

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж имени С.И. Мосина



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим и самостоятельным работам

по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика»


для специальности:
09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

Тула 2022

УТВЕРЖДЕНЫ

Цикловой комиссией естественнонаучных дисциплин

Протокол от «13» 01 2022 г. № 6

Председатель цикловой комиссии  Е.А.Рейм

Авторы: Воронцова Н.В., преподаватель, к.т.н.

Рецензенты: Миляева И.В, начальник отдела педагогических инноваций
Технического колледжа им С.И. Мосина ТулГУ.

Тема 1.1 Основы теории вероятности

Занятие 1. Решение задач на классическое и статистическое определение вероятности

1. Теоретическая часть

Классическое определение вероятности

Существует простой способ определения вероятности события, основанный на равновозможности любого из конечного числа исходов опыта. Пусть проводится опыт с n исходами, которые можно представить в виде *полной группы несовместных равновозможных событий*. Такие исходы называются *случаями, шансами, элементарными событиями*, опыт — *классическим*. Про такой опыт говорят, что он сводится к *схеме случаев* или *схеме урн* (ибо вероятностную задачу для такого опыта можно заменить эквивалентной ей задачей с урнами, содержащими шары разных цветов).

Случай ω , который приводит к наступлению события A , называется *благоприятным* (или — *благоприятствующим*) ему, т.е. случай ω влечет событие A : $\omega \in C A$.

Вероятностью события A называется отношение числа m случаев, благоприятствующих этому событию, к общему числу n случаев, т.е.

$$P(A) = \frac{m}{n}, \quad (1.3)$$

Наряду с обозначением $P(A)$ для вероятности события A используется обозначение p , т.е. $p = P(A)$.

Из классического определения вероятности (1.3) вытекают следующие свойства: 1. Вероятность любого события заключена между нулем и единицей, т.е.

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

2. Вероятность невозможного события равна нулю, т.е.

$$P(\emptyset) = 0.$$

3. Вероятность достоверного события равна единице, т.е. $P(\Omega) = 1$

4. Вероятность суммы несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий, т.е. если $A \cap B = \emptyset$, то

$$P(A + B) = P(A) + P(B).$$

Они проверяются так же, как и для относительной частоты (п. 1.5). В настоящее время свойства вероятности определяются в виде аксиом (см. п. 1.11).

Пример 1.6. В урне (емкости) находятся 12 белых и 8 черных шаров. Какова вероятность того, что наудачу вынутый шар будет белым?

Решение: Пусть A — событие, состоящее в том, что вынут белый шар. Ясно, что $n = 12 + 8 = 20$ — число всех равновозможных случаев (исходов опыта). Число случаев, благоприятствующих событию A , равно 12, т.е. $m = 12$.

Следовательно, по формуле (1.3) имеем: $P(A) = \frac{12}{20}$, т.е. $P(A) = 0,6$

Статистическое определение вероятности

Для математического изучения случайного события необходимо ввести какую-либо количественную оценку события. Понятно, что одни события имеют больше шансов («более вероятны») наступить, чем другие. Такой оценкой является *вероятность события*, т. е. число, выражающее степень возможности его появления в рассматриваемом опыте. Математических определений вероятности существует несколько, все они дополняют и обобщают друг друга.

Рассмотрим опыт, который можно повторять любое число раз (говорят: «проводятся повторные испытания»), в котором наблюдается некоторое событие A .

Статистической вероятностью события A называется число, около которого колеблется относительная частота события A при достаточно большом числе испытаний (опытов).

Вероятность события A обозначается символом $P\{A\}$. Согласно данному определению $P(A) \approx P^*(a) = \frac{n_A}{n}$

Математическим обоснованием близости относительной частоты $P^*(A)$ и вероятности $P(A)$ некоторого события A служит теорема Я. Вернул ли (см. п. 5.3).

Вероятности $P(A)$ приписываются свойства 1-4 относительной частоты:

1. Статистическая вероятность любого события заключена между нулем и единицей, т. е.

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

2. Статистическая вероятность невозможного события равна нулю, т. е.

$$P(\emptyset) = 0.$$

3. Статистическая вероятность достоверного события равна единице,

т. е. $P(\Omega) = 1$.

4. Статистическая вероятность суммы несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий, т. е. если $A \cdot B = 0$, то

$$P(A + B) = P(A) + P(B).$$

Статистический способ определения вероятности, опирающийся на реальный опыт, достаточно полно выявляет содержание этого понятия. Некоторые ученые (Р. Мизес и другие) считают, что эмпирическое определение вероятности (т. е. $p = \lim \frac{n_A}{n}$) следует считать основным определением вероятности.

Недостатком статистического определения является неоднозначность статистической вероятности; так в примере с бросанием монеты (п. 1.5) в качестве вероятности можно принять не только число 0,5, но и 0,49 или 0,51 и т. д. Для надежного определения вероятности нужно проделать большое число испытаний (опытов), что не всегда просто (или дешево).

2. Практическая часть

1. Брошены две игральные кости. Найти вероятность того, что сумма очков на выпавших гранях — четная, причем на грани хотя бы одной из костей появится шестерка.

Решение. На выпавшей грани «первой» игральной кости может появиться одно очко, два очка, ..., шесть очков. Аналогичные шесть элементарных исходов возможны при бросании «второй» кости. Каждый из исходов бросания «первой» кости может сочетаться с каждым из исходов бросания «второй». Таким образом, общее число возможных элементарных исходов испытания равно $6 \cdot 6 = 36$. Эти исходы единственно возможны и, в силу симметрии костей, равновозможны.

Решение: Благоприятствующими интересующему нас событию (хотя бы на одной грани появится шестерка, сумма выпавших очков — четная) являются следующие пять исходов (первым записано число очков, выпавших на «первой» кости, вторым — число очков, выпавших на «второй» кости; далее найдена сумма очков):

- 1) 6, 2; $6 + 2 = 8$, 4) 2, 6; $2 + 6 = 8$,
2) 6, 4; $6 + 4 = 10$, 5) 4, 6; $4 + 6 = 10$.
3) 6, 6; $6 + 6 = 12$,

Искомая вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих событию, к числу всех возможных элементарных исходов:

$$P = \frac{5}{36}.$$

2. При перевозке ящика, в котором содержались 21 стандартная и 10 нестандартных деталей, утеряна одна деталь, причем неизвестно какая. Наудачу извлеченная (после перевозки) из ящика деталь оказалась стандартной. Найти вероятность того, что была утеряна: а) стандартная деталь; б) нестандартная деталь.

Решение, а) Извлеченная стандартная деталь, очевидно, не могла быть утеряна; могла быть потеряна любая из остальных тридцати деталей ($21 + 10 = 30$), причем среди них было 20 стандартных ($21 - 1 = 20$).

Вероятность того, что была потеряна стандартная деталь

$$P = \frac{20}{30} = \frac{2}{3}.$$

б) Среди тридцати деталей, каждая из которых могла быть утеряна, было 10 нестандартных. Вероятность того, что потеряна нестандартная деталь,

$$P = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}.$$

3. Задумано двузначное число, цифры которого различны. Найти вероятность того, что задуманным числом окажется: а) случайно названное двузначное число; б) случайно названное двузначное число, цифры которого различны.

Отв. а) $P = 1/90$; б) $P = 1/81$.

4. Брошены две игральные кости. Найти вероятность того, что сумма очков на выпавших гранях равна семи.

Отв. $P = 1/6$.

5. Брошены две игральные кости. Найти вероятности следующих событий: а) сумма выпавших очков равна восьми, разность — четырем; б) сумма выпавших очков равна восьми, если известно, что их разность равна четырем.

Отв. а) $P = 1/18$; б) $P = 1/2$.

6. Брошены две игральные кости. Найти вероятность того, что сумма очков на выпавших гранях равна пяти, а произведение — четырем.

Отв. $P = 1/18$.

7. Монета брошена два раза. Найти вероятность того, что хотя бы один раз появится «герб».

Отв. $P = 3/4$.

8. В коробке содержится 6 одинаковых, пронумерованных кубиков. Наудачу по одному извлекают все кубики. Найти вероятность того, что номера извлеченных кубиков появятся в возрастающем порядке.

Отв. $P = 1/720$.

9. Найти вероятность того, что при бросании трех игральных костей шестерка выпадает на одной (безразлично какой) кости, если на гранях двух других костей выпадет различное число очков (не равное шести).

Решение. Общее число элементарных исходов испытания равно числу сочетаний из шести элементов по три, т. е. C_6^3 .

Число исходов, благоприятствующих появлению шестерки на одной грани и различного числа очков (не равного шести) на гранях двух других костей, равно числу сочетаний из пяти элементов по два, т. е. C_5^2 .

Искомая вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих интересующему нас событию, к общему числу возможных элементарных

$$P = \frac{C_5^2}{C_6^3} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3}{1 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4} = \frac{1}{2}.$$

10. В пачке 20 перфокарт помеченных номерами 101, 102, ..., 120 и произвольно расположенных Перфораторщица наудачу извлекает две карты. Найти вероятность того, что будут извлечены перфокарты с номерами 101 и 120.

Отв. $P = 1/C_{20}^2 = 1/190$.

11. В ящике содержится 10 одинаковых деталей, помеченных номерами 1, 2, ..., 10. Наудачу извлечены 6 деталей. Найти вероятность того, что среди извлеченных деталей окажутся: а) деталь № 1; б) детали № 1 и № 2.

Решение, а) Общее число возможных элементарных исходов испытания равно числу способов, которыми можно извлечь 6 деталей из десяти, т. е. C_{10}^6 .

Подсчитаем число исходов, благоприятствующих интересующему нас событию: среди отобранных шести деталей есть деталь № 1 и, следовательно, остальные 5 деталей имеют другие номера. Число таких исходов, очевидно, равно числу способов, которыми можно отобрать 5 деталей из оставшихся девяти, т. е. C_9^5 .

Искомая вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих рассматриваемому событию, к общему числу возможных элементарных исходов:

$$P = \frac{C_4^1}{C_{10}^4} = \frac{C_4^1}{C_{10}^4} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7} = 0,6.$$

б) Число исходов, благоприятствующих интересующему нас событию (среди отобранных деталей есть детали № 1 и № 2, следовательно, 4 детали имеют другие номера), равно числу способов, которыми можно отобрать 4 детали из оставшихся восьми деталей, т. е. C_8^4 .

