
- q_3 – неправильные действия;
- q_4 – действия, выполненные с опозданием;
- q_5 – действия, выполненные раньше необходимого;
- q_6 – излишние действия;
- q_7 – неоптимальные действия.

Таким образом, производится оценка каждого действия (в том числе и невыполненного необходимого). Учитываются все действия выполняемые испытуемым при проведении всех исследований, приведенная классификация действий позволяет получить такую характеристику человека, как текущую надежность x_T , которая определяется по формуле

$$x_T = 1 - \frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{\sum_{i=1}^6 q_i}.$$

Для определения параметров q_i в ходе работы с медикопрограммным комплексом будем использовать следующие методики: оценка правильности выполнения сенсомоторных реакций выбора, оценка степени концентрации

внимания, оценка простой сенсомоторной реакции на визуальные сигналы, оценка избирательности внимания, оценка концентрации и устойчивости внимания, сравнение процессов воспроизведения и узнавания (3 параметра), оценка оперативной памяти, оценка возможностей кратковременной памяти, оценка способности исключения избыточной информации, оценка процессов идентификации зрительных стимулов, оценка психологической стрессоустойчивости, оценка степени индивидуальности восприятия, оценка способности к решению простых математических задач, оценка способности переключения внимания на решение поступающих задач.

Задание для самостоятельной работы

С использованием программного комплекса оценки психофизиологического состояния человека проведите исследование степени надежности, т. е. вероятности безотказной и безошибочной работы человека в процессе трудовой деятельности. По результатам эксперимента оформите отчет.

Библиотека БГУИР

Раздел 2. Промышленная безопасность: оценка параметров

Тема 15. Обеспечение пожарной безопасности

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для оценки пожарной опасности промышленных предприятий и цехов.

Теоретические сведения

Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Методика проведения расчета избыточного давления взрыва для паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок. Происходит расчетная авария одного из аппаратов. Все содержимое аппарата поступает в помещение. Происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов. Происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости, площадь испарения которой при разливе на горизонтальную поверхность определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей – на 1 м² пола помещения. Происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеекрашенных поверхностей. Длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с. Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием, с погрешностью не более 7 %. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80 % геометрического объема помещения.

Определение взрывопожароопасной категории помещений. Для отнесения помещения к взрывопожароопасной категории должны быть выполнены два условия: свойства веществ должны соответствовать требованиям согласно табл. 15.1; масса веществ, участвующих в аварийной ситуации, должна быть достаточной для создания избыточного давления взрыва свыше 5 кПа.

Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{k_n} \text{ кПа},$$

где P_{\max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газо- и паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справоч-

ным данным (при отсутствии данных допускается принимать $P_{\max} = 900$ кПа); P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать $P_0 = 101$ кПа); m – масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещении, кг; Z – коэффициент участия горючего во взрыве; $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м^3 . Свободный объем помещения находят как разность между объемами помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если это определить невозможно, то допускается принимать его условно равным 80 % геометрического объема помещения; $\rho_{\text{г.п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p вычисляется по формуле

$$\rho_{\text{г.п}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3},$$

где M – молярная масса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$; V_0 – молярный объем, равный $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$; t_p – расчетная температура, $^{\circ}\text{C}$.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°C . За расчетную температуру принимается абсолютная температура воздуха в данном районе (г. Минск) согласно СНБ 2.04.02 $t_p = 37^{\circ}\text{C}$.

Стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ $C_{\text{ст}}$ вычисляется по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} \% (\text{об.}),$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

$$\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2},$$

где $n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{о}}$, $n_{\text{х}}$ – число атомов С, Н, О и галоидов (N, Cl, Br, I, F) в молекуле горючего вещества; $k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $k_{\text{н}}$ равным 3.

Расчеты ΔP для других веществ приведены в [7].

Определение массы паров ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси. Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т. п.), определяется из выражения

$$m = m_p + m_{\text{вмх}} + m_{\text{св.окр}} \cdot m \text{ кг},$$

где m_p – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{\text{вмх}}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{\text{св.окр}}$ – масса

жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (7) определяется по формуле

$$m = W \cdot F_u \cdot T \text{ кг,}$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кгс}^{-1}\text{м}^{-2}$; F_u – площадь испарения, м^2 [7]; T – время испарения, с [7].

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_n \text{ кгс}^{-1}\text{м}^{-2},$$

где η – коэффициент, принимаемый в соответствии с данными [7] в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения; M – молярная масса горючего, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ [6]; P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , кПа:

$$P_n = 10^{\frac{A - B}{C_A - t_p}} \text{ кПа,}$$

где A , B , C_A – константы уравнения Антуана [7].

Пример решения задачи

Задача. На участок вакуумного напыления, расположенный в отдельном помещении ($8 \times 16 \times 4$ м), доставляется на тележке сменный запас ЛВЖ в составе: 8 л изопропилового спирта во фляге, 2 л этилового спирта в литровых стеклянных бутылках.

Решение. Возможны два варианта аварийной ситуации:

- 1) разлив при разгрузке 2 л этилового спирта;
- 2) разлив 8 л изопропилового спирта при расфасовке в стеклянные бутылки.

Для анализа выбираем наиболее неблагоприятный вариант – разлив 8 л спирта. Суть ситуации состоит в том, что разлившийся спирт растекается по полу помещения, происходит его испарение, в результате этого в помещении образуется паровоздушная смесь, воспламенение которой может привести к взрыву.

Плотность пара при расчетной температуре:

$$\rho_{г.п} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{74,12}{22,413 + (1 + 0,00367 \cdot 37)} = 2,91 \text{ кгм}^{-3}.$$

Давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости:

$$P_n = 10^{\frac{7,51055 - \frac{1733}{232,380 - 97}}{}} = 11,95 \text{ кПа.}$$

Интенсивность испарения:

$$W = 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot \sqrt{74,12} \cdot 11,95 = 0,165 \cdot 10^{-3}, \text{ кгс}^{-1}\text{м}^{-2}.$$

Масса паров изопропилового спирта, поступивших в помещение,

$$m = 0,165 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 3600 = 4,74 \text{ кг.}$$

Стехиометрический коэффициент C_3H_8O в реакции сгорания:

$$\beta = 3 + \frac{8}{4} - \frac{1}{2} = 4,5.$$

Стехиометрическая концентрация паров C_3H_8O :

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 4,5} = 4,39 \text{ \% (об.)}$$

Избыточное давление взрыва ΔP :

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{4,74 \cdot 0,3}{409,6 \cdot 2,91} \cdot \frac{100}{4,39} \cdot \frac{1}{3} = 7,237 \text{ кПа.}$$

Если полученное расчетное значение избыточного давления паровоздушной смеси превышает 5 кПа, температура вспышки изоприлового спирта 13 °С, то производственное помещение относим к категории А (взрывопожароопасной).

Задание для самостоятельной работы

Определите категорию взрывопожарной и пожарной опасности помещения участка отмывки оснований. Геометрический объем помещения V_n . В нем установлена ванна, объемом V_v , в которой находится технологическая жидкость. Поддоны и системы аварийного слива жидкости из ванны за пределы помещения отсутствуют. Воздухообмен, создаваемый системами вентиляции, не учитывается. Район – г. Минск.

За аварийную ситуацию принимается разлив технологической жидкости в результате перфорации ванны. Испарение с обработанных деталей не учитывается из-за незначительного количества жидкости на их поверхности.

Таблица 15.1

Варианты заданий

Параметр	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Объем помещения $V_n, \text{ м}^3$	8×9×3	9×11×3	10×10×4	7×11×3	9×10×4	7×14×3	6×8×4	7×9×4	5×16×4	6×12×4	8×14×3	7×10×4	10×15×3	6×14×3	9×12×4
Объем емкости $V_{вмк}, \text{ м}^3$	0,005	0,008	0,01	0,006	0,012	0,005	0,008	0,01	0,006	0,012	0,005	0,008	0,01	0,006	0,012
Вид технологической жидкости	Ацетон	Изобутиловый спирт	Изопропиловый спирт	Метиловый спирт	н-пропиловый спирт	Сероуглерод	Стирол	Толуол	Уксусная кислота	Хлор-бензол	Этиловый спирт	Этилбензол	Пиридин	Изопропил-бензол	Диэтиловый эфир

Тема 16. Снижение уровней шума технологического оборудования машиностроительного производства

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для оценки и снижения уровня акустического шума машиностроительного производства.

Теоретические сведения

Снижение уровней шума определяется путем расчета ожидаемых уровней звукового давления (УЗД) к допустимым уровням звукового давления.

Пример решения задачи

Задача. В механическом цехе длиной 8 м, шириной 6 м, высотой 4 м имеется два рабочих места, где установлено машиностроительное оборудование. Октавный уровень звукового давления источника шума (ИШ) L_w на среднегеометрической частоте 1000 Гц составляет 100 дБ. Фактор направленности ИШ $\Phi = 1,6$; пространственный угол $\Omega = 2\pi$; наибольший геометрический размер ИШ $l_{\max} = 1,0$ м; расстояния от ИШ до первого рабочего места (РТ₁) $r_1 = 2,0$ м, до второго – (РТ₂) $r_2 = 4,0$ м.

Определите уровень звукового давления L_p (УЗД) на рабочих местах и требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{тр}}$.

Решение. Расчет ожидаемых УЗД L_p в расчетных точках на рабочих местах помещения, в котором находится один источник шума (ИШ) в зоне прямого и отраженного звука производится по формуле

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{k\Phi}{S} + \frac{4\Psi}{V} \right) \text{ дБ,}$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности ИШ, $L_w = 100$ дБ; k – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля, определяемый по [10]; Φ – фактор направленности излучения ИШ – безразмерная величина, определяемая по технической документации или опытным данным, $\Phi = 1,6$; S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей ИШ и проходящей через расчетную точку, м^2 ; при расположении ИШ на поверхности пола, стены, перекрытия по формуле $S = 2 \cdot \pi \cdot r^2$; Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, определяемый [10]; V – постоянная помещения в октавных полосах частот. В помещениях без звукопоглощающих облицовок и конструкций определяется из соотношения

$$V = V_{1000} \cdot \mu \text{ м}^2,$$

где V_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, которая рассчитывается в зависимости от объема V (м^3) и типа помещения:

1) $V_{1000} = V/20$ – для помещений без мебели с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, машинные залы, испытательные стенды и т. д.);

2) $V_{1000} = V/10$ – для помещений с жесткой мебелью или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты и т. д.);

3) $V_{1000} = V/6$ – для помещений с большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения административных зданий, жилые комнаты и т. п.);

4) $V_{1000} = V/1,5$ – для помещений с звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен;

μ – частотный множитель, определяемый по [10].