Искомая вероятность

$$P = \frac{C_4^1}{C_8^4} = \frac{C_4^1}{C_{10}^4} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7} = \frac{1}{3}.$$

12. а) ящике имеется 15 деталей, среди которых 10 окрашенных. Сборщик наудачу извлекает 3 детали. Найти вероятность того, что извлеченные детали окажутся окрашенными.

Отв. $P = C_{10}^3 / C_{15}^3 = 24/91$.

13. В конверте среди 100 фотокарточек находится одна разыскиваемая. Из конверта наудачу извлечены 10 карточек. Найти вероятность того, что среди них окажется нужная.

Отв. $P = C_{10}^1 / C_{100}^1 = 0,1$.

14. В ящике 100 деталей, из них 10 бракованных. Наудачу извлечены 4 детали. Найти вероятность того, что среди извлеченных деталей: а) нет бракованных; б) нет годных.

Отв. а) $P = \frac{C_{90}^4}{C_{100}^4} = 0,65$; б) $P = \frac{C_{10}^4}{C_{100}^4} = 0,00005$.

15. Устройство состоит из 5 элементов, из которых 2 изношены. При включении устройства включаются случайным образом 2 элемента. Найти вероятность того, что включенными окажутся неизношенные элементы.

Отв. $P = \frac{C_3^2}{C_5^2} = 0,3$.

16. Набирая номер телефона, абонент забыл последние три цифры и, помня лишь, что эти цифры различны, набрал их наудачу. Найти вероятность того, что набраны нужные цифры.

Отв. $P = 1 / A_{10}^3 = 1/720$.

17. В партии из N деталей имеется n стандартных. Наудачу отобраны m деталей. Найти вероятность того, что среди отобранных деталей ровно k стандартных.

Решение. Общее число возможных элементарных исходов испытания равно числу способов, которыми можно извлечь m деталей из N деталей, т. е. C_N^m — числу сочетаний из N элементов по m .

Подсчитаем число исходов, благоприятствующих интересующему нас событию (среди m деталей ровно k стандартных): k стандартных деталей можно взять из n стандартных деталей C_n^k способами; при этом остальные $m-k$ деталей должны быть нестандартными: взять же $m-k$ нестандартных деталей из $N-n$ нестандартных деталей можно C_{N-n}^{m-k} способами. Следовательно, число благоприятствующих исходов равно $C_n^k * C_{N-n}^{m-k}$.

Искомая вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих событию, к числу всех элементарных исходов:

$$P = \frac{C_n^k \cdot C_{N-n}^{m-k}}{C_N^m}.$$

18. В цехе работают 6 мужчин и 4 женщины. По табельным номерам наудачу отобраны 7 человек. Найти вероятность того, что среди отобранных лиц окажутся 3 женщины.

Отв. $P = \frac{C_3^3 \cdot C_4^4}{C_7^7} = 0,5.$

19. На складе имеется 15 кинескопов, причем 10 из них изготовлены Львовским заводом. Найти вероятность того, что среди пяти взятых наудачу кинескопов окажутся 3 кинескопа Львовского завода.

Отв. $P = C_{10}^3 \cdot C_5^2 / C_{15}^5 \approx 0,4.$

20. В группе 12 студентов, среди которых 8 отличников. По списку наудачу отобраны 9 студентов. Найти вероятность того, что среди отобранных студентов 5 отличников.

Отв. $P = C_8^5 \cdot C_4^4 / C_{12}^9 = 14/55.$

21. В коробке 5 одинаковых изделий, причем 3 из них окрашены. Наудачу извлечены 2 изделия. Найти вероятность того, что среди двух извлеченных изделий окажутся: а) одно окрашенное изделие; б) два окрашенных изделия; в) хотя бы одно окрашенное изделие.

Отв. а) $P = C_3^1 \cdot C_2^1 / C_5^2 = 0,6;$ б) $P = C_3^2 / C_5^2 = 0,3;$ в) $P = 0,9.$

22. В «секретном» замке на общей оси 4 диска, каждый из которых разделен на 5 секторов, на которых написаны различные цифры. Замок открывается только в том случае, если диски установлены так, что цифры на них составляют определенное четырехзначное число. Найти вероятность того, что при произвольной установке дисков замок будет открыт.

Отв. $P = 1/5^4.$

23. Отдел технического контроля обнаружил 5 бракованных книг в партии из случайно отобранных 100 книг. Найти относительную частоту появления бракованных книг.

Решение. Относительная частота события A (появление бракованных книг) равна отношению числа испытаний, в которых появилось событие A , к общему числу произведенных испытаний:

$$W(A) = \frac{5}{100} = 0,05.$$

24. По цели произведено 20 выстрелов, причем зарегистрировано 18 попаданий. Найти относительную частоту попаданий в цель.

Отв. $W = 0,9.$

3 Задания для самостоятельной работы

1. Доказать формулы: 1) $B = A \cdot B + \bar{A} \cdot B$; 2) $(A+C) \cdot (B+C) = A \cdot B + C$; 3) $\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}.$

2. Пусть A , B и C — три произвольных события. Выразить через них следующие события: а) произошли все три события; б) произошло только C ; в) произошло хотя бы одно из событий; г) ни одного события не

произошло; д) произошли A и B , но C не произошло; е) произошло одно из этих событий; ж) произошло не более двух событий,

3. Релейная схема (рис. 7) состоит из 6 элементов. Пусть события A_i ($i=1,6$) состоят в том, что соответствующие элементы работают безотказно в течение времени T . Выразить через A_i событие, состоящее в том, что схема за время T работает безотказно.

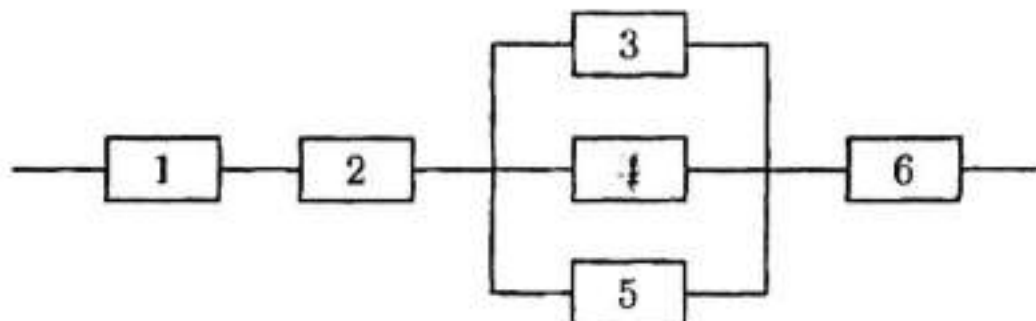


Рис. 7

1. Найти вероятность того, что в наудачу написанном двузначном числе цифры разные.

2. Набирая номер телефона, абонент забыл 2 последние цифры и набрал их наугад. Найти вероятность того, что набраны нужные цифры. 7. Для проведения соревнования 10 команд, среди которых 3 лидера, путем жеребьевки распределяются на 2 группы по 5 команд в каждой. Какова вероятность того, что 2 лидера попадут в одну группу, 1 лидер в другую

8. Из колоды карт (их 36) наугад вынимают 2 карты. Найти вероятность, что среди них окажется хотя бы одна «дама».

Занятие 2. Решение задач на геометрическое определение вероятности

1. Теоретическая часть

Геометрическое определение вероятности

Геометрическое определение вероятности применяется в случае, когда исходы опыта равновозможны, а ПЭС (или Ω) есть бесконечное несчетное множество. Рассмотрим на плоскости некоторую область Ω имеющую площадь S_Ω , и внутри области Ω область D с площадью S_D (см. рис. 8).

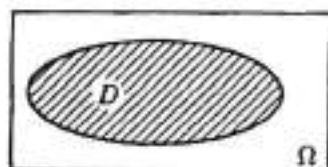


Рис. 8

В области Ω случайно выбирается точка X . Этот выбор можно интерпретировать как бросание точки X в область Ω . При этом попадание точки в область Ω — достоверное событие, в D — случайное.

Предполагается, что все точки области Ω равноправны (все элементарные события равновозможны), т. е. что брошенная точка может попасть в любую точку области Ω и вероятность попасть в область D пропорциональна площади этой области и не зависит от ее расположения и формы. Пусть событие $A = \{X \in D\}$, т.е. брошенная точка попадет в область D .

Геометрической вероятностью события A называется отношение площади области D к площади области Ω , т.е.

$$P(A) = \frac{S_D}{S_\Omega}. \quad (1.15)$$

Геометрическое определение вероятности события применимо и в случае, когда области Q и D обе линейные или объемные. В первом случае

$$P(A) = \frac{l_D}{l_\Omega}, \quad (1.16)$$

во втором —

$$P(A) = \frac{V_D}{V_\Omega}, \quad (1.17)$$

где l — длина, а V — объем соответствующей области.

Все три формулы ((1.15)), ((1.16)), ((1.17)) можно записать в виде

$$P(A) = \frac{\text{mes } D}{\text{mes } \Omega}, \quad (1.18)$$

где через mes обозначена мера (S, l, V) области.

Геометрическая вероятность обладает всеми свойствами, присущими классическому (и другим) определению:

1. Геометрическая вероятность любого события заключена между нулем и единицей, т. е.

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

2. Геометрическая вероятность невозможного события равна нулю, т.е.

$$P(\emptyset) = 0.$$

3. Геометрическая вероятность достоверного события равна единице, т.е.

$$P(\Omega) = 1.$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B).$$

Проверим, например, свойство 4: пусть $A = \{x \in D_1\}$, $B = \{x \in D_2\}$, где $D_1 \cdot D_2 = \emptyset$, т.е. D_1 и D_2 непересекающиеся области.

$$\text{Тогда } P(A + B) = \frac{S_{D_1 + D_2}}{S_\Omega} = \frac{S_{D_1}}{S_\Omega} + \frac{S_{D_2}}{S_\Omega} = P(A) + P(B).$$

2. Практическая часть

1. На отрезке L длины 20 см помещен меньший отрезок I длины 10 см. Найти вероятность того, что точка, наудачу поставленная на больший отрезок, попадет также и на меньший отрезок. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

Отв. $P=1/2$.

2. На отрезок OA длины L числовой оси Ox наудачу поставлена точка $B(x)$. Найти вероятность того, что меньший из отрезков OB и BA будет иметь длину, большую, чем $1/3$. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения на числовой оси.

$$\text{Отв. } P = \frac{L/3}{L} = \frac{1}{3}.$$

3. В круг радиуса R помещен меньший круг радиуса r . Найти вероятность того, что точка, наудачу брошенная в большой круг, попадет также и в малый круг. Предполагается, что вероятность попадания точки в круг пропорциональна площади круга и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P = r^2/R^2.$$

4. Плоскость разграфлена параллельными прямыми, находящимися друг от друга на расстоянии $2a$. На плоскость наудачу брошена монета радиуса $r < a$. Найти вероятность того, что монета не пересечет ни одной из прямых.

$$\text{Отв. } P = (2a - 2r)/2a = (a - r)/a.$$

5. На плоскость с нанесенной сеткой квадратов со стороной a наудачу брошена монета радиуса $r < a/2$. Найти вероятность того, что монета не пересечет ни одной из сторон квадрата. Предполагается, что вероятность попадания точки в плоскую фигуру пропорциональна площади фигуры и не зависит от ее расположения.

$$\text{Отв. } P = (a - 2r)^2/a^2.$$

6. На плоскость, разграфленную параллельными прямыми, отстоящими друг от друга на расстоянии b см, наудачу брошен круг радиуса 1 см. Найти вероятность того, что круг не пересечет ни одной из прямых. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P = (b - 2)/b = 2/3.$$

7. На плоскости начерчены две концентрические окружности, радиусы которых 5 см и 10 см соответственно. Найти вероятность того, что точка, брошенная наудачу в большой круг, попадет также и в кольцо, образованное построенными окружностями. Предполагается, что вероятность попадания точки в плоскую фигуру пропорциональна площади этой фигуры и не зависит от ее расположения.

$$\text{Отв. } P = (10^2 - 5^2)/10^2 = 0,75.$$

8. Внутри круга радиуса R наудачу брошена точка. Найти вероятность того, что точка окажется внутри вписанного в круг: а) квадрата; б) правильного треугольника. Предполагается, что вероятность попадания точки в часть круга пропорциональна площади этой части и не зависит от ее расположения относительно круга.

$$\text{Отв. а) } P = 2/\pi; \text{ б) } P = 3\sqrt{3}/4\pi.$$

9. Быстро вращающийся диск разделен на четное число равных секторов, попеременно окрашенных в белый и черный цвет. По диску произведен выстрел. Найти вероятность того, что пуля попадет в один из белых секторов. Предполагается, что вероятность попадания пули в

плоскую фигуру пропорциональна площади этой фигуры.

Отв. $P = 0,5\pi R^2 / \pi R^2 = 0,5$.

10. На отрезке OA длины L числовой оси Ox наудачу поставлены две точки $B(x)$ и $C(y)$, причем $y \geq x$. (Координата точки C для удобства дальнейшего изложения обозначена через y .) Найти вероятность того, что длина отрезка BC будет меньше длины отрезка OB (рис. 1, а). Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине этого отрезка и не зависит от его расположения на числовой оси.

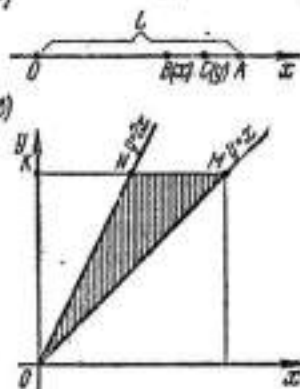


Рис. 1.

Решение. Координаты точек B и C должны удовлетворять неравенствам $0 \leq x \leq L$, $0 \leq y \leq L$, $y \geq x$. Введем в рассмотрение прямоугольную систему координат xOy . В этой системе указанным неравенствам удовлетворяют координаты любой точки, принадлежащей прямоугольному треугольнику OKM (рис. 1, б). Таким образом, этот треугольник можно рассматривать как фигуру G , координаты точек которой представляют соответственно все возможные значения координат точек B и C . Длина отрезка BC должна быть меньше длины отрезка OB , т. е. должно иметь место неравенство

$$y - x < x,$$

или, что то же,

$$y < 2x.$$

Последнее неравенство выполняется для координат тех точек фигуры G (прямоугольного треугольника OKM), которые лежат ниже прямой $y = 2x$ (прямая ON). Как видно из рис. 1, б, все эти точки принадлежат заштрихованному треугольнику ONM .

Таким образом, этот треугольник можно рассматривать как фигуру g , координаты точек которой являются благоприятствующими интересующему нас событию (длина отрезка BC меньше длины отрезка OB).

Искомая вероятность

$$P = \frac{\text{Пл. } g}{\text{Пл. } G} = \frac{\text{Пл. } ONM}{\text{Пл. } OKM} = \frac{1}{2}.$$

11. На отрезке OA длины L числовой оси Ox наудачу поставлены две точки $B(x)$ и $C(y)$. Найти вероятность того, что длина отрезка BC будет меньше расстояния от точки O до ближайшей к ней точки. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения на числовой оси.

Отв. Возможные значения координат: $0 \leq x \leq L$, $0 \leq y \leq L$; благоприятствующие значения: $y - x < x$, $y > x$; $x - y < y$, $y < x$; $p = 1/2$.

12. На отрезке OA длины L числовой оси Ox наудачу поставлены две точки $B(x)$ и $C(y)$, причем $y > x$. Найти вероятность того, что длина отрезка BC окажется меньше, чем $L/2$. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине и не зависит от его расположения на числовой оси.

Отв. Возможные значения координат: $0 \leq x \leq L$; $0 \leq y \leq L$,
 $y \geq x$; благоприятствующие значения координат: $y - x < L/2$; $p = 0,75$.

13. На отрезке OA длины L числовой оси Ox наудачу поставлены две точки $B(x)$ и $C(y)$. Найти вероятность того, что длина отрезка BC окажется меньше, чем $L/2$. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения на числовой оси.

Отв. Возможные значения координат: $0 \leq x \leq L$; $0 \leq y \leq L$,
благоприятствующие значения координат: $y - x < L/2$, $y > x$; $x - y < L/2$, $y < x$; $p = 0,75$.

3 Задания для самостоятельной работы

1. В круг радиуса R вписан правильный треугольник. Найти вероятность того, что точка, брошенная в этот круг, попадет в данный треугольник.
2. На отрезке $[0,5]$ случайно выбирается точка. Найти вероятность того, что расстояние от нее до правого конца отрезка не превосходит 1,6 единиц.
3. Стержень длины 1 разломан в двух наугад выбранных точках. Найти вероятность того, что из полученных отрезков можно составить треугольник.

Тема 1.2. Вероятности сложных событий

Занятие 3 Применение теоремы сложения и умножения к вычислению вероятностей

1 Теоретическая часть

Теорема сложения вероятностей несовместных событий.

Вероятность появления одного из двух несовместных событий, безразлично какого, равна сумме вероятностей этих событий:

$$P(A+B) = P(A) + P(B).$$

Следствие. Вероятность появления одного из нескольких попарно несовместных событий, безразлично какого, равна сумме вероятностей этих событий:

Теорема сложения вероятностей совместных событий. *Вероятность появления хотя бы одного из двух совместных событий равна сумме вероятностей этих событий без вероятности их совместного*

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB).$$

Теорема может быть обобщена на любое конечное число совместных событий. Например, для трех совместных событий:

$$P(A+B+C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(AB) - P(AC) - P(BC) + P(ABC).$$

Теорема умножения вероятностей независимых событий. *Вероятность совместного появления двух независимых событий равна произведению вероятностей этих событий:*

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B).$$

Следствие. Вероятность появления нескольких событий, независимых в совокупности, равна произведению вероятностей этих событий:

$$P(A_1 A_2 \dots A_n) = P(A_1) \cdot P(A_2) \dots P(A_n).$$

Теорема умножения вероятностей зависимых событий. Вероятность совместного появления двух зависимых событий равна произведению одного из них на условную вероятность второго:

$$P(AB) = P(A) \cdot P_A(B),$$

$$P(AB) = P(B) \cdot P_B(A).$$

Следствие. Вероятность совместного появления нескольких зависимых событий равна произведению вероятности одного из них на условные вероятности всех остальных, причем вероятности каждого последующего события вычисляются в предположении, что все предыдущие события уже появились:

$$P(A_1 A_2 A_3 \dots A_n) = P(A_1) \cdot P_{A_1}(A_2) \cdot P_{A_1 A_2}(A_3) \dots P_{A_1 A_2 \dots A_{n-1}}(A_n),$$

где $P_{A_1 A_2 \dots A_{n-1}}$ — вероятность события A_n , вычисленная в предположении, что события A_1, A_2, \dots, A_{n-1} наступили.

2. Практическая часть

1. На стеллаже библиотеки в случайном порядке расставлено 15 учебников, причем 5 из них в переплете. Библиотекарь берет наудачу 3 учебника. Найти вероятность того, что хотя бы один из взятых учебников окажется в переплете (событие A).

Решение. Первый способ. Требование — хотя бы один из взятых трех учебников окажется в переплете — будет осуществлено, если произойдет любое из следующих трех несовместных событий: B — один учебник в переплете, два без переплета, C — два учебника в переплете, один без переплета, D — три учебника в переплете.

Интересующее нас событие A (хотя бы один из трех взятых учебников в переплете) можно представить в виде суммы этих событий:

$$A = B + C + D.$$

По теореме сложения

$$P(A) = P(B) + P(C) + P(D). \quad (*)$$

Найдем вероятности событий B, C и D (см. решение задачи 17, гл. 1, § 1):

$$P(B) = \frac{C_1^1 \cdot C_{14}^2}{C_{15}^3} = \frac{45}{91}, \quad P(C) = \frac{C_1^2 \cdot C_{13}^1}{C_{15}^3} = \frac{20}{91},$$

$$P(D) = \frac{C_1^3}{C_{15}^3} = \frac{2}{91}.$$

Подставив эти вероятности в равенство (*), окончательно получим

$$P(A) = 45/91 + 20/91 + 2/91 = 67/91.$$

Второй способ. События A (хотя бы один из взятых трех учебников имеет переплет) и \bar{A} (ни один из взятых учебников не имеет переплета) — противоположные, поэтому

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1$$

(сумма вероятностей двух противоположных событий равна единице). Отсюда

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}).$$

Вероятность появления события \bar{A} (ни один из взятых учебников

не имеет переплета)

$$P(\bar{A}) = \frac{C_{14}^3}{C_{15}^3} = \frac{24}{91}.$$

Искомая вероятность

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}) = 1 - 24/91 = 67/91.$$

2 В ящике 10 деталей, из которых 4 окрашены. Сборщик наудачу взял 3 детали. Найти вероятность того, что одна из взятых деталей окрашена.