Определяем коэффициент k . Для этого:

а) рассчитаем отношение $\frac{r}{l_{\max}}$ для первого и второго рабочих мест:

$$\frac{r_1}{l_{\max}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ для } PT_1; \quad \frac{r_2}{l_{\max}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ для } PT_2;$$

б) по [9] находим коэффициенты k для PT_1 и PT_2 . Они равны 1.

Рассчитаем площади воображаемых поверхностей, проходящих через расчетные точки S_1 и S_2 из соотношений

$$S_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 25,12 \text{ м}^2 \text{ для } PT_1;$$
$$S_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 100,48 \text{ м}^2 \text{ для } PT_2.$$

Определяем постоянную помещения V из выражения

$$V = V_{1000} \cdot \mu.$$

Для этого:

а) определяем V_{1000} для 1-го типа помещения. Она равна $V_{1000} = \frac{V}{20} \text{ м}^2$.

Тогда

$$V_{1000} = \frac{8 \cdot 6 \cdot 4}{20} = 9,6 \text{ м}^2;$$

б) по [9] определяем частотный множитель μ . Он равен $\mu = 1$.

Следовательно,

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 9,6 \cdot 1 = 9,6 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем площадь ограждающих поверхностей $S_{\text{орг}}$ (пол, потолок, стены):

$$S_{\text{орг}} = 2 \cdot (6 \cdot 4 + 8 \cdot 4 + 8 \cdot 6) = 208 \text{ м}^2.$$

По [10] определяем коэффициент ψ . С этой целью рассчитаем отношение

$$\frac{V}{S_{\text{орг}}} = \frac{9,6}{208} = 0,046. \text{ Тогда коэффициент } \psi = 1.$$

Определяем сумму $\left(\frac{k\Phi}{S} + \frac{4\psi}{B}\right)$ для PT_1 и PT_2 .

Для PT_1 :

$$\frac{1 \cdot 1,6}{25,12} + \frac{4 \cdot 1}{9,6} = 0,480.$$

Для PT_2 :

$$\frac{1 \cdot 1,6}{100,48} + \frac{4 \cdot 1}{9,6} = 0,433.$$

Определяем логарифмы сумм:

$$\text{для } \frac{PT_1}{\lg 0,480} = -0,319; \quad \text{для } \frac{PT_2}{\lg 0,433} = -0,364.$$

Рассчитаем ожидаемые УЗД в PT_1 и PT_2 по формуле:

$$L_{p1} = 100 - 3,19 = 96,81 \text{ дБ};$$
$$L_{p2} = 100 - 3,64 = 96,36 \text{ дБ}.$$

По [10] определяем допустимые октавные уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ на рабочих местах. На частоте $f_{\text{ср}} = 1000$ Гц, $L_{\text{доп}} = 80$ дБ.

Рассчитаем требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta L_{\text{тр}}$ для PT_1 и PT_2 из соотношения

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_p - L_{\text{доп}}.$$

Тогда требуемое снижение для рабочих мест составит

$$\Delta L_{\text{тр } PT1} = 96,81 - 80 = 16,81 \text{ дБ};$$
$$\Delta L_{\text{тр } PT2} = 96,36 - 80 = 16,36 \text{ дБ}.$$

Вывод: ожидаемый УЗД на первом рабочем месте составит 96,81 дБ, а требуемое снижение УЗД – 16,81 дБ. Ожидаемый УЗД на втором рабочем месте составит 96,36 дБ, а требуемое снижение УЗД – 16,36 дБ.

Задание для самостоятельной работы

В механическом цехе длиной 6 м, шириной 5 м, высотой 4 м имеется два рабочих места, где установлено машиностроительное оборудование. Октавные уровни звукового давления источника шума (ИШ) на среднегеометрических частотах $f_{\text{ср}}$ Гц составляют L_w дБ. Факторы направленности ИШ Φ приведены в табл. 16.1; пространственный угол $\Omega = 2\pi$; наибольший геометрический размер ИШ $l_{\text{max}} = 1,0$ м. Расстояния от ИШ до первого рабочего места (PT_1) r_1 м, до второго (PT_2) – r_2 м.

Определите ожидаемые уровни звукового давления L_p (УЗД) на рабочих местах и требуемое снижение шума $\Delta L_{\text{тр}}$. Исходные данные для расчета приведены в табл. 16.1.

Варианты заданий

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Среднегеометрическая частота $f_{сг}$, Гц	65	125	250	500	1000	2000
Уровень звукового давления L_w , дБ	110	100	95	90	85	83
Фактор направленности Φ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Расстояние от ИШ до PT_{1r_1} , м	2,5	2,0	2,2	2,1	2,3	2,4
Расстояние от ИШ до PT_{2r_2} , м	3,5	3,0	3,2	3,1	3,3	3,4
Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Среднегеометрическая частота $f_{сг}$, Гц	4000	8000	65	125	250	500
Уровень звукового давления L_w , дБ	82	82	105	104	96	89
Фактор направленности Φ	1,6	1,5	1,4	1,7	1,8	1,9
Расстояние от ИШ до PT_{1r_1} , м	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5
Расстояние от ИШ до PT_{2r_2} , м	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3	4,5

Тема 17. Снижение уровней шума автотранспортных потоков на территории жилых застроек

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для оценки и снижения уровня акустического шума на территории жилых застроек.

Теоретические сведения

Снижение уровней шума определяется путем расчета ожидаемых уровней звукового давления (УЗД) к допустимым уровням звукового давления.

Пример решения задачи

Задача. Рассчитайте ожидаемый УЗД в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищаемом от шума помещении при следующих условиях: источник шума (ИШ) – транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью 700 ед/ч и средневзвешенной скоростью 53 км/ч; продольный уклон проезжей части с асфальтобетонным покрытием 2 %; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений 60 м. Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется двухрядная полоса зеленых насаждений, ширина полосы 1 равна 21 м при расстоянии между рядами 3 м; стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна спаренной конструкции, толщина стекол 6 и 3 мм, воздушный промежуток между стеклами 57 мм с уплотняющими прокладками. Сделайте выводы о соответствии полученных данных с допустимыми УЗД.

Решение. Определяем общий ожидаемый УЗД $L_{A \text{ экв ИШ}}$ из выражения

$$L_{A \text{ экв}} = L_{A7} + \Delta L_{A \text{ СК}} + \Delta L_{A \text{ УКЛ}} + \Delta L_{A \text{ ПОКР}},$$

где L_{A7} – эквивалентный УЗД автотранспортного потока; $\Delta L_{A \text{ СК}}$ – поправка к эквивалентному УЗД транспортных потоков на скорость движения [9]; $\Delta L_{A \text{ УКЛ}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на уклон проезжей части [10]; $\Delta L_{A \text{ ПОКР}}$ – поправка к эквивалентному УЗД на покрытие проезжей части [10].

Определяем значения каждого слагаемого $L_{A \text{ ЭКВ}}$:

а) при движении транспорта с интенсивностью 700 ед/ч $L_{A7} = 75$ дБА;

б) поправка на скорость движения $\Delta L_{A \text{ СК}} = 2$ дБА;

в) поправка на уклон проезжей части $\Delta L_{A \text{ УКЛ}} = 1$ дБА;

г) поправка на тип покрытия проезжей части $\Delta L_{A \text{ ПОКР}} = 0$ дБА.

Общий ожидаемый УЗД $L_{A \text{ ЭКВ}}$ составит

$$L_{A \text{ ЭКВ}} = 75 + 2 + 1 + 0 = 78 \text{ дБА.}$$

Снижение УЗД за счет расстояния, зеленых насаждений и окон:

а) расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений $\Delta L_{A \text{ РАС}}$ оценивается выражением

$$\Delta L_{A \text{ РАС}} = 10 \lg \frac{R}{R_1},$$

где R – расстояние от осевой линии полосы движения до жилых строений, м;
 R_1 – расстояние, на котором определена шумовая характеристика ИШ, $R_1 = 7,5$ м.

$$\Delta L_{A \text{ РАС}} = 10 \lg \frac{60}{7,5} \text{ дБА;}$$

б) по [10] определяем снижение УЗД зелеными насаждениями:

$$\Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}} = 9 \text{ дБА;}$$

в) по [10] определяем снижение УЗД окнами:

$$\Delta L_{A \text{ ОК}} = 28 \text{ дБА.}$$

Общее снижение УЗД составит:

а) для территории $\Delta L_{A \text{ ТЕР}} = \Delta L_{A \text{ РАС}} + \Delta L_{A \text{ ЗЕЛ}} = 9 + 9 = 18$ дБА;

б) для помещений $\Delta L_{A \text{ ПОМ}} = \Delta L_{A \text{ ТЕР}} + \Delta L_{A \text{ ОК}} = 18 + 28 = 46$ дБА.

Вывод: Ожидаемый УЗД на территории 78 дБА, снижение – 18 дБА. Следовательно, $L_{A \text{ ТЕР}} = 78 - 18 = 60$ дБА, что превышает допустимые уровни для дневного времени на 5 дБА и ночного – на 15 дБА [9]. Ожидаемый УЗД в помещении $\Delta L_{A \text{ ПОМ}} = \Delta L_{A \text{ ТЕР}} - \Delta L_{A \text{ ОК}} = 60 - 28 = 32$ дБА не превышает УЗД в дневное время и на 8 дБА превышает в ночное время.

Задание для самостоятельной работы

Рассчитать ожидаемые уровни звукового давления в расчетной точке на территории жилой застройки и в защищенном от шума помещении, сравнить их с допустимыми УЗД при следующих условиях: источник шума транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью N ед/ч и средневзвешенной скоростью U км/ч. Продольный уклон проезжей части η % с покрытием M ; расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений RM . Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется полоса зеленых насаждений $Ш$ шириной l м. Стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна, конструкция которых приведена в табл. 17.1.