Отв. $P = 1 - C_7^3 / C_{10}^3 = 5/6$.

3. Для сигнализации об аварии установлены два независимо работающих сигнализатора. Вероятность того, что при аварии сигнализатор сработает, равна 0,95 для первого сигнализатора и 0,9 для второго. Найти вероятность того, что при аварии сработает только один сигнализатор.

Отв. $P = 0,14$.

4. Два стрелка стреляют по мишени. Вероятность попадания в мишень при одном выстреле для первого стрелка равна 0,7, а для второго — 0,8. Найти вероятность того, что при одном залпе в мишень попадает только один из стрелков,

Отв. $P = 0,38$.

5. Вероятность одного попадания в цель при одном залпе из двух орудий равна 0,38. Найти вероятность поражения цели при одном выстреле первым из орудий, если известно, что для второго орудия эта вероятность равна 0,8.

Отв. $P = 0,7$.

6. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. Найти вероятность того, что из двух проверенных изделий только одно стандартное.

Отв. $P = 0,18$.

7. Вероятность того, что при одном измерении некоторой физической величины будет допущена ошибка, превышающая заданную точность, равна 0,4. Произведены три независимых измерения. Найти вероятность того, что только в одном из них допущенная ошибка превысит заданную точность,

Отв. $P = 0,432$.

8 Из партии изделий товаровед отбирает изделия высшего сорта. Вероятность того, что наудачу взятое изделие окажется высшего сорта, равна 0,8. Найти вероятность того, что из трех проверенных изделий только 2 изделия высшего сорта.

Отв. $P = 0,384$.

9. Студент разыскивает нужную ему формулу в трех справочниках. Вероятности того, что формула содержится в первом, втором, третьем справочнике, соответственно равны 0,6; 0,7; 0,8. Найти вероятности того, что формула содержится: а) только в одном справочнике; б) только в двух справочниках; в) во всех трех справочниках.

Отв. а) $P = 0,188$; б) $P = 0,452$; в) $P = 0,336$.

10. Вероятность того, что нужная сборщику деталь находится в первом, втором, третьем, четвертом ящике, соответственно равны 0,6; 0,7; 0,8; 0,9. Найти вероятности того, что деталь содержится: а) не более чем в трех ящиках; б) не менее чем в двух ящиках.

Отв. а) $P = 0,6976$ б) $P = 0,9572$.

11 Брошены три игральные кости. Найти вероятности следующих событий: а) на каждой из выпавших граней появится 5 очков; б) на всех выпавших гранях появится одинаковое число очков.

Отв. а) $P = \frac{1}{6^2}$; б) $P = 6 \cdot \frac{1}{6^2} = \frac{1}{36}$

12. Брошены 3 игральные кости. Найти вероятности следующих событий: а) на двух выпавших гранях появится одно очко, а на третьей грани—другое число очков; б) на двух выпавших гранях появится одинаковое число очков, а на третьей грани—другое число очков; в) на всех выпавших гранях появится разное число очков.

Отв. а) $P = C_3^2 \cdot \left(\frac{1}{6^2} \cdot \frac{5}{6}\right) = \frac{5}{72}$; б) $P = \frac{5}{12}$; в) $P = \frac{5}{9}$.

13. Сколько надо бросить игральных костей, чтобы с вероятностью, меньшей 0,3, можно было ожидать, что ни на одной из выпавших граней не появится 6 очков?

Решение. Введем обозначения событий: A — ни на одной из выпавших граней не появится 6 очков; A_i — на выпавшей грани i -й кости ($i = 1, 2, \dots, n$) не появится 6 очков.

Интересующее нас событие A состоит в совмещении событий

$$A_1, A_2, \dots, A_n, \text{ т. е. } A = A_1 A_2 \dots A_n.$$

Вероятность того, что на любой выпавшей грани появится число очков, не равное шести, равна $P(A_i) = \frac{5}{6}$

События A независимы в совокупности, поэтому применима теорема умножения:

$$P(A) = P(A_1 A_2 \dots A_n) = P(A_1) \cdot P(A_2) \dots P(A_n) = \left(\frac{5}{6}\right)^n.$$

По условию $\left(\frac{5}{6}\right)^n < 0,3$. Следовательно, $n \log \frac{5}{6} < \log 0,3$.

Отсюда, учитывая, что $\log \frac{5}{6} < 0$, найдем: $n > 6,6$. Таким образом, искомое число игральных костей $n \geq 7$.

14. Вероятность попадания в мишень стрелком при одном выстреле равна 0,8. Сколько выстрелов должен произвести стрелок, чтобы с вероятностью, меньшей 0,4, можно было ожидать, что не будет ни одного промаха?

Отв. $n > 5$.

15. В круг радиуса R вписан правильный треугольник. Внутри круга наудачу брошены 4 точки. Найти вероятности следующих событий: а) все 4 точки попадут внутрь треугольника; б) одна точка попадет внутрь треугольника и по одной точке попадет на Каждый «малый» сегмент. Предполагается, что вероятность попадания точки в фигуру пропорциональна площади фигуры и не зависит от ее расположения.

Отв. а) $P = \left(\frac{3\sqrt{3}}{4\pi}\right)^4$; б) $P = 3! \cdot \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cdot \left(\frac{4\pi - 3\sqrt{3}}{12\pi}\right)^3$.

16. Отрезок разделен на три равные части. На этот отрезок наудачу брошены 3 точки. Найти вероятность того, что на каждую из трех частей отрезка попадает по одной точке. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P = 3! \left(\frac{1}{3}\right)^3.$$

17 В читальном зале имеется 6 учебников по теории вероятностей, из которых 3 в переплете. Библиотекарь наудачу взял 2 учебника. Найти вероятность того, что оба учебника окажутся в переплете.

Решение. Введем обозначения событий: A — первый взятый учебник имеет переплет, B — второй учебник имеет переплет.

Вероятность того, что первый учебник имеет переплет,

$$P(A) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}.$$

Вероятность того, что второй учебник имеет переплет, при условии, что первый взятый учебник был в переплете, т. е. условная вероятность события

$$P_A(B) = \frac{2}{5}.$$

B

Искомая вероятность того, что оба учебника имеют переплет, по теореме умножения вероятностей зависимых событий равна

$$P(AB) = P(A) \cdot P_A(B) = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} = 0,2.$$

18. Для некоторой местности среднее число пасмурных дней в июле равно шести. Найти вероятность того, что первого и второго июля будет ясная погода.

$$\text{Отв. } P = 25/31 \cdot 24/30 = 20/31.$$

19. В цехе работают 7 мужчин и 3 женщины. По табельным номерам наудачу отобраны 3 человека. Найти вероятность того, что все отобранные лица окажутся мужчинами.

Решение. Введем обозначения событий: A — первым отобран мужчина; B — вторым отобран мужчина, C — третьим отобран мужчина.

Вероятность того, что первым будет отобран мужчина,

$$P(A) = \frac{7}{10}.$$

Вероятность того, что вторым отобран мужчина, при условии, что первым условная вероятность события B_A уже был отобран мужчина, т. е.

$$P_A(B) = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}.$$

Вероятность того, что третьим будет отобран мужчина, при условии, что уже отобраны двое мужчин, т. е. условная вероятность события C_{AB}

$$P_{AB}(C) = \frac{5}{8}.$$

Искомая вероятность того, что все три отобранных лица окажутся мужчинами,

$$P(ABC) = P(A) \cdot P_A(B) \cdot P_{AB}(C) = \frac{7}{10} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{8} = \frac{7}{24}.$$

20. В ящике 10 деталей, среди которых 6 окрашенных. Сборщик наудачу извлекает 4 детали. Найти вероятность того, что все извлеченные детали окажутся окрашенными.

$$\text{Отв. } P = \frac{6}{10} \cdot \frac{5}{9} \cdot \frac{4}{8} \cdot \frac{3}{7} = \frac{1}{14}.$$

21. В урне имеется 5 шаров с номерами от 1 до 5. Наудачу по одному извлекают 3 шара без возвращения. Найти вероятности следующих событий: а) последовательно появятся шары с номерами 1, 4, 5; б) извлеченные шары будут иметь номера 1, 4, 5 независимо от того, в какой последовательности они появились.

$$\text{Отв. а) } P = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{60}; \quad \text{б) } P = 0,1.$$

22. Студент знает 20 из 25 вопросов программы. Найти вероятность того, что студент знает предложенные ему экзаменатором три вопроса.

$$\text{Отв. } P = \frac{20}{25} \cdot \frac{19}{24} \cdot \frac{18}{23} = \frac{57}{175}.$$

23. В мешочке содержится 10 одинаковых кубиков с номерами от 1 до 10. Наудачу извлекают по одному 3 кубика. Найти вероятность того, что последовательно появятся кубики с номерами 1, 2, 3, если кубики извлекаются: а) без возвращения; б) с возвращением (извлеченный кубик возвращается в мешочек).

$$\text{Отв. а) } P = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{720}; \quad \text{б) } P = 0,001.$$

24. По данным переписи населения (1891 г.) Англии и Уэльса установлено: темноглазые отцы и темноглазые сыновья (AB) составили 5% обследованных лиц, темноглазые отцы и светлоглазые сыновья ($A\bar{B}$) — 7,9%, светлоглазые отцы и темноглазые сыновья ($\bar{A}B$) — 8,9%, светлоглазые отцы и светлоглазые сыновья ($\bar{A}\bar{B}$) — 78,2%. Найти связь между цветом глаз отца и сына.

Решение. По условию $P(AB) = 0,05$; $P(A\bar{B}) = 0,079$; $P(\bar{A}B) = 0,089$;

$$P(\bar{A}\bar{B}) = 0,782.$$

Найдем условную вероятность того, что сын темноглазый, если отец темноглазый:

$$P_A(B) = \frac{P(AB)}{P(A)} = \frac{P(AB)}{P(AB) + P(A\bar{B})} = \frac{0,05}{0,05 + 0,079} = 0,39.$$

Найдем условную вероятность того, что сын светлоглазый, если отец темноглазый:

$$P_A(\bar{B}) = 1 - P_A(B) = 1 - 0,39 = 0,61.$$

Найдем условную вероятность того, что сын темноглазый, если отец

$$P_{\bar{A}}(B) = \frac{P(\bar{A}B)}{P(\bar{A})} = \frac{P(\bar{A}B)}{P(\bar{A}B) + P(\bar{A}\bar{B})} = \frac{0,089}{0,089 + 0,782} = 0,102.$$

светлоглазый:

Найдем условную вероятность того что сын светлоглазый, если отец светлоглазый:

$$P_{\bar{A}}(B) = 1 - P_A(B) = 1 - 1,102 = 0,898.$$

3

Задания

для

самостоятельной работы

1. Бросается игральная кость. Пусть событие A — появление четного числа очков, событие B — появление более трех очков. Зависимы или нет события A и B ?
2. Из букв разрезной азбуки составлено слово СТАТИСТИКА. Какова вероятность того, что, перемешав буквы и укладывая их в ряд по одной (наудачу), получим слово : а) ТИСКИ; б) КИСКА; в) КИТ; г) СТАТИСТИКА?
3. Найти вероятность отказа схемы (рис. 10), предполагая, что отказы отдельных элементов независимы, а вероятность отказа элемента с номером i равна $0,2$.