Варианты заданий

Параметр	Номер варианта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Интенсивность движения N, ед/ч	80	150	300	900	1500	3000	60	100	200	900	1000	2000
Скорость движения потока U, км/ч	60	73	80	100	67	100	27	13	53	47	33	40
Продольный уклон проезжей части дороги η , %	8	4	2	0	6	8	0	2	4	6	0	2
Покрытие проезжей части M	Асфальто-бетонное	Булыжный камень	Цементно-бетонное	Брусчатая мостовая	Асфальто-бетонное	Брусчатая мостовая	Булыжный камень	Цементно-бетонное	Брусчатая мостовая	Асфальто-бетонное	Булыжный камень	Цементно-бетонное
Расстояние до жилых строений R, м	70	75	80	85	90	95	100	105	110	88	98	78
Зеленые насаждения:												
а) однорядная посадка, ширина полосы l, м:		+						+				+
10–15												
16–20				+		+			+			
б) двухрядная посадка, ширина полосы l = 21–25 м	+						+				+	
в) двух- или трехрядная посадка, ширина полосы l = 26–30 м			+		+					+		
Конструкция окна:												
а) одинарное окно с уплотнителем, толщина стекл, мм:									+			
3												
б) спаренное окно без уплотнителя, толщина стекл, мм:												
3 и 3						+						
6 и 3					+							
6 и 4				+								+
в) раздельно-сближенное окно с уплотнителем, толщина стекл, мм:			+								+	
3 и 3												
6 и 4		+								+		
г) раздельное окно без уплотнителя, толщина стекл 6 и 3 мм	+								+			

Тема 18. Обеспечение норм промышленной санитарии в IT-компаниях

Цель: приобретение практических навыков проведения светотехнических расчетов для обеспечения норм на рабочем месте IT-специалиста.

Теоретические сведения

Освещение рабочего места IT-специалиста при работе с ПК должно быть таким, чтобы программист мог без напряжения зрения выполнять свою работу. Рассмотрим процесс работы программиста в таких условиях, когда естественного освещения недостаточно. Исходя из этого рассчитаем параметры искусственного освещения. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют существенные преимущества: по спектральному составу света они близки к дневному, естественному освещению; обладают более высоким КПД (в 1,5–2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3–4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Расчет освещения производится методом коэффициента использования светового потока, который предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии затемняющего оборудования. Порядок выполнения расчета общего равномерного искусственного освещения для производственного помещения представляет собой последовательное решение следующих задач:

1. Выбор типа светильника исходя из характеристик помещения.
2. Определение расчетной высоты подвеса светильника $h_{\text{п}}$:

$$h_{\text{п}} = H - h_{\text{с}} - h_{\text{р}}, \text{ м},$$

где H – высота помещения, м; $h_{\text{с}}$ – высота свеса светильника от потолка, м ($h_{\text{с}} = 0 \div 1,5$ м); $h_{\text{р}}$ – высота освещаемой рабочей поверхности ($h_{\text{р}} = 0,8$ м).

3. Определение расстояния между светильниками (рядами светильников) L по формуле

$$L = \lambda \cdot h_{\text{п}}, \text{ м},$$

где λ – оптимальное отношение расстояния между светильниками L к высоте их подвеса $h_{\text{п}}$ [15].

4. Размещение светильников на плане помещения. Предварительно необходимо определить расстояние от крайнего светильника (ряда светильников) до стены помещения по следующим формулам:

- если рабочие места расположены у стен

$$L_1 = (0,25 \div 0,3) \cdot L, \text{ м};$$

если у стен расположены проходы –

$$L_2 = (0,4 \div 0,5) \cdot L, \text{ м.}$$

Оценим, сколько рядов можно разместить в помещении:

$$2 \cdot L_{1(2)} + L \cdot (n_p - 1) \leq b,$$

откуда

$$n_p \leq (b - 2 \cdot L_{1(2)}) / L + 1,$$

где n_p – количество рядов в помещении; b – ширина помещения, м.

Определим количество светильников в ряду, учитывая, что сумма расстояний от светильников до стен и длины светильников должна быть меньше длины помещения:

$$2 \cdot L_{1(2)} + L_{\text{св}} \cdot n_{\text{св}} \leq a,$$

откуда

$$n_{\text{св}} \leq (a - 2 \cdot L_{1(2)}) / L_{\text{св}},$$

где $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду; a – длина помещения, м; $L_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

По полученным данным на плане помещения, вычерченном в масштабе, производится окончательное уточнение расположения светильников и их количества.

5. Определение коэффициента использования светового потока η в зависимости от индекса помещения, от типа светильника и коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{п}}$, стен $\rho_{\text{с}}$ и рабочей поверхности $\rho_{\text{р.п}}$. [16].

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{a \cdot b}{h_{\text{п}} \cdot (a + b)},$$

где i – индекс помещения; a и b – длина и ширина помещения, м.

6. Расчет светового потока лампы, необходимого для создания на рабочих поверхностях освещенности на все время эксплуатации осветительной установки. Световой поток лампы определяется по формуле

$$F = \frac{E_{\text{мин}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \text{ лм,}$$

где F – световой поток одной лампы, лм; $E_{\text{мин}}$ – нормативная минимальная освещенность, лк; S – освещаемая площадь помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыленность светильников и износ источников света в процессе эксплуатации; N – число светильников на плане помещения; n – число ламп в одном светильнике; η – коэффициент использования светового потока (в долях); Z – коэффициент неравномерности минимальной освещенности.

$$Z = \frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{мин}}}$$

Рекомендуется принимать значение Z для люминесцентных ламп равным 1,1.

7. Выбор ближайшей стандартной лампы по полученному в результате расчета требуемому световому потоку. Допускается отклонение Δ светового потока лампы не более чем на $(-10\%) - (+20\%)$.

Для этого выполняется проверка по формуле

$$\Delta = \frac{F_{\text{станд}} - F_{\text{рас}}}{F_{\text{рас}}}$$

8. При невозможности выбора лампы с таким приближением корректируют количество светильников.

9. Необходимо показать размещение светильников на плане помещения.

Пример решения задачи

Задача. Рассчитайте общее равномерное искусственное освещение для офисного помещения в IT-компании. Длина помещения 11 м, ширина 5,5 м, высота 3 м. В помещении проводятся работы высокой точности разряда III а. Воздушные условия – нормальные (содержание в воздушной среде рабочей зоны пыли, дыма и копоти составляет менее 1 мг/м^3). Коэффициенты отражения от потолка 50%; от стен 30%, от рабочей поверхности 10%.

Решение. Для помещения с нормальными воздушными условиями выберем светильник типа ЛПО46 [16]. Длина светильника 1235 мм. Определим расчетную высоту подвеса светильника $h_{\text{п}}$ в соответствии с рисунком:

$$h_{\text{п}} = 3 - 0 - 0,8 = 2,2 \text{ м.}$$

Рассчитаем расстояния между рядами L , расстояния от стен до крайних рядов L_1 (если рабочие места у стен), L_2 (если проходы у стен).

$$L = 1,6 \cdot 2,2 = 3,52 \text{ м;}$$

$$L_1 = 0,25 \cdot 3,52 = 0,88 \text{ м;}$$

$$L_2 = 0,4 \cdot 3,52 = 1,408 \text{ м.}$$

Оценим, сколько рядов можно разместить в помещении шириной 5,5 м:

$$n_{\text{р}} \leq \frac{5,5 - 2 \cdot 0,88}{3,52} + 1 \leq 2,06 \text{ м.}$$

Таким образом, светильники располагаем в два ряда, рабочие места у стен. Определим количество светильников в ряду.

$$n_{\text{св}} \leq (11 - 2 \cdot 0,88) - 1,235 \leq 8,005 \text{ м.}$$

Таким образом, в одном ряду можно разместить 8 светильников.

Индекс помещения равен

$$i = \frac{11 \cdot 5,5}{2,2 \cdot (11 + 5,5)} = 1,66.$$

Коэффициент использования светового потока η равен 51 %.

Рассчитаем световой поток лампы. Для этого определим нормируемую минимальную освещенность. Согласно характеристике выполняемых работ в помещении $E_{\text{мин}}$ равно 400 лк.

$$F = \frac{400 \cdot 11 \cdot 5,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 16 \cdot 0,51} = 2446,69 \text{ лм.}$$

По полученному в результате расчета требуемому световому потоку выбираем ближайшую стандартную лампу. Выбираем лампу ЛХБ мощностью 36 Вт, длиной 1213,6 мм и световым потоком 2700 лм. Допускается отклонение Δ светового потока лампы не более чем на (-10 %) – (+20 %). Для этого выполняется проверка по формуле

$$\Delta = \frac{2700 - 2446,69}{2446,69} = 0,103.$$

Таким образом, отклонение составило 10,3 %, что является допустимым. Значит, в помещении размерами 11 м длиной и 5,5 м шириной можно разместить два ряда светильников по восемь светильников в ряду. Тип светильника ЛПО46 длиной 1,235 м, люминесцентная лампа к нему ЛХБ 36-7 световым потоком 2700 лм, длиной 1,213 м. С условием рабочие места расположены у стен. Покажите размещение светильников на плане помещения.

Задание для самостоятельной работы

Рассчитайте общее равномерное искусственное освещение для офисного помещения в IT-компании. Покажите размещение светильников на плане помещения.

Таблица 18.1

Варианты заданий

Номер варианта/ Параметр														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Размеры помещения (длина, ширина, высота), м														
12	10	16	9	14	10	15	13	8	14	16	10	14	15	7
5	6	8	6	8	6	7	10	5	9	8	7	7	7	5
3	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Характеристика зрительной работы (разряд, подразряд)														
I г	IV б	V в	I в	IV а	III г	VI	V а	II в	III г	IV а	V б	V в	IV в	III г
Содержание в воздушной среде рабочей зоны пыли, дыма и копоти, мг/м ³														
менее 1	менее 1	от 1 до 5	менее 1	менее 1	менее 1	свыше 5	от 1 до 5	менее 1	менее 1	менее 1	менее 1	от 1 до 5	менее 1	менее 1
Коэффициенты отражения поверхностей (ρ_n , %, ρ_c , %, ρ_p , %)														
70	50	50	70	50	70	50	70	70	70	50	50	50	70	70
50	30	30	50	30	50	30	50	50	50	30	30	30	50	50
30	10	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10	10	10	30

Тема 19. Обеспечение безопасности населения от промышленных выбросов радиоэлектронного производства

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для определения необходимости применения газоочистительных установок.