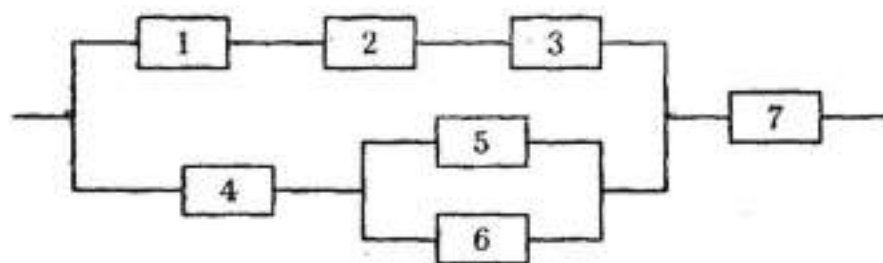


Рис. 10

Занятие 4 Вычисление вероятности появления хотя бы одного события

1 Теоретическая часть

Вероятность появления хотя бы одного события

Пусть события A_1, A_2, \dots, A_n независимы в совокупности, причем $P(A_1) = p_1, P(A_2) = p_2, \dots, P(A_n) = p_n$; пусть в результате испытания могут наступить все события, либо часть из них, либо ни одно из них.

Вероятность наступления события A , состоящего в появлении хотя бы одного из событий A_1, A_2, \dots, A_n независимых в совокупности, равна разности между единицей и произведением вероятностей возможных событий A_1, A_2, \dots, A_n :

$$P(A) = 1 - q_1 q_2 \dots q_n.$$

В частности, если все n событий имеют одинаковую вероятность, то вероятность появления хотя бы одного из этих событий

$$P(A) = 1 - q^n$$

2 Практическая часть

1. В электрическую цепь последовательно включены 3 элемента, работающие независимо один от другого. Вероятности отказов первого, второго и третьего элементов соответственно равны: $P_1 = 0,1$; $P_2 = 0,15$; $P_3 = 0,2$. Найти вероятность того, что тока в цепи не будет.

Решение. Так как элементы включены последовательно, то тока в цепи не будет (событие A), если откажет хотя бы один из элементов.

Искомая вероятность

$$P(A) = 1 - q_1 q_2 q_3 = 1 - (1 - 0,1)(1 - 0,15)(1 - 0,2) = 0,388.$$

2. Устройство содержит 2 независимо работающих элемента. Вероятности отказа элементов соответственно равны 0,05 и 0,08. Найти вероятность отказа устройства, если для этого достаточно, чтобы отказал хотя бы один элемент.

Отв. $P = 0,126$

3 Для разрушения места достаточно попадания одной авиационной бомбы. Найти вероятность того, что мост будет разрушен, если на него сбросить 4 бомбы, вероятности попадания которых соответственно равны: 0,3; 0,4; 0,6; 0,7.

Отв. $P = 0,95$.

4. Три исследователя, независимо один от другого, производят измерения некоторой физической величины. Вероятность того, что первый исследователь допустит ошибку при считывании показаний прибора, равна 0,1. Для второго и третьего исследователей эта вероятность соответственно равна 0,15 и 0,2. Найти вероятность того, что при однократном измерении хотя бы один из исследователей допустит ошибку.

Отв. $P = 0,388$.

5. Вероятность успешного выполнения упражнения для каждого из двух спортсменов равна 0,5. Спортсмены выполняют упражнение по очереди, причем каждый делает по две попытки. Выполнивший упражнение первым получает приз. Найти вероятность получения приза спортсменами.

Решение. Для вручения приза достаточно, чтобы хотя бы одна из четырех попыток была успешной. Вероятность успешной попытки $p = 0,5$, а неуспешной $q = 1 - 0,5 = 0,5$.

Искомая вероятность $p = 1 - q = 1 - 0,5^4 = 0,9375$.

6. Вероятность попадания в мишень каждым из двух стрелков равна 0,3. Стрелки стреляют по очереди, причем каждый должен сделать по два выстрела. Попавший в мишень первым получает приз. Найти вероятность того, что стрелки получают приз.

Отв. $P = 0,76$.

7. Вероятность хотя бы одного попадания стрелком в мишень при трех выстрелах равна 0,875. Найти вероятность попадания при одном выстреле.

Решение. Вероятность попадания в мишень хотя бы при одном из трех выстрелов (событие A) равна

$$P(A) = 1 - q^3.$$

где q — вероятность промаха.

По условию $P(A) = 0,875$. Следовательно,

$$0,875 = 1 - q^3.$$

или

$$q^3 = 1 - 0,875 = 0,125.$$

Отсюда

$$q = \sqrt[3]{0,125} = 0,5.$$

Искомая вероятность

$$p = 1 - q = 1 - 0,5 = 0,5.$$

8. Вероятность хотя бы одного попадания в цель при четырех выстрелах равна 0,9984. Найти вероятность попадания в цель при одном выстреле.

Отв. $p = 0,8$.

9. Многократно измеряют некоторую физическую величину. Вероятность того, что при считывании показаний прибора допущена ошибка, равна p . Найти наименьшее число измерений, которое необходимо произвести, чтобы с вероятностью $p > \alpha$ можно было ожидать, что хотя бы один результат измерений окажется неверным.

Отв. $E \left[\frac{\log(1-\alpha)}{\log(1-p)} \right] + 1$, где $E[N]$ — целая часть числа N .

3 Задания для самостоятельной работы

1. В урне 2 белых и 7 черных шаров. Из нее наудачу вынимают (без возврата) 2 шара. Какова вероятность того, что они оба будут разных цветов?

2. Три орудия стреляют в цель независимо друг от друга. Вероятность попадания в цель каждого равна 0,7. Найти вероятность попадания в цель: а) только одного из орудий; б) хотя бы одного.

3. Надежность (т.е. вероятность безотказной работы) прибора равна 0,7. Для повышения надежности данного прибора он дублируется $n-1$ другими такими же приборами (рис. 13). Сколько приборов надо взять, чтобы повысить его надежность до 0,95?

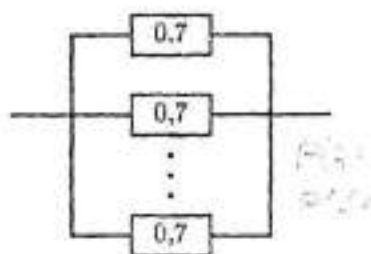


Рис. 13

Занятие 5 Решение задач вычисления полной вероятности и формулы Байеса.

1 Теоретическая часть

Формула полной вероятности

Вероятность события A , которое может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез) B_1, B_2, \dots, B_n ,

образующих полную группу событий, равна сумме произведений вероятностей каждой из гипотез на соответствующую условную вероятность события A

$$P(A) = P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) + \dots + P(B_n) \cdot P_{B_n}(A), \quad (*)$$

где $P(B_1) + P(B_2) + \dots + P(B_n) = 1$.

Равенство (*) называют «формулой полной вероятности».

Формула Бейеса

или

Пусть событие A может наступить лишь при условии появления одного из несовместных событий (гипотез) B_1, B_2, \dots, B_n , которые образуют полную группу событий. Если событие A уже произошло, то вероятности гипотез могут быть переоценены по формуле

$$P_A(B_i) = \frac{P(B_i) \cdot P_{B_i}(A)}{P(A)} \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

где

$$P(A) = P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) + \dots + P(B_n) \cdot P_{B_n}(A).$$

2 Практическая часть

1. В урну, содержащую 2 шара, опущен белый шар, после чего из нее наудачу извлечен один шар. Найти вероятность того, что извлеченный шар окажется белым, если равновозможны все возможные предположения о первоначальном составе шаров (по цвету).

Решение. Обозначим через A событие — извлечен белый шар. Возможны следующие предположения (гипотезы) о первоначальном составе шаров: B_1 — белых шаров нет, B_2 — один белый шар, B_3 — два белых шара.

Поскольку всего имеется три гипотезы, причем по условию они равновероятны, и сумма вероятностей гипотез равна единице (так как они образуют полную группу событий), то вероятность каждой из гипотез равна $\frac{1}{3}$, т. е.

$$P(B_1) = P(B_2) = P(B_3) = \frac{1}{3}.$$

Условная вероятность того, что будет извлечен белый шар, при условии, что первоначально в урне не было белых шаров,

$$P_{B_1}(A) = \frac{1}{3}.$$

Условная вероятность того, что будет извлечен белый шар, при условии, что первоначально в урне был один белый шар,

$$P_{B_2}(A) = \frac{2}{3}.$$

Условная вероятность того, что будет извлечен белый шар, при условии, что первоначально в урне было два белых шара

$$P_{B_3}(A) = \frac{3}{3} = 1.$$

Искомую вероятность того, что будет извлечен белый шар, находим по формуле полной вероятности

$$P(A) = P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) + \\ + P(B_3) \cdot P_{B_3}(A) = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \cdot 1 = \frac{2}{3}.$$

2 В урну, содержащую n шаров, опущен белый шар, после чего наудачу извлечен один шар. Найти вероятность того, что извлеченный шар окажется белым, если равновозможны все возможные предположения о первоначальном составе шаров (по цвету).

$$\text{Отв. } P = \frac{n+2}{2(n+1)}.$$

3. В вычислительной лаборатории имеются 6 клавишных автоматов и 4 полуавтомата. Вероятность того, что за время выполнения некоторого расчета автомат не выйдет из строя, равна 0,95; для полуавтомата эта вероятность равна 0,8. Студент производит расчет на наудачу выбранной машине. Найти вероятность того, что до окончания расчета машина не выйдет из строя.

$$\text{Отв. } P=0,89$$

4. В пирамиде пять винтовок, три из которых снабжены оптическим прицелом. Вероятность того, что стрелок поразит мишень при выстреле из винтовки с прицелом, равна 0,95; для винтовки без оптического прицела эта вероятность равна 0,7. Найти вероятность того, что мишень будет поражена, если стрелок произведет один выстрел из наудачу взятой винтовки.

$$\text{От, } P=0,85$$

5. В ящике содержится 12 деталей, изготовленных на заводе № 1, 20 деталей — на заводе № 2 и 18 деталей — на заводе № 3. Вероятность того, что деталь, изготовленная на заводе № 1, отличного качества, равна 0,9; для деталей, изготовленных на заводах № 2 и № 3, эти вероятности соответственно равны 0,6 и 0,9. Найти вероятность того, что извлеченная наудачу деталь окажется отличного качества.

$$\text{Отв. } P=0,78$$

6. В первой урне содержится 10 шаров, из них 8 белых; во второй урне 20 шаров, из них 4 белых. Из канедой урны наудачу извлекли по одному шару, а затем из этих двух шаров наудачу взят один шар. Найти вероятность того, что взят белый шар.

Отв. $P=0,5$

7. В каждой из трех урн содержится 6 черных и 4 белых шара. Из первой урны наудачу извлечен один шар и переложен во вторую урну, после чего из второй урны наудачу извлечен один шар и переложен в третью урну. Найти вероятность того, что шар, наудачу извлеченный из третьей урны, окажется белым.

Отв. $P = 0,4$.

8. Вероятности того, что во время работы цифровой электронной машины произойдет сбой в арифметическом устройстве, в оперативной памяти, в остальных устройствах, относятся как 3:2:5. Вероятности обнаружения сбоя в арифметическом устройстве, в оперативной памяти и в остальных устройствах соответственно равны 0,8; 0,9; 0,9. Найти вероятность того, что возникший в машине сбой будет обнаружен.

Отв. $P = 0,87$

9. Два автомата производят одинаковые детали, которые поступают на общий конвейер. Производительность первого автомата вдвое больше производительности второго. Первый автомат производит в среднем 60% деталей отличного качества, а второй — 84%. Наудачу взятая с конвейера деталь оказалась отличного качества. Найти вероятность того, что эта деталь произведена первым автоматом.

Решение. Обозначим через A событие — деталь отличного качества. Можно сделать два предположения (гипотезы): B_1 — деталь произведена первым автоматом, причем (поскольку первый автомат производит вдвое больше деталей, чем второй)

$$P(B_1) = \frac{2}{3};$$

B_2 — деталь произведена вторым автоматом, причем

$$P(B_2) = \frac{1}{3}.$$

Условная вероятность того, что деталь будет отличного качества, если она произведена первым автоматом,

$$P_{B_1}(A) = 0,6.$$

Условная вероятность того, что деталь будет отличного качества, если она произведена вторым автоматом,

10. В пирамиде 10 винтовок, из которых 4 снабжены оптическим прицелом. Вероятность того, что стрелок пора-ада: шлшень *ии* выстреле из винтовки с оптическим прицелом, равна 0,9б; для винтовки без оптического прицела эта

$$P_{B_2}(A) = 0,84.$$

Вероятность того, что наудачу взятая деталь окажется отличного качества, по формуле полной вероятности равна

$$\begin{aligned} P(A) &= P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) = \\ &= \frac{2}{3} \cdot 0,6 + \frac{1}{3} \cdot 0,84 = 0,68. \end{aligned}$$

Искомая вероятность того, что взятая отличная деталь произведена первым автоматом, по формуле Бейеса равна

$$P_A(B_1) = \frac{P(B_1) \cdot P_{B_1}(A)}{P(A)} = \frac{2/3 \cdot 0,6}{0,68} = \frac{10}{17}.$$

вероятность равна 0,8. Стрелок поразил мишень из наудачу взятой винтовки. Что вероятнее: стрелок стрелял из винтовки с оптическим прицелом или без него?

Отв. Вероятнее, что винтовка была без оптического прицела (вероятность того, что винтовка была без оптического прицела, равна 24/43; с оптическим прицелом — 19/43).

11. Число грузовых автомашин, проезжающих по шоссе, на котором стоит бензоколонка, относится к числу легковых машин, проезжающих по тому же шоссе как 3:2. Вероятность того, что будет заправляться грузовая машина, равна 0,1; для легковой машины эта вероятность равна 0,2. К бензоколонке подъехала для заправки машина. Найти вероятность того, что это грузовая машина.

Отз. $P = 3/7$.

12. Две перфораторщицы набили на разных перфораторах по одинаковому комплекту перфокарт. Вероятность того, что первая перфораторщица допустит ошибку, равна 0,05; для второй перфораторщицы эта вероятность равна 0,1. При сверке перфокарт была обнаружена ошибка. Найти вероятность того, что ошиблась первая перфораторщица. (Предполагается, что оба перфоратора были исправны.)

Отв. $P = 1/3$.

13. В специализированную больницу поступают в среднем 50% больных с заболеванием K , 30% — с заболеванием L , 20% с заболеванием M . Вероятность полного излечения болезни K равна 0,7; для болезней L и M эти вероятности соответственно равны 0,8 и 0,9. Больной, поступивший в больницу, был выписан здоровым. Найти вероятность того, что этот больной страдал заболеванием K .

Отт. $P = 5/11$.

14. Изделие проверяется на стандартность одним из двух товароведов. Вероятность того, что изделие попадет к первому товароведу, равна 0,55, а ко второму — 0,45. Вероятность того, что стандартное изделие будет признано стандартным первым товароведом, равна 0,9, а вторым — 0,98. Стандартное изделие при проверке было признано стандартным. Найти вероятность того, что это изделие проверил второй товаровед.

Отв. $P=0,47$.

3 Задания для самостоятельной работы

1. Прибор содержит две микросхемы. Вероятность выхода из строя в течение 10 лет первой микросхемы равна 0,07, а второй — 0,10. Известно, что из строя вышла одна микросхема. Какова вероятность того, что вышла из строя первая микросхема?
2. Из 40 экзаменационных билетов студент П выучил только 30. Каким выгоднее ему зайти на экзамен, первым или вторым?
3. Известно, что 90% изделий, выпускаемых данным предприятием, отвечает стандарту. Упрощенная схема проверки качества продукции признает пригодной стандартную деталь с вероятностью 0,96 и нестандартную с вероятностью 0,06. Определить вероятность того, что: а) взятое наудачу изделие пройдет контроль; б) изделие, прошедшее контроль качества, отвечает стандарту.

Тема 1.3 Схема Бернулли

Занятие 6 Применение формулы Бернулли

1 Теоретическая часть

Если производятся испытания, при которых вероятность появления события A в каждом испытании не зависит от исходов других испытаний, то такие испытания называют *независимыми относительно события A* . В § 1—4 этой главы рассматриваются независимые испытания, в каждом из которых вероятность появления события одинакова.

Формула Бернулли. Вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события равна p ($0 < p < 1$), событие наступит ровно k раз (безразлично, в какой последовательности),

равна

$$P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k},$$

или

$$P_n(k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k},$$

где $q = 1 - p$.

Вероятность того, что событие наступит: а) менее k раз; б) более k раз; в) не менее k раз; г) не более k раз — находят соответственно по формулам:

- а) $P_n(0) + P_n(1) + \dots + P_n(k-1)$;
- б) $P_n(k+1) + P_n(k+2) + \dots + P_n(n)$;
- в) $P_n(k) + P_n(k+1) + \dots + P_n(n)$;
- г) $P_n(0) + P_n(1) + \dots + P_n(k)$.

2 Практическая часть

1. Два равносильных шахматиста играют в шахматы. Что вероятнее выиграть: две партии из четырех или три партии из шести (ничьи во внимание не принимаются)?

Решение. Играют равносильные шахматисты, поэтому вероятность выигрыша $p = 1/2$, следовательно, вероятность проигрыша q также равна $1/2$. Так как во всех партиях вероятность выигрыша постоянна, и безразлично, в какой последовательности будут выиграны партии, то применима формула Бернулли.

Найдем вероятность того, что две партии из четырех будут выиграны:

$$P_4(2) = C_4^2 p^2 q^2 = \frac{4 \cdot 3}{1 \cdot 2} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{6}{16}.$$

Найдем вероятность того, что будут

$$P_6(3) = C_6^3 p^3 q^3 = \frac{6 \cdot 5 \cdot 4}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{5}{16}.$$

Так как $P_4(2) > P_6(3)$, то вероятнее выиграть две партии из четырех, чем три из шести.

2. Два равносильных противника играют в шахматы. Что вероятнее выиграть: а) одну партию из двух или две партии из четырех? б) не менее двух партий из четырех или не менее трех партий из пяти? Ничьи во внимание не принимаются.

Отв. а) Вероятнее выиграть одну партию из двух: $P_2(1) = 1/2$; $P_4(2) = 3/8$; б) вероятнее выиграть не менее двух партий из четырех: $P_4(2) + P_4(3) + P_4(4) = 1 - P_4(0) + P_4(1) = 11/16$; $P_5(3) + P_5(4) + P_5(5) = 8/16$.

3. Монету бросают 5 раз. Найти вероятность того, что «герб» выпадет: а) менее двух раз; б) не менее двух раз.

Отв. а) $P = P_5(0) + P_5(1) = 3/16$; б) $Q = 1 - [P_5(0) + P_5(1)] = 13/16$.

4. Найти вероятность того, что событие A появится не менее трех раз в четырех независимых испытаниях, если вероятность появления события A в одном испытании равна 0,4.

Отв. $P_4(3) + P_4(4) = 0,1792$.

5. Событие B появится в случае, если событие A наступит не менее четырех раз. Найти вероятность наступления события B , если будет произведено 5 независимых испытаний, в каждом из которых вероятность появления события A равна 0,8.

Отв. $P_5(4) + P_5(5) = 0,74$.

6. В семье 5 детей. Найти вероятность того, что среди этих детей: а) два мальчика; б) не более двух мальчиков; в) более двух мальчиков. Вероятность рождения мальчика принять равной 0,51.