Теоретические сведения

Критерием загрязненности воздушной среды, возникающей при вентиляционных и технологических выбросах, являются создаваемые ими концентрации вредных веществ C_v в контролируемых зонах на территории промышленной площадки предприятия и (или) жилой застройки. При превышении содержания C предельно допустимых концентраций (ПДК) для выбрасываемых веществ уровень загрязненности атмосферного воздуха является опасным для здоровья людей и требующим специальных мер по ограничению количества вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, – величины M , измеряемой в г/с или мг/с. Значение M в этом случае должно быть снижено до величины, называемой предельно допустимым выбросом – ПДВ.

Пример решения задачи

Задача. Определите ожидаемую концентрацию вредных веществ в приземном слое воздуха жилого района и при необходимости рассчитать предельно допустимый выброс химических загрязнений и требуемую эффективность газоочистительных установок для обеспечения безвредности атмосферы в жилой зоне при следующих условиях: высота трубы $H = 36$ м; а ее диаметр $D = 1,5$ м; высота здания $H_{зд} = 12$ м, ширина $b = 24$ м; расстояние от оси трубы до заветренной стороны здания $b_3 = 6$ м. Выбрасываемая газоздушная смесь имеет температуру $T_{см} = 176$ °С, и поступает она в атмосферу со скоростью $w_0 = 12$ м/с. В составе смеси окись углерода и двуокись азота, содержание которых в выбросе соответственно $C_{O1} = 5$ г/м³ ($C_{ф} = 0,2$ м²/м³) и $C_{O2} = 1,2$ г/м³ ($C_{ф} = 0,02$ м²/м³). Расстояние X от ИВ до жилых строений 850 м. Местонахождение объекта защиты (жилая зона) – г. Минск, средняя температура воздуха T_v в самый жаркий месяц года 34 °С.

Решение. Расчет объема выбрасываемой смеси:

$$L = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0 = \frac{\pi \cdot 1,5^2}{4} \cdot 12 = 21,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет валового выброса каждого из вредных веществ:

– окись углерода: $M_1 = C_{O1} \cdot L = 5 \cdot 21,2 = 106$ г/с;

– двуокись азота: $M_2 = C_{O2} \cdot L = 1,2 \cdot 21,2 = 25,4$ г/с.

Так как $b = 24$ м $< 2,5 \cdot H_{зд} = 2,5 \cdot 12 = 30$ м [21], здание с ИВ относится к категории узких.

Так как $H = 36$ м $> 0,36 \cdot b_3 + 2,5 \cdot H_{зд} = 0,36 \cdot 6 + 2,5 \cdot 12 = 32,2$ м, ИВ относится к категории высоких.

Определение доминирующего вещества для высоких источников:

$$П_{д1} = \frac{M_1}{ПДК_1 \cdot 10^3} \cdot \omega_0 = \frac{106}{3 \cdot 10^3} = 35,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$П_{д2} = \frac{M_2}{ПДК_2 \cdot 10^3} = \frac{25,4}{0,085 \cdot 10^3} = 298,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Так как $П_{д2} > П_{д1}$, доминирующим веществом является двуокись азота.

Для оценки тепловой характеристики выброса определяем вспомогательный параметр f [20]:

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot (T_{см} - T_B)} = 10^3 \cdot \frac{12^2 \cdot 1,5}{36^2 \cdot (176 - 34)} = 1,17 \frac{\text{м}}{\text{с}^3 \cdot \text{°C}}.$$

Так как $\Delta T = T_{см} - T_B = \text{°C} > 0$ и $f < 100 \frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{°C}}$, то выброс относится к категории нагретых.

С учетом условий выброса (источник высокий, выбрасываемая смесь нагрета) определяем по формуле максимальную концентрацию доминирующего вещества в приземном слое воздуха:

$$C_m = \frac{A \cdot F \cdot M \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{L \cdot \Delta T}} \text{ мг/м}^3,$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, для Республики Беларусь $A = 120$; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, т. к. ВВ является газообразным $F = 1$; m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника (принимаются после расчетов f и V_m [21]); $m = 0,9$, так как $f = 1,1$.

Для определения коэффициента n рассчитаем по формуле промежуточный параметр:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{L \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{21,2 \cdot 142}{36}} = 2,64 \text{ м/с}.$$

При $V_m = 2,64 \text{ м/с}$ коэффициент $n = 1$.

$$C_m = \frac{120 \cdot 1 \cdot 25,4 \cdot 0,9 \cdot 1}{36^2 \cdot \sqrt[3]{21,2 \cdot 142}} = 0,15 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние X_m от здания с ИВ до места с максимальной концентрацией двуокиси азота.

$$X_M = d \cdot H_M,$$

где d – параметр, величина которого установлена при $f = 1,1 \frac{M}{c^2 \cdot ^\circ C}$ и $V_M = 2,84 \text{ м/с}$.

Концентрация двуокиси азота на границе жилой зоны

$$C_{\text{жз}} = C_M \cdot S_1 + C_{\phi_2} = 0,15 \cdot 0,95 + 0,02 = 0,162 \text{ мг/м}^3.$$

Вспомогательная величина $S_1 = 0,95$ определена в зависимости от отношения $X/X_M = 850/540 = 1,57$.

Так как $C_{\text{жз}} = 0,162 > \text{ПДК}_{M_2} = 0,085$, необходимо определить ПДВ, расчет которого производим следующим образом:

$$M_{\text{ПДК}} = \frac{(\text{ПДК}_{M_2} - C_{\phi_2}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{L \times T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{(0,085 - 0,02) \cdot 36^2 \cdot \sqrt[3]{21,2 \cdot 142}}{120 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1} = 11,26 \text{ г/с}.$$

Вывод: для обеспечения ПДВ необходимо применение газоочистных установок с коэффициентом очистки:

$$\eta_0 = 100 \cdot \left(1 - \frac{M_{\text{ПДК}}}{M_2} \right) \% = 100 \cdot \left(1 - \frac{11,26}{25,4} \right) = 55,67 \text{ \%}.$$

Задание для самостоятельной работы

Определите ожидаемую концентрацию вредных веществ в приземном слое воздуха жилого района и при необходимости рассчитайте предельно допустимый выброс химически вредных веществ газовой смеси и требуемую эффективность газоочистительных установок для обеспечения безвредности атмосферы в жилой зоне при следующих условиях из табл. 19.1.

Таблица 19.1

Варианты заданий

№ п/п	Параметр и его значение	Варианты								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Высота трубы H , м	80	40	50	45	58	55	40	50	55
2	Диаметр трубы D , м	1,4	1,5	1,2	1,3	0,9	1,1	1,5	1,0	1,0
3	Высота здания $H_{\text{зд}}$, м	20	12	14	10	15	12	12	12	15
4	Расстояние от оси трубы до заветренной стороны здания, B_3 , м	10	5	12	9	24	10	6	6	7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	Ширина здания В, м	40	22	18	16	30	20	25	25	25
6	Температура выбрасываемой газовой смеси $T_{см}$, °С	100	120	125	80	90	95	170	180	175
7	Скорость газовой смеси в устье трубы W_0 , м/с	8	10	14	12	10	12	12	18	18
8	Расстояние от ИВ до жилой зоны Х, м	1680	2000	800	1500	800	1300	800	800	800
9	Температура воздуха $T_в$, °С	20	20	20	20	20	20	20	20	20
10	Коэффициент стратификации атмосферы РБ А, $c^{2/3} \cdot m^2 \cdot (°C)^{1/3} / 2$	120	120	120	120	120	120	120	120	120
11	Состав выбрасываемой смеси и концентрация вредных веществ C_0 , г/м ³	Формальдегид: 4,0; Ксилол: 1,2	Акролеин: 0,6; Дихлорэтан: 1,0	Толуол: 0,9; Фенол: 0,6	Бензин: 0,7; Хромовый ангидрид: 0,04	Оксид азота: 5,0; Ацетон: 2,0	Сероводород: 0,8; Соляная кислота: 14,0	Оксид углерода: 6,0; Двуокись азота: 1,0	Формальдегид: 6,0; Ацетон: 2,0	Сернистый ангидрид: 20,0; Ацетон: 1,5
12	Фоновая концентрация вредных химических веществ $C_ф$, мг/м ³	Формальдегид: 0,01; Ксилол: 0,05	Акролеин: 0,02; Дихлорэтан: 0,5	Толуол: 0,15; Фенол: 0,005	Бензин: 1,5; Хромовый ангидрид: 0,001	Оксид азота: 0,02; Ацетон: 0,1	Сероводород: 0,001; Соляная кислота: 0,05	Оксид углерода: 0,02; Двуокись азота: 0,02	Формальдегид: 0,01; Ацетон: 0,1	Сернистый ангидрид: 0,01; Ацетон: 0,01

Тема 20. Обеспечение промышленной безопасности в микроэлектронном производстве

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для определения показателей, обеспечивающих чистоту воздуха в рабочей зоне микроэлектронного производства, реализуемого с использованием вредных и опасных химических веществ.

Теоретические сведения

Большинство технологических процессов в микроэлектронном производстве приводит к локальным выделениям в воздушную среду помещений значительного количества опасных и вредных веществ. В целях ограничения поступления загрязняющих веществ в воздух рабочей зоны помещений и снижения их концентрации в зоне дыхания рабочих обязательным является оборудование машин, технологических линий или рабочих мест средствами местной вентиляции.

Пример решения задачи

Задача 1. Определите нормируемые показатели микроклимата для помещения конструкторского бюро. Средняя температура наружного воздуха $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Решение. Нормируемые показатели микроклимата определяются по санитарным правилам и нормам «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (СанПиН 9-80 РБ 98). Так как среднесуточная температура наружного воздуха $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, то период года холодный. Работу, выполняемую в конструкторском бюро, можно отнести к категории легких I б (работа, выполняемая сидя, стоя или связанная с ходьбой и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, с энерготратами 140–174 Вт). Работу в конструкторском бюро можно отнести к работам операторского типа, связанным с нервно-эмоциональным напряжением. Следовательно, в помещении должны создаваться оптимальные микроклиматические условия.

Вывод: температура воздуха $t = 21$; относительная влажность $\varphi = 40$; скорость движения воздуха $V = 0$.

Задача 2. В результате утечки через неплотности оборудования в воздушную среду рабочего помещения объемом $V = 875$ поступают пары бензола, концентрация которого составляет 15 мг/м^3 , избытки тепла в помещении $Q_{\text{изб}} = 3500$ ккал. Температура воздуха, удаляемого из помещения $+2$, приточного $+1$.

Рассчитать необходимый воздухообмен в производственном помещении, а также кратность воздухообмена, обеспечивающие чистоту воздуха в рабочей зоне в соответствии с требованиями гигиенических норм по бензолу и тепловыделениям.