Отв. Искомые вероятности таковы: а) 0,31 б) 0,48; в) 0,52; г) 0,62

7. Отрезок AB , длина которого 15 см, разделен точкой C в отношении 2: 1. На этот отрезок наудачу брошены 4 точки. Найти вероятность того, что две из них

окажутся левее точки C и две — правее. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P_4(2) = C_4^2 (2/3)^2 (1/3)^2 = 8/27.$$

8. На отрезок AB длины a наудачу брошено 5 точек. Найти вероятность того, что две точки будут находиться от точки A на расстоянии, меньшем x , а три — на расстоянии, большем x . Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P_5(2) = C_5^2 (x/a)^2 \left[\frac{(a-x)}{a} \right]^3.$$

9. Отрезок разделен на 4 равные части. На отрезок наудачу брошено 8 точек. Найти вероятность того, что на каждую из четырех частей отрезка попадет по две точки. Предполагается, что вероятность попадания точки на отрезок пропорциональна длине отрезка и не зависит от его расположения.

$$\text{Отв. } P = C_8^2 \cdot C_4^2 \cdot C_4^2 \cdot C_4^2 \cdot (1/4)^8.$$

3 Задания для самостоятельной работы

1. Монету подбрасывают 10 раз. Какова вероятность того, что герб выпадет (появится): а) 4 раза; б) ни разу; в) хотя бы один раз.
2. Что вероятнее выиграть у равносильного противника-шахматиста: две партии из четырех или три из шести? Ничьи во внимание не принимаются.
3. В семье трое детей. Какова вероятность того, что: а) все они мальчики; б) один мальчик и две девочки. Считать вероятность рождения мальчика 0,51, а девочки — 0,49.
4. В каждом из карманов (их 2) лежит по коробку спичек (по 10 спичек в коробке). При каждом закуривании карман выбирается наудачу. При очередном закуривании коробок оказался пустым. Найти вероятность того, что во втором коробке 6 спичек.

Занятие 7 Решение задач с применением локальной и интегральной теоремы Лапласа

1 Теоретическая часть

Локальная и интегральная теоремы Лапласа

Локальная теорема Лапласа. Вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события равна p ($0 < p < 1$), событие наступит ровно k раз {безразлично, в какой последовательности}, приближенно равна

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}} \varphi(x).$$

Здесь

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}, \quad x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}}.$$

Таблица функции $\varphi(x)$ для положительных значений x приведена в приложении 1; для отрицательных значений x пользуются этой же таблицей [функция $\varphi(x)$ четная, следовательно, $\varphi(-x) = \varphi(x)$].

Интегральная теорема Лапласа. Вероятность того, что в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события равна p ($0 < p < 1$), событие наступит не менее k_1 раз и не более k_2 раз, приближенно равна

$$P_n(k_1, k_2) = \Phi(x'') - \Phi(x')$$

Здесь

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-x'^2/2} dx - \text{функция Лапласа}$$

$$x' = \frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}}, x'' = \frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}}$$

Таблица функции Лапласа для положительных значений x ($0 \leq x \leq 5$) приведена в приложении 2; для значений $x > 5$ полагают $\Phi(x) = 0,5$; для отрицательных значений x пользуются этой же таблицей, учитывая, что функция Лапласа нечетная [$\Phi(-x) = -\Phi(x)$].

2 Практическая часть

1. Найти вероятность того, что событие A наступит ровно 70 раз в 243 испытаниях, если вероятность появления этого события в каждом испытании равна 0,25.

Решение. По условию $n = 243$; $k = 70$; $p = 0,25$; $q = 0,75$. Так как $n = 243$ — достаточно большое число, воспользуемся локальной теоремой Лапласа:

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}} \varphi(x),$$

где $x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}}$.

Найдем значение x :

$$x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}} = \frac{70 - 243 \cdot 0,25}{\sqrt{243 \cdot 0,25 \cdot 0,75}} = \frac{9,25}{6,75} = 1,37.$$

По таблице (приложение 1) найдем

$$\varphi(1,37) = 0,1561.$$

Искомая вероятность

$$P_{243}(70) = \frac{1}{6,75} \cdot 0,1561 = 0,0231.$$

2. Найти вероятность того, что событие A наступит 1400 раз в 2400 испытаниях, если вероятность появления этого события в каждом испытании равна 0,6.

Решение. Так как n велико, воспользуемся локальной теоремой Лапласа:

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}} \varphi(x).$$

Вычислим x :

$$x = \frac{k - np}{\sqrt{npq}} = \frac{1400 - 2400 \cdot 0,6}{\sqrt{2400 \cdot 0,6 \cdot 0,4}} = -\frac{40}{24} = -1,67.$$

Так как функция $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$ — четная, то $\varphi(-1,67) = \varphi(1,67)$.

По таблице (приложение 1) найдем

$$\varphi(1,67) = 0,0989.$$

Искомая вероятность

$$P_{2400}(1400) = \frac{1}{24} \cdot 0,0989 = 0,0041.$$

3. Вероятность поражения мишени при одном выстреле равна 0,8. Найти вероятность того, что при 100 выстрелах мишень будет поражена ровно 75 раз.

Отв. $P_{100}(75) = 0,04565$.

4. Вероятность рождения мальчика равна 0,51. Найти вероятность того, что среди 100 новорожденных окажется 50 мальчиков.

Отв. $P_{100}(50) = 0,0782$.

5. Монета брошена $2N$ раз (N велико!). Найти вероятность того, что «герб» выпадет ровно N раз.

Отв. $P_{2N}(N) = 0,5642\sqrt{2N}$

6. Монета брошена $2N$ раз. Найти вероятность того, что «герб» выпадет на $2m$ раз больше, чем надпись.

Отв. $P_{2N}(N+m) = \sqrt{2/N} p (\sqrt{2/N} m)$.

7. Вероятность появления события в каждом из 100 независимых испытаний постоянна и равна $p = 0,8$. Найти вероятность того, что событие появится: а) не менее 75 раз и не более 90 раз; б) не менее 75 раз; в) не более 74 раз.

Решение. Воспользуемся интегральной теоремой Лапласа

$$P_n(k_1, k_2) = \Phi(x'') - \Phi(x'),$$

где $\Phi(x)$ — функция Лапласа,

$$x' = \frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}}, \quad x'' = \frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}}.$$

а) По условию $n = 100$; $p = 0,8$; $q = 0,2$; $k_1 = 75$; $k_2 = 90$.
Вычислим x' и x'' :

$$x' = \frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}} = \frac{75 - 100 \cdot 0,8}{\sqrt{100 \cdot 0,8 \cdot 0,2}} = -1,25;$$

$$x'' = \frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}} = \frac{100 - 100 \cdot 0,8}{\sqrt{100 \cdot 0,8 \cdot 0,2}} = 2,5.$$

Учитывая, что функция Лапласа нечетна, т. е. $\Phi(-x) = -\Phi(x)$, получим

$$P_{100}(75; 90) = \Phi(2,5) - \Phi(-1,25) = \Phi(2,5) + \Phi(1,25).$$

По таблице (приложение 2) найдем

$$\Phi(2,5) = 0,4938; \quad \Phi(1,25) = 0,3944.$$

Искомая вероятность

$$P_{100}(75; 90) = 0,4938 + 0,3944 = 0,8882.$$

б) Требование, чтобы событие появилось не менее 75 раз, означает, что число появлений события может быть равно 75 либо 76, ..., либо 100. Таким образом, в рассматриваемом случае следует принять $k_1 = 75$, $k_2 = 100$. Тогда

$$x' = \frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}} = \frac{75 - 100 \cdot 0,8}{\sqrt{100 \cdot 0,8 \cdot 0,2}} = -1,25;$$

$$x'' = \frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}} = \frac{100 - 100 \cdot 0,8}{\sqrt{100 \cdot 0,8 \cdot 0,2}} = 5.$$

По таблице (приложение 2) найдем

$$\Phi(1,25) = 0,3944; \quad \Phi(5) = 0,5.$$

Искомая вероятность

$$P_{100}(75; 100) = \Phi(5) - \Phi(-1,25) = \Phi(5) + \Phi(1,25) = \\ = 0,5 + 0,3944 = 0,8944.$$

в) События — «А появилось не менее 75 раз» и «А появилось не более 74 раз» противоположны, поэтому сумма вероятностей этих событий равна единице. Следовательно, искомая вероятность

$$P_{100}(0; 74) = 1 - P_{100}(75; 100) = 1 - 0,8944 = 0,1056.$$

8. Вероятность появления события в каждом из 2100 независимых испытаний равна 0,7. Найти вероятность того, что событие появится: а) не менее 1470 и не более 1500 раз; б) не менее 1470 раз; в) не более 1469 раз.

Отв. а) $P_{2100}(1470; 1500) = 0,4236$; б) $P_{2100}(1470; 2100) = 0,5$; $P_{2100}(0; 1469) = 0,5$.

9. Вероятность появления события в каждом из 21 независимых испытаний равна 0,7. Найти вероятность того, что событие появится в большинстве испытаний.

Отв. $P_{21}(11; 21) = 0,95945$.

10. Монета брошена $2N$ раз (N велико!). Найти вероятность того, что число выпадений «герба» будет заключено между числами $N - \sqrt{2N}/2$ и $N + \sqrt{2N}/2$.

Отв. $P = \Phi(1) - \Phi(-1) = 2\Phi(1) = 0,6826$.

11. Вероятность появления события в каждом из независимых испытаний равна 0,8. Сколько нужно произвести испытаний, чтобы с вероятностью 0,9 можно было ожидать, что событие появится не менее 75 раз?

Решение. По условию $p = 0,8$; $q = 0,2$; $k_1 = 75$; $k_2 = n$; $P_n = (75, n) = 0,9$.

Воспользуемся интегральной теоремой Лапласа:

$$P_n(k_2; n) = \Phi(x'') - \Phi(x') = \Phi\left[\frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}}\right] - \Phi\left[\frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}}\right].$$

Подставляя данные задачи, получим

$$0,9 = \Phi\left[\frac{n - 0,8n}{\sqrt{n \cdot 0,8 \cdot 0,2}}\right] - \Phi\left[\frac{75 - 0,8n}{\sqrt{n \cdot 0,8 \cdot 0,2}}\right],$$

или

$$0,9 = \Phi\left[\frac{\sqrt{n}}{2}\right] - \Phi\left[\frac{75 - 0,8n}{0,4\sqrt{n}}\right].$$

Очевидно, число испытаний $n > 75$, поэтому $\sqrt{n}/2 > \sqrt{75}/2 \simeq 4,33$. Поскольку функция Лапласа — возрастающая и $\Phi(4) \simeq 0,5$, то можно положить $\Phi(\sqrt{n}/2) = 0,5$. Следовательно,

$$0,9 = 0,5 - \Phi\left[\frac{75 - 0,8n}{0,4\sqrt{n}}\right].$$

Таким образом,

$$\Phi\left[\frac{75 - 0,8n}{0,4\sqrt{n}}\right] = -0,4. \quad (*)$$

По таблице (приложение 2) найдем $\Phi(1,28) = 0,4$. Отсюда и из соотношения (*), учитывая, что функция Лапласа нечетная, получим

$$\frac{75 - 0,8n}{0,4\sqrt{n}} = -1,28.$$

Решив это уравнение, как квадратное относительно \sqrt{n} , получим $\sqrt{n} = 10$. Следовательно, искомое число испытаний $n = 100$.