Решение. Общее количество бензола, поступающего в помещение за 1 ч, оценивается выражением

$$\sigma = q_{\text{факт}} \cdot V_{\text{пом}} \cdot K \text{ м,}$$

где $q_{\text{факт}}$ – фактическая концентрация бензола в воздухе помещения; $V_{\text{пом}}$ – объем помещения, м^3 ; K – коэффициент запаса, учитывающий неравномерность распределения вредностей по объему помещения, $K = 2$.

Тогда

$$\sigma = 15 \cdot 875 \cdot 2 = 26250 \frac{\text{мг}}{\text{ч}}.$$

Для разбавления бензола до предельно допустимой концентрации (ПДК) необходимое количество воздуха $L_{пр}$ определяется из соотношения

$$L_{ПРИТ1} = \frac{\sigma}{K_{ПДК}} \frac{M^3}{ч},$$

где K – значение предельно допустимой концентрации бензола, мг/м³.
Следовательно,

$$L_{ПРИТ1} = \frac{26250}{5} = 5250 \frac{M^3}{ч}.$$

Объем воздуха, необходимый для ассимиляции избытков тепла в помещении, рассчитывается по формуле

$$L_{ПРИТ2} = \frac{Q_{изб}}{C_b \cdot \rho_b \cdot (t_{удл} - t_{прит})} \frac{M^3}{ч},$$

где $Q_{изб}$ – избытки тепла в помещении, ккал/ч; C_b – теплоемкость воздуха, ккал/(кг град); ρ – плотность воздуха, кг/м³; $t_{удл}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения, °С; $t_{прит}$ – температура приточного воздуха, °С.

Тогда

$$L_{ПРИТ2} = \frac{3500}{0,24 \cdot 1,2 \cdot (22 - 16)} = 2025 \frac{M^3}{ч}.$$

Принимается необходимый объем подаваемого воздуха по наибольшему из значений. В данном случае $L_{ПРИТ1} = 5250$ м³.

Кратность воздухообмена в помещении оценивается выражением

$$K = \frac{L}{V_n} \text{ ч}^{-1}.$$

Тогда

$$K = \frac{5250}{875} = 6 \text{ ч}^{-1}.$$

Вывод: необходимый объем подаваемого воздуха составит $5250 \frac{M^3}{ч}$, а кратность воздухообмена 6 ч^{-1} .

Задания для самостоятельной работы

Определите нормативные показатели микроклимата и рассчитайте необходимый воздухообмен в производственном помещении, а также кратность воздухообмена, обеспечивающие чистоту воздуха в рабочей зоне и поддержание нормального физиологического состояния, а также высокой производительности труда рабочих при исходных данных, приведенных в табл. 20.1 и 20.2.

Таблица 20.1

Варианты заданий (1–6)

№ п/п	Параметр	Номер варианта					
		1	2	3	4	5	6
1	Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	8	15	7	12	17	6
2	Объем помещения, м ³	825	975	880	945	1015	890
3	Пары (аэрозоли) вредных веществ, поступающих в рабочую зону	Меди	Формальдегида	Окиси цинка	Фенола	Фтористых соединений	Свинца
4	Концентрация паров (аэрозолей) в воздухе рабочей зоны, кг/м ³	1,5	1,6	8,5	0,7	1,5	0,015
5	Избытки тепла в помещении Q _{изб} , ккал/ч	3000	3500	4000	3800	3600	4100
6	Характеристика выполняемой работы	Изготовление деталей полупроводниковых приборов					
7	Температура воздуха, удаляемого из помещения, °С	22	22	20	23	21	20
8	Температура воздуха, подаваемого приточной вентиляцией, °С	15	17	15	18	16	14
9	Концентрация паров (аэрозолей) вредных веществ в приточном воздухе	Отсутствует					

Таблица 20.2

Варианты заданий (7–12)

№ п/п	Параметр	Номер варианта					
		7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	9	14	6	16	7	14
2	Объем помещения, м ³	935	1020	780	862	1105	890
3	Пары (аэрозоли) вредных веществ, поступающих в рабочую зону	Бензола	Меди	Фенола	Формальдегида	Окиси цинка	Фтористых соединений
4	Концентрация паров (аэрозолей) в воздухе рабочей зоны, кг/м ³	0,8	1,2	6,3	2,5	0,4	1,05

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Избытки тепла в помещении $Q_{\text{изб}}$, ккал/ч	4000	3500	3100	3800	3600	3500
6	Характеристика выполняемой работы	Изготовление деталей полупроводниковых приборов					
7	Температура воздуха, удаляемого из помещения, °С	20	21	22	24	23	22
8	Температура воздуха, подаваемого приточной вентиляцией, °С	14	15	16	18	16	14
9	Концентрация паров (аэрозолей) вредных веществ в приточном воздухе	Отсутствует					

Тема 21. Обеспечение условий труда инженеров

Цель: приобретение практических навыков проведения технических расчетов для обеспечения нормальных условий труда инженеров-наладчиков отдела главного конструктора приборостроительного предприятия.

Теоретические сведения

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных показателей микроклимата производственного помещения.

Пример решения задачи:

Задача. Рассчитайте необходимый воздухообмен для удаления избыточного тепла и кратность воздухообмена в помещении, где проводятся испытания плазменных телевизоров. Мощность, потребляемая одним телевизором, $P = 200$ Вт. Количество рабочих мест $n = 10$. Объем помещения 675 м^3 . В осветительной системе применяется 12 ламп накаливания, мощность одной лампы 150 Вт; светильники открытые подвесные. Площадь остекления помещения $F_{\text{ост}} = 30 \text{ м}^2$. Окна с двойным остеклением и металлическими переплетами выходят на север. Суммарные теплопотери через ограждающие конструкции помещения $Q_{\text{пом}}$ составляют 15 % от суммарных теплопоступлений. Среднесуточная температура наружного воздуха 17 °С .

Решение. Расчет теплоизлучений от телевизоров производится по формуле

$$Q_{\text{теп}} = 860 \cdot P \cdot n \cdot n_1 \cdot n_2 \text{ ккал/ч,}$$

где 860 – тепловой эквивалент $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, т. е. тепло, эквивалентное $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электрической энергии; P – мощность, потребляемая телевизором, кВт; n – количество телевизоров (определяется по числу рабочих мест); n_1 – коэффициент использования установочной мощности радиотехнических устройств ($n_1 = 0,7 - 0,93$), принимаем равным 0,7; n_2 – коэффициент одновременной работы всех телевизоров (принимаем равным 1).

$$Q_{\text{теп}} = 860 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 0,7 \cdot 1 = 1204 \text{ ккал/ч.}$$

Теплопоступления от искусственного освещения оцениваются выражением

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot N_{\text{осв}} \cdot n_3 \text{ ккал/ч,}$$

где $N_{\text{осв}}$ – суммарная мощность осветительной системы, кВт; n_3 – коэффициент использования установочной мощности светильников; для светильников открытых подвесных $n_3 = 0,1$ [26].

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot 0,15 \cdot 12 \cdot 0,1 = 155 \text{ ккал/ч.}$$

Теплопоступления от солнечной радиации рассчитываются из выражения

$$Q_{\text{солн}} = 860 \cdot F_{\text{ост}} \cdot q_{\text{рад}} \cdot A_{\text{ост}} \cdot K \cdot 10^{-3} \text{ ккал/ч,}$$

где $F_{\text{ост}}$ – площадь остекления; $q_{\text{рад}}$ – количество тепла, поступающего в помещение через остекленную поверхность. Для окон с двойным остеклением и металлическими переплетами $q_{\text{рад}} = 93$; $A_{\text{ост}}$ – коэффициент. Для двойного остекления равен 1,15; K – коэффициент, учитывающий загрязнение остекления (примем равным 0,8).

$$Q_{\text{солн}} = 860 \cdot 30 \cdot 0,093 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 2207 \text{ ккал/ч.}$$

Теплопоступления от обслуживающего персонала оцениваются соотношением

$$Q_{\text{п}} = n \cdot q \text{ ккал/ч,}$$

где n – количество работающих в смену; q – количество явного тепла, выделяемого одним человеком, зависит от энергозатрат организма или категории выполняемых работ. При работе общеобменной вентиляции для легкой работы принимаем $q_{\text{л}}^{\text{я}} = 79$ ккал/ч.

$$Q_{\text{п}} = 10 \cdot 79 = 790 \text{ ккал/ч.}$$

Рассчитываются суммарные теплопоступления в помещении:

$$Q_{\text{пост}} = Q_{\text{теп}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{солн}} + Q_{\text{п}} = 1204 + 155 + 2207 + 790 = 4356 \text{ ккал/ч.}$$

Суммарные теплотери в помещении от суммарных теплопоступлений составляют $Q_{\text{гид}} = 4356$ ккал/ч, следовательно,

$$Q_{\text{пот}} = 4356 \cdot 0,15 = 653 \text{ ккал/ч.}$$

Избытки тепла в помещении составят

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{пост}} - Q_{\text{пот}} = 4356 - 653 = 3703 \text{ ккал/ч.}$$

Необходимый воздухообмен в помещении оценивается выражением

$$L_{\text{ПРИТ}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_b \cdot \rho_b \cdot (t_{\text{удл}} - t_{\text{прит}})} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где C_b – теплоемкость воздуха, ккал/(кг град). Она составляет $C_b = 0,24$ (кг град); ρ_b – плотность воздуха, равная $1,2 \text{ кг/м}^3$; $t_{\text{удл}}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения; $t_{\text{прит}}$ – температура приточного воздуха.

$$L_{\text{ПРИТ}} = \frac{3703}{0,24 \cdot 1,2 \cdot (22 - 17)} = 2572 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена в помещении определяется из выражения

$$K = \frac{L}{V_n} \text{ ч}^{-1},$$

где L – количество воздуха, поступающего в помещение за 1 ч, $\text{м}^3/\text{ч}$; V_n – объем помещения, м^3 .

$$K = \frac{2572}{675} = 3,8 \text{ ч}^{-1}.$$

Задания для самостоятельной работы

Определите нормативные показатели микроклимата и рассчитайте необходимый воздухообмен для удаления избыточного тепла, а также кратность воздухообмена для производственного помещения в целях обеспечения нормативных гигиенических условий труда при исходных данных, приведенных в табл. 21.1 и 21.2.

Таблица 21.1

Варианты заданий (1–6)

№ п/п	Параметр	Номер варианта					
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Характеристика выполняемой работы в производственном помещении	Дистанционное управление технологическим процессом	Настройка и ремонт радиоприемной аппаратуры	Конструкторское бюро	Зал с вычислительной техникой	Бюро с документацией	Настройка и ремонт телевизоров
2	Объем помещения, м^3	360	288	480	495	480	650
3	Количество рабочих мест	6	5	7	5	8	6
4	Мощность, потребляемая электрооборудованием на одном рабочем месте, Вт	420	840	300	550	380	250

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Мощность одного источника света (лампа накаливания, газоразрядная лампа), Вт	100	200	150	150	100	150
6	Количество ламп в осветительной установке, п	14	12	11	13	15	10
7	Способ установки светильников в осветительной системе: а) открытые подвесные б) закрытые матовыми стеклами в) встроенные в подвесной потолок	+	+	+	+	+	+
8	Количество тепла, поступающего через оконные проемы, от солнечной радиации ($Q_{\text{солн}}$, ккал/ч)	1290	1006	940	385	1280	940
9	Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	18	15	17	20	18	17
10	Суммарные теплопотери в помещении от суммарных теплопоступлений, %	15	20	22	21	18	21

Таблица 21.2

Варианты заданий (7–12)

№ п/п	Параметр	Номер варианта					
		7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Характеристика выполняемой работы в производственном помещении	Дистанционное управление технологическим процессом	Настройка и ремонт радиоаппаратуры	Конструкторское бюро	Зал с вычислительной техникой	Бюро с документацией	Настройка и ремонт телевизоров
2	Объем помещения, м ³	450	295	520	610	550	380
3	Количество рабочих мест	7	6	8	9	5	7
4	Мощность, потребляемая электрооборудованием на одном рабочем месте, Вт	510	480	360	830	560	420
5	Мощность одного источника света (лампа накаливания, газоразрядная лампа), Вт	150	200	100	150	200	100
6	Количество ламп в осветительной установке, п	12	15	10	13	14	11

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Способ установки светильников в осветительной системе: а) открытые подвесные б) закрытые матовыми стеклами в) встроенные в подвесной потолок	+	+	+	+	+	+
8	Количество тепла, поступающего через оконные проемы, от солнечной радиации ($Q_{\text{солн}}$, ккал/ч)	1290	1006	940	385	1280	940
9	Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	20	18	15	17	20	15
10	Суммарные теплопотери в помещении от суммарных теплопоступлений, %	22	20	18	21	15	18

Тема 22. Исследование эффективности оптических фильтров для защиты персонала приборостроительного предприятия

Цель: ознакомление с программно-обучающим комплексом по исследованию эффективности оптических фильтров: экспериментальная оценка эффективности некоторых способов ослабления лазерного излучения (ЛИ).

Теоретические сведения

Прямое лазерное излучение заключено в ограниченном телесном угле; рассеянное возникает из-за рассеяния за счет вещества, находящегося в составе среды, сквозь которую проходит лазерный луч; зеркально отраженное – отражение от поверхности под углом, равным углу падения излучения; диффузно отраженное – отражение от поверхности по всевозможным направлениям. Нормирование лазерного облучения осуществляется путем установления численных значений параметров излучения, потенциально опасных при облучении критических органов или организма в целом.

Предельно допустимые уровни энергетической экспозиции для роговицы глаза при непрерывном излучении определяются по формулам:

1. Для первичных эффектов

$$H_{\text{п}} = H_1 \cdot K_1, \text{ Дж/см}^2,$$

где H_1 – энергетическая экспозиция на роговице глаза в зависимости от длительности воздействия (t) и углового размера источника излучения (α) при максимальном диаметре зрачка глаза; K_1 – поправочный коэффициент на длину волны лазерного излучения и диаметр зрачка глаза.

Угловой размер источника определяется по формуле

$$\alpha = d \cdot \cos \theta / L \text{ рад,}$$

где d – диаметр источника излучения, м; θ – угол между нормалью к поверхности источника и направлением наблюдения, град; L – расстояние от источника до точки наблюдения, м.

Источник считается точечным при $\alpha < 10^{-3}$ рад.

2. Для вторичных эффектов

$$H_v = 10^{-1} N_2 \cdot \Phi_p \text{ Дж/см},$$

где N_2 – энергетическая экспозиция на роговице глаза в зависимости от длины волны излучения (λ) и диаметра зрачка глаза (d_3); Φ_p – фоновая освещенность роговицы глаза, лк.

Дозиметрия лазерного излучения включает в себя определение значений параметров лазерного излучения в заданной точке пространства с целью выявления степени опасности его для организма человека. Дозиметрия базируется как на расчетных методах, так и на непосредственных измерениях уровней лазерного излучения и сравнения их величин с ПДУ. Дозиметр позволяет измерять энергетические параметры излучений на входе прибора, т. е. уровни облучения роговицы глаза и кожи. В процессе поиска и наведения измерительного прибора на объект излучения должно быть найдено такое положение, при котором регистрируются максимальные уровни лазерного излучения.

При оценке степени опасности облучения кожи лазерным излучением в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм измеряется энергетическая экспозиция облучаемой поверхности, которая сравнивается с ПДУ. При оценке степени опасности облучения глаз лазерным излучением для первичных биологических эффектов следует измерить энергетическую экспозицию (Дж/см^2) на входе прибора (роговицы) и сравнить измеренный уровень с ПДУ облучения для точечного источника. При этом: если измеренный уровень энергетической экспозиции (освещенности) меньше ПДУ, то облучение считается безопасным независимо от геометрии источника; если измеренный уровень излучения превышает ПДУ, то определяется угловой размер источника излучения (λ). Измеренный уровень излучения сравнивается с ПДУ для данного углового размера источника. Облучение глаз прямым лазерным излучением приравнивается к облучению глаз излучением от точечного источника. Для определения уровней облучения глаз и оценки вторичных биологических эффектов подлежащим измерению параметром является энергетическая экспозиция (Дж/см) (энергетическая освещенность, Вт/см) на роговице глаза. Если известно время воздействия, допускается проводить измерение энергетической освещенности ЛИ (Вт/см^2) на роговице с последующим перерасчетом измеренных величин в величины энергетической экспозиции по формуле

$$H_{ep} = E_{ep} \cdot t,$$

где E_{ep} – энергетическая освещенность на роговице (Вт/см); t – время воздействия излучения, с.

Задание для самостоятельной работы

Оцените прямое, зеркально отраженное, диффузно отраженное лазерное излучение. Оцените класс опасности лазера. Определите эффективность светофильтров при прямом виде излучения. Определите расчетным путем влияние освещенности рабочей поверхности (поверхности стола) на опасность лазерного излучения. Подготовьте отчет.

Тема 23. Обеспечение промышленной безопасности путем организации видеонаблюдения за периметром предприятия

Цель: изучение теоретических основ, приобретение практических навыков разработки систем видеонаблюдения с использованием Videocad.

Теоретические сведения

Разработка системы начинается с анализа особенностей ее функционирования. Необходимо определить вид проверочного списка, пример которого представлен в табл. 23.1.

Варианты выбора мест для установок могут быть следующие. Установка 1 охватывает весь объект, в то время как установка 2 направлена на его участок. В условиях ограниченного размера объекта возможен другой выбор: применяется одна установка с соответствующим углом обзора объектива. Оптимальная точка размещения установок такая, чтобы не пришлось использовать экстремально широкоугольный объектив и чтобы при этом не возникали геометрические искажения отдельных участков объекта. Малый угол обзора установки гарантирует показание достоверной информации об отдельном участке.

Таблица 23.1

Исходные данные, необходимые для эргономической оценки системы

Что нужно прояснить	Возможные результирующие решения/заданные величины
1	2
Тип объекта	Невысокая степень опасности / средняя опасность / высшая степень опасности
Число установок в общей сложности и на каждый отдельный участок	Число необходимых установок определяется из индивидуального анализа слабости положения объекта
Число наружных/внутренних установок	Зависит от соответствующей необходимой комплектации
Число установок с постоянным, жестким креплением	Постоянное расположение необходимого горизонтального угла обзора для оптимального охвата объекта и возможность распознавания
Число установок на дистанционно управляемых головках с изменяемой пространственной ориентацией. Позиционирование: да/нет	Выбор подходящих дистанционно управляемых систем и минимального/максимального угла обзора трансфокатора

1	2
Расстояние передачи в центр для каждой отдельной установки. Место расположения центрального блока. Необходимость объединения с системой контроля входа	Выбор подходящей системы передачи и необходимых устройств. Основные критерии для выбора соответствующих центральных блоков
Целесообразность установления специальных приборов	Сенсоры, цифровая память, квадратор, мультиплексор, принтер, аппаратура с длительным временем записи

Шаги проектирования видеосистемы (рис. 23.1) заключаются в следующем:

1. Выбор 1 соответствующего для каждого предусмотренного места монтажа типа камеры, который в каждом случае оптимально подходит для конкретной постановки задачи.

2. Задание величины 2А – внутренней ориентации или 2В – наружной ориентации, определяется при выборе необходимой комплектации камер. Этот пункт должен быть рассмотрен также индивидуально для каждой камеры, т. к. во многих вариантах конфигурации оборудования, как для внутренних, так и для наружных камер, он существует. Ниже на соответствующих шагах, в частности в 2А или 2В, даны указания к принятой в расчет комплектации.

3. Следующее решение: А – жесткий монтаж – или В – монтаж на головке с изменяемой пространственной ориентацией – служит критерием для применяемых монтажных приспособлений 3, типа применяемого объектива 4 и при известных условиях дополнительно необходимых монтажных приспособлений 5.

4. Вне зависимости, имеется ли наружная или внутренняя ориентация, жесткий монтаж или монтаж на головке с изменяемой пространственной ориентацией, осуществляется выбор подходящей системы передачи видео 6.

5. Для камер, которые должны работать на головках с изменяемой пространственной ориентацией (ИПО), осуществляют выбор оптимально подходящей системы дистанционного управления 7. Уже со сложившимся представлением о выборе коммутационного оборудования и центрального блока следует приступить к поиску интегральных системных решений. Если для решения предлагаются, например, системный видеокоммутатор, маленький матричный коммутатор видеосистемы или комплексный матричный коммутатор для видеомодулей, то при соответствующем предложении профессиональной системной видеотехники можно найти подходящее комплексное решение.

6. Далее осуществляют выбор таких устройств, как квадраторы, мультиплексоры, сенсоры и т. д. 8.

7. На заключительном этапе выбирают видеомонитор, а также место для его установки или расположения 9.

При выборе мест монтажа камер рекомендуют выполнить рисунок с расположением камер, по которому можно определить горизонтальный угол обзора камеры и из него фокусное расстояние объектива. Для всех внутренних применений камер справедлив подход, суть которого заключается в том, что место

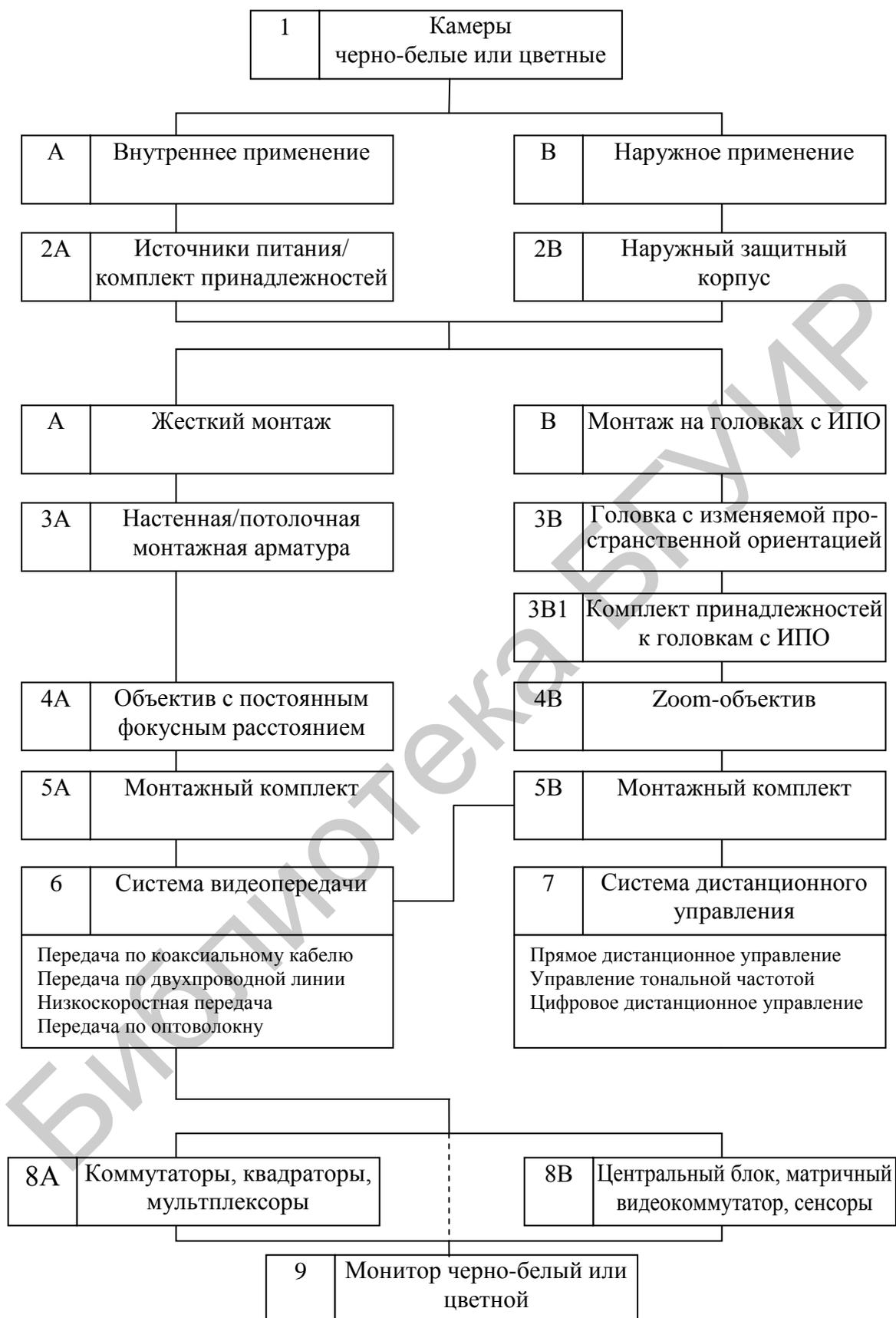


Рис. 23.1. Схема проектирования видеоустановки

монтажа камер нужно выбирать так, чтобы в поле зрения камер не попадали окна и по возможности лампы. Это совершенно необходимо, т. к. регулировка диафрагмы объектива автоматически устанавливается на самую большую освещенность в кадре, и все остальные детали изображения будут воспроизводиться темными.

Задание для самостоятельной работы

Изучите содержание файла «Основы работы в Videocad», а также справку для программы Videocad. Получите у преподавателя план объекта. С помощью программы Videocad разработайте систему наблюдения для полученного объекта согласно рекомендациям. Подготовьте отчет.

Тема 24. Обеспечение промышленной безопасности с применением информационных сигнальных систем

Цель: изучение методики и приобретение практических навыков разработки информационных сигнальных систем с помощью адресно-аналоговой системы «Юнитроник».

Теоретические сведения

Современные информационные сигнальные системы выполняют функции сбора и обработки информации, управления инженерными системами производственного назначения. В настоящее время разработаны информационные сигнальные устройства с подтверждением исправности, предназначенные для работы в адресно-аналоговой системе «Юнитроник» (табл. 24.1). Данные приборы являются аналоговыми устройствами с внешней адресацией: адрес определяется шлейфом сигнализации, в котором он установлен. Это приборы с упрощенной инсталляцией – они не требуют настройки и программирования параметров. Адресно-аналоговая система «Юнитроник» является информационной системой с распределенной логикой, что обеспечивает гибкость ее архитектуры и возможность создавать структуру управления, сбора и обработки информации, максимально приспособленную к архитектуре объекта.

Система «Юнитроник» предназначена для решения следующих задач:

1. Сбор и обработка информации о проникновении, пожаре или неисправностях от пожарных и охранных извещателей (ПИ и ОИ), извещателей состояния (ИС), а также о неисправностях шлейфов сигнализации и других устройств, входящих в состав системы сигнализации.

2. Оповещение дежурного персонала о возникших событиях путем выдачи текстовых, световых и звуковых сообщений на встроенный и дополнительно подключаемый малогабаритный дисплей, а также на выносные устройства оповещения, русифицированный принтер и компьютер с сохранением сообщений в энергонезависимой памяти системы.

3. Управление устройствами пожаротушения (УП) и дымоудаления. Система может работать как автономно, так и в составе сети, объединяющей несколько приборов в единую охранно-пожарную систему, с выводом информации на компьютер.

Список устройств, подключаемых к системе

№ п/п	Наименование, тип устройства	Назначение
1	2	3
1	Извещатель дымовой аналоговый ИП 212-49А пожарный адресно-	1. Измерение уровня дыма в точке установки. 2. Самодиагностика, контроль дымового канала. 3. Контроль и компенсация запыленности
2	Модуль управляющий МА-У	Управление устройствами охранной и пожарной автоматики: 1) выход реле (переключающие контакты 5 А, 220 В); 2) контроль цепи управления и питания одного устройства; 3) ШС для контроля состояния исполнительного устройства
3	Модуль управляющий МА-У4	Управление устройствами охранной и пожарной автоматики: 1) 4 выхода реле (переключающие контакты 5 А, 220 В); 2) контроль цепей управления и питания устройств; 3) последовательное срабатывание реле с интервалом 0...90 с
4	Адресная метка управления оповещением, пожаротушением МА-УОП	Управление устройствами охранной и пожарной автоматики: 1) выход реле (переключающие контакты 3 А, 24 В); 2) контроль шлейфа управления несколькими устройствами
5	Адресная метка охранно-пожарная и контрольная МА-7ТК	1. Контроль шлейфа сигнализации с пожарными, охранными или извещателями состояния с НЗ-контактным выходом. 2. Различает одно и два срабатывания в шлейфе. Максимальное количество охранных извещателей – 8 шт., пожарных – 20 шт.

1	2	3
6	Адресная метка пожарная: МА-7ТС, дополнительное питание 24 В; МА-7ТС.12, питание 12 В; МА-7ТСН, питание 24 В	1. Контроль шлейфа сигнализации с пожарными извещателями с токовым выходом, контроль изъятия извещателей. 2. Различает одно и два срабатывания в шлейфе. 3. Обеспечивает сброс тревоги дымовых извещателей путем кратковременного отключения их питания. Ток потребления извещателей в дежурном режиме – до 1 мА (для МА-7ТСН – от 1 до 2 мА)
7	Адресная метка пожарная: МА-7ТСУ, питание 24 В; МА-7ТСУ.12, питание 12 В	То же, что МА-7ТС, имеет дополнительный выход управления сиреной (открытый коллектор 200 мА) при срабатывании извещателей в своем ШС
8	Модуль адресации охранно-пожарный МА-РК, питание 24 В (12 В)	1. Контроль считывателя Touch Memory (Proximity) для постановки/снятия объекта с охраны или включения автоматики пожаротушения. 2. Контроль шлейфа сигнализации с пожарными, охранными или извещателями состояния с контактным выходом. Максимальное количество охранных извещателей – 8 шт., пожарных – 20 шт.
9	Размыкатель линии РЛ-1	1. Изолятор короткозамкнутого участка информационной линии. 2. Ответвитель линии

Доступ к управлению системой обеспечивается персонифицированными электронными ключами (Touch Memory или карты Proximity). Общее количество ключей доступа не должно превышать 384 на один прибор. Журнал событий АПКП обеспечивает хранение не менее 1790 последних событий с указанием вида происшествия, времени и даты, а также типа извещателя, назначения ключей доступа и имени их владельцев. Информация в памяти сохраняется при отключении основного и резервного питания не менее 10 лет. В приборе имеется возможность устанавливать текущее время и дату, просматривать журнал событий, подключать новые и удалять ненужные ключи доступа, извещатели и модули адресации, управлять текущим состоянием прибора. Обслуживание компонентов системы производится по требованию самой системы и только указанных ею извещателей, модулей и участков шлейфа.

Конфигурирование системы с использованием компьютера. Запустить программу «Конфигуратор» в соответствии с ее описанием. Используя средства интерфейса компьютера и описание программы «Конфигуратор», отредактиро-

вать имеющуюся или создать новую конфигурацию информационной сигнальной системы и сохранить ее на жестком диске. Загрузить полученный файл конфигурации. Программа «Мониторинг» предназначена для объединения нескольких устройств с целью создания единого рабочего места; визуализации планов; сбора информации о произошедших неисправностях и других событиях; выдачи инструкций; управления системой; связи с другими ПК с использованием локальных сетей.

При работе с системой рекомендуют определить основные параметры в следующей последовательности.

1. Руководствуясь типовыми правилами технического содержания установок пожарной автоматики и строительными нормами и правилами, в соответствии с техническим заданием и Руководством по проектированию «Юнитроник» разместить на плане здания необходимое количество пожарных и охраняемых извещателей.

2. Определите тип и необходимое число АУ для обеспечения требуемой информативности, не превышая допустимое количество извещателей на один шлейф сигнализации (см. табл. 24.1). Рекомендуется использовать не менее одного АУ на помещение и при возможности применять адресно-аналоговые пожарные извещатели (АПИ), обеспечивающие более высокую надежность работы системы сигнализации.

3. Определите требуемое количество сигналов управления устройствами пожарной автоматики (УПА). Исходя из этого выбрать тип и количество управляющих АУ, а также количество датчиков контроля состояния устройств (открыто/закрыто, включено/выключено и т. п.). Датчики состояния могут быть подключены к любому АУ в контрольном режиме работы, однако для контроля состояния управляемых устройств удобно использовать дополнительный вход для подключения шлейфа сигнализации, которым снабжены управляющие АУ.

4. Для дистанционного управления включением/выключением пожарной автоматики на объекте, снятия/постановки объекта на охрану необходимо предусмотреть вблизи помещения считыватели Touch Memo или Proximity, а также контроллеры считывателей МА-РК.

5. Объединить АУ в группы («объекты») для группового снятия/постановки на охрану, управления пожарной автоматикой. Каждое АУ в системе обязательно должно быть программно размещено в одном из «объектов», который, как правило, соответствует помещению, пожарной или охранной зоне. В последующем информация о событиях в системе будет привязана к именам этих объектов.

6. Для построения системы противопожарной автоматики в АПКП предусмотрены три уровня управления:

- по событию в данном объекте;
- по событию в любом из объектов в выделенной группе объектов («группе УПА»);
- по событию в любом из объектов АПКП.

Группы УПА формируются исходя из потребности управления устройствами, общими для нескольких объектов (лифтами, вентиляторами, заслонками системы дымоудаления и т. д.). Для управления устройствами, общими для всех объектов АПКП, в приборе предусмотрены 4 реле с переключающими контактами и выход «ОК».

7. Срабатывание реле или открытого коллектора управляющих АУ может быть программно задано по возникновению следующих событий в объекте:

- срабатывание охранного извещателя («Проникновение»);
- постановка на охрану;
- срабатывание автоматического пожарного извещателя («Пожар-1»);
- срабатывание ручного либо двух автоматических пожарных извещателей («Пожар-2»);
- окончание отсчета времени после события «Пожар-2» («Пожар-2 с задержкой»);
- окончание отсчета времени в любом из объектов заданной группы УПА («Пуск УПА»);
- при включении автоматического режима работы пожарной автоматики (для включения таблички «Автоматика включена»).

8. Срабатывание реле или открытого коллектора АПКП может быть программно задано по возникновению перечисленных в п. 7 событий в АПКП, а также по событиям «Пожар/Тревога» – для управления сиреной или по событию «Неисправность».

9. Определить требуемое число АПКП исходя из условий:

- число АУ в одной информационной линии не должно превышать 86 (с учетом резерва адресов в каждой линии не менее 10 % для последующего наращивания системы);
- число объектов не должно превышать 128 на один АПКП;
- количество групп УПА не должно превышать 8 на один АПКП.

10. Определить наиболее подходящее место расположения АПКП, так чтобы максимальное удаление адресных устройств от любой из клемм АПКП по длине информационной линии не превышало 1000 м.

11. Выбрать схемы включения информационных линий: «луч», «кольцо» или «кольцо с ответвлениями». При этом следует иметь в виду, что кольцевая схема обеспечивает более высокую надежность работы системы за счет сохранения связи с устройствами при одиночном обрыве информационной линии. Структура линии «кольцо с ответвлениями» обладает наиболее высокой защищенностью, т. к. позволяет сохранять связь с устройствами при множественных обрывах в ответвлениях. При этом кольцевая часть линии должна быть проложена в защищенных местах с ограниченным доступом.

Задание для самостоятельной работы

Изучите техническое описание «Юнитроник». Получите у преподавателя план объекта. С помощью программы «Конфигуратор» для «Юнитроник» создайте новую конфигурацию информационной сигнальной системы для полученного объекта. Сохраните файл с базой на жестком диске. Загрузите полученный файл конфигурации в программу «Мониторинг» для «Юнитроник». Проверьте работу системы в автономном режиме. Подготовьте отчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, Н. В. Основы профессионального психофизиологического отбора / Н. В. Макаренко, Б. А. Пухов, Н. В. Кольченко. – Киев : Наукова думка, 1987.
2. Шадриков, В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности / В. Д. Шадриков. – М. : Изд. корпорация «Логос», 2007.
3. Гурьев, Н. В. Профессиональный отбор военнослужащих в подразделениях пограничных войск: метод. рекомендации: учеб.-метод. пособие для курсантов фак. погран. войск при Воен. акад. Респ. Беларусь / Н. В. Гурьев. – Минск : ВА РБ, 1999.
4. Райгородский, Д. Я. Психодиагностика профессионального подбора кадров. Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учеб. пособие / Д. Я. Райгородский. – Самара : Изд. дом «БАХРАХ», 1998.
5. Яшин, К. Д. Информационные ресурсы для определения степени развития профессионально-значимых качеств операторов / К. Д. Яшин, В. В. Егоров, М. Ел-Грейд // Управление информационными ресурсами: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 10 февр. 2011 г. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь; редкол. : А. В. Ивановский [и др.]. – Минск, 2011.
6. Оценка противоаварийных тренировок оперативнодиспетчерского персонала энергосистем / А. Ф. Дьяков [и др.] // Электрические станции. – 1997. – № 2.
7. ТКП/ПР XXX-2011 «Категорирование зданий, помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://www.mchs.gov.by/_modules/_cfiles/files/ТКР.ТР_XXX_2011_1.pdf.
8. Шупейко, И. Г. Методические указания к практическому занятию по курсу «Безопасность жизнедеятельности человека» на тему «Категорирование производств по взрывопожарной опасности» для студ. всех спец. / И. Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 1994.
9. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. НПБ 5–2000»: [утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28 декабря 2000 г. №36] // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2001. – №20 [8/4924].
10. Асаенок, И. С. Оценка акустического загрязнения производственной и окружающей природной среды: метод. пособие к практ. занятиям по дисциплине «Охрана труда и основы экологии» для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР / И. С. Асаенок, А. И. Навоша, А. И. Машкович. – Минск : БГУИР, 2002.
11. СанПиН от 16.11.2011 №115. Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – Введ. 01.01.2012. – Минск : Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. – 22 с.

12. Дунаева, Г. М. Инженерные расчеты по защите от шума: метод. указания / Г. М. Дунаева, В. И. Жалковский. – Минск : БГУИР, 1988.
13. Шакиров, Р. С. Акустический режим городов и пути его улучшения / Р. С. Шакиров, Т. Ф. Михнюк, В. И. Жалковский. – Минск: БелНИИТИ, 1986.
14. Шумовое загрязнение окружающей среды : аналит. обзор // Экология человека. Вып. 4. – М.: ВНИИЦ, 1981.
15. СНБ 2.04.05–98. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – Взамен СНиП II-4-79; введ. 1998–07–01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 58 с.
16. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг [и др.]; под ред. Г. М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
17. Щербина, Н. В. Охрана труда. Проектирование и расчет производственного освещения : метод. пособие для студ. всех спец. и форм обуч. БГУИР / Н. В. Щербина, Д. А. Мельниченко, А. В. Копыток. – Минск: БГУИР, 2009.
18. ГОСТ 6825-91. Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения. – Введен в действие 01.01.1993 взамен ГОСТ 6825-74. – Дата издания 19.12.1991. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Государственный стандарт Союза ССР, 1992.
19. Михнюк, Т. Ф. Электробезопасность: учеб. пособие к практическим занятиям по курсу «Охрана труда» для студ. всех специальностей и форм обучения БГУИР / Т. Ф. Михнюк. – Минск: БГУИР, 2004.
20. Сидоров, Т. П. Правила устройства электроустановок / Т. П. Сидоров, 7-е изд. – М.: Энергосервис, 2009.
21. Шакиров, Р. С. Инженерные методы защиты окружающей среды : метод. пособие по курсу «Охрана труда и окружающей среды» для студ. всех радиотехнических специальностей / Р. С. Шакиров, Т. Ф. Михнюк, Г. М. Дунаева. – Минск : МРТИ, 1985.
22. СанПиН 9-80 РБ 98. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Утверждено постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 25.03.1999 №9-80-98. – Дата введения – с момента опубликования.
23. Навоша, А. И. Нормализация воздушной среды в производственных помещениях : метод. пособие к практич. занятиям по дисциплине «Охрана труда и основы экологии» для студ. всех спец. БГУИР / А. И. Навоша, Г. М. Дунаева, А. И. Машкович. – Минск : БГУИР, 2002.
24. Жалковский, В. И. Примеры и расчеты по курсу БЖЧ : метод. пособие / В. И. Жалковский, Г. М. Дунаева. – Минск : МРТИ, 1993.
25. Эргономическое обеспечение информационных систем и технологий : лаб. практикум и метод. пособие к практич. занятиям для студ. Спец. I-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» / К. Д. Яшин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2010.

26. Михнюк, Т. Ф. Защита от электромагнитных полей радиочастотного диапазона : учеб. пособие для студ. спец. и форм обучения БГУИР / Т. Ф. Михнюк. – Минск : БГУИР, 2003.

27. Санитарные правила и нормы работы с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона. – Минск: Мин-во здравоохранения РБ, 1994. Утв. 11.09.94. №11-17-94.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Яшин Константин Дмитриевич
Щербина Наталья Витальевна
Осипович Виталий Семенович и др.

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ,
ЭРГНОМИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА.
ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *Е. И. Герман*
Корректор *Е. Н. Батурчик*

Компьютерная правка, оригинал-макет *А. А. Лысеня*

Подписано в печать 09.01.2014. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 70 экз. Заказ 3.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6.