12. Вероятность появления положительного результата в каждом из n опытов равна 0,9. Сколько нужно произвести опытов, чтобы с вероятностью 0,98 можно было ожидать, что не менее 150 опытов дадут положительный результат?

Отв. $n = 177$.

3 Задания для самостоятельной работы

1. На лекции по теории вероятностей присутствуют 84 студента. Какова вероятность того, что среди них есть 2 студента, у которых сегодня день рождения?

2. Вероятность брака при изготовлении некоторого изделия равна 0,02. Найти вероятность того, что среди 200 произведенных изделий не более одного бракованного.

3. Найти вероятность того, что при подбрасывании монеты 100 раз событие A — появление герба — наступит ровно 60 раз.

4. Найти такое число t , чтобы с вероятностью 0,95 можно было бы утверждать, что среди 800 новорожденных более t девочек. Считать что вероятность рождения девочки равна 0,485.

Тема 2.1 Дискретные и непрерывные случайные величины
Занятие 8 Вычисление значений основных характеристик СВ
1 Теоретическая часть

Случайной величиной называется величина, которая в результате опыта может принять то или иное значение, неизвестно заранее, какое именно.

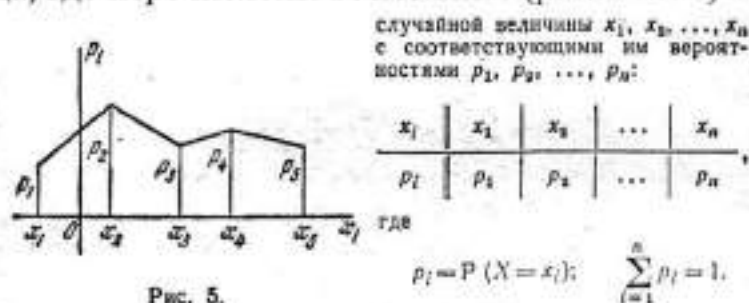
Дискретной (прерывной) случайной величиной называется случайная величина, принимающая отделенные друг от друга значения, которые можно перенумеровать.

Непрерывной случайной величиной (в широком смысле слова) называется случайная величина, возможные значения которой непрерывно заполняют какой-то промежуток.

Законом распределения случайной величины называется всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Закон, распределения может иметь разные формы.

1. Ряд распределения

Рядом распределения дискретной случайной величины X называется таблица, где перечислены возможные (различные) значения этой



Графическое изображение ряда распределения (см. рис. 5) называется *многоугольником распределения*

2. Функция распределения

Функцией распределения случайной величины X называется функция $F(x)$, выражающая вероятность того, что X примет значение, меньшее, чем x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Функция $F(x)$ есть неубывающая функция; $F(-\infty) = 0$, $F(+\infty) = 1$.

Для дискретных случайных величин функция распределения есть разрывная ступенчатая функция, непрерывная слева.

Если функция распределения $F(x)$ везде непрерывна и имеет производную, случайная величина называется *непрерывной в узком смысле слова* или просто *непрерывной*.

Если функция распределения $F(x)$ на некоторых участках непрерывна, а в отдельных точках имеет разрывы, случайная величина называется *смешанной*.

3. Плотность распределения

Плотностью распределения непрерывной (в узком смысле слова) случайной величины называется функция $f(x) = F'(x)$.

Плотность распределения любой случайной величины неотрицательна, $f(x) \geq 0$, и обладает свойством

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$$

График плотности $f(x)$ называется *кривой распределения*.

Элементом вероятности для случайной величины X называется величина $f(x) dx$, приближенно выражающая вероятность попадания случайной точки X в элементарный отрезок dx , примыкающий к точке x .

Функция распределения $F(x)$ выражается через плотность распределения формулой

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx.$$

Вероятность попадания случайной величины X на участок от a до b (включая a) выражается формулой

$$P(\alpha \leq X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha).$$

Если случайная величина X непрерывна, то $P(X = \alpha) = 0$ и

$$P(\alpha < X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha).$$

Вероятность попадания на участок от α до β для непрерывной случайной величины выражается формулой

$$P(\alpha < X < \beta) = \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx.$$

Математическим ожиданием случайной величины X называется ее среднее значение, вычисляемое по формулам:

$$M[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_i \text{ — для дискретной случайной величины;}$$

$$M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \text{ — для непрерывной случайной величины.}$$

Для смешанной случайной величины математическое ожидание выражается суммой двух слагаемых:

$$M[X] = \sum_l x_l p_l + \int_{(n)} x F'(x) dx,$$

где сумма распространяется на все точки разрыва функции распределения, а интеграл — на все участки ее непрерывности.

В случае, когда $M[X]$ надо обозначить одной буквой, будем писать

$$M[X] = m_x.$$

Центрированной случайной величиной называется разность между случайной величиной X и ее математическим ожиданием:

$$\hat{X} = X - m_x.$$

Дисперсией случайной величины X называется математическое ожидание квадрата соответствующей центрированной случайной величины:

$$D[X] = M[\hat{X}^2].$$

Дисперсия вычисляется по формулам:

$$D[X] = \sum_{l=1}^n (x_l - m_x)^2 p_l \text{ — для дискретной случайной величины;}$$

$$D[X] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 f(x) dx \text{ — для непрерывной случайной величины;}$$

$$D[X] = \sum_l (x_l - m_x)^2 p_l + \int_{(n)} (x - m_x)^2 F'(x) dx \text{ — для смешанной случайной величины.}$$

Дисперсия $D[X]$ кратко обозначается D_x .

Средним квадратическим отклонением случайной величины X называется корень квадратный из дисперсии

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}.$$

Начальным моментом k -го порядка случайной величины X называется математическое ожидание k -й степени, этой случайной величины

$$\alpha_k[X] = M[X^k].$$

Для дискретной, непрерывной и смешанной случайной величины $\alpha_k[X]$ вычисляется соответственно по формулам

$$\alpha_k[X] = \sum_{l=1}^n x_l^k p_l, \quad \alpha_k[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x^k f(x) dx,$$

$$\alpha_k[X] = \sum_l x_l^k p_l + \int_{(n)} x^k F'(x) dx.$$

Центральным моментом k -го порядка случайной величины X называется математическое ожидание k -й степени центрированной случайной величины X :

$$\mu_k [X] = M [X^k].$$

Вычислительные формулы для $\mu_k [X]$:

$$\mu_k [X] = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^k p_i,$$

$$\mu_k [X] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^k f(x) dx,$$

$$\mu_k [X] = \sum_i (x_i - m_x)^k p_i + \int_{(K)} (x - m_x)^k F'(x) dx.$$

Математическое ожидание случайной величины X есть ее первый начальный момент, а дисперсия—второй центральный:

Второй и третий центральные моменты выражаются через начальные моменты формулами

$$\mu_2 [X] = \alpha_2 [X] - m_x^2;$$

$$\mu_3 [X] = \alpha_3 [X] - 3m_x \alpha_2 [X] + 2m_x^3.$$

2 Практическая часть

1. Может ли при каком-либо значении аргумента быть:-

- 1) Функция распределения больше единицы?
- 2) Плотность распределения больше единицы?
- 3) Функция распределения отрицательной?
- 4) Плотность распределения отрицательной?

Ответ. 1) Нет; 2) да; 3) нет; 4) нет.

2. Какова размерность: 1) функции распределения; 2) плотности распределения; 3) математического ожидания; 4) дисперсии; 5) среднего квадратического отклонения; 6) третьего начального момента?

Ответ. 1) Безразмерна; 2) обратная размерности случайной величины; 3) размерность случайной величины; 4) размерность квадрата случайной величины; 5) размерность случайной величины; 6) размерность куба случайной величины.

3. Рассматривая неслучайную величину a как частный вид случайной, построить для нее функцию распределения, найти для

$$\text{Ответ. } F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq a, \\ 1 & \text{при } x > a. \end{cases}$$

$$M[a] = a; D[a] = 0; \alpha_2[a] = a^2.$$

4. Дан график плотности распределения $f(x)$ случайной величины X (рис. 5.4). Как изменится этот график, если: а) прибавить к случайной величине 1; б) вычесть из случайной величины 2; в) умножить случайную величину на 2; г) изменить знак величины на обратный?

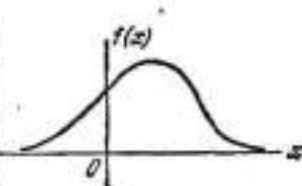


Рис. 5.4.

Ответ, а) Сдвинется влево на 1; б) сдвинется вправо на 2; в) масштаб по оси абсцисс удвоится, а по оси ординат уменьшится вдвое; г) график перевернется на свое зеркальное отражение относительно оси ординат.

5. Дан график функции распределения $F(x)$ случайной величины X (рис. 5.5). Как изменится этот график, если: а) прибавить к случайной величине 1; б) вычесть из случайной величины 1; в) умножить случайную величину на 2; г) изменить знак случайной величины на обратный?

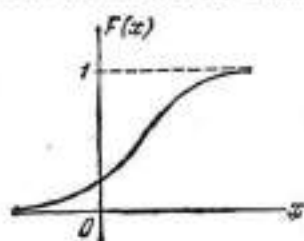


Рис. 5.5.

Ответ, а) Сдвинется влево на 1; б) сдвинется вправо на 2; в) масштаб по оси абсцисс удвоится; г) график нужно зеркально отразить относительно оси ординат и каждую ординату вычесть из единицы.

6. К случайной величине X прибавили постоянную, не случайную величину a . Как от этого изменятся ее характеристики: 1) математическое ожидание; 2) дисперсия; 3) среднее квадратическое отклонение; 4) второй начальный момент?

Ответ. 1) Прибавится слагаемое a ; 2) не изменится; 3) не изменится; 4) прибавится слагаемое $a^2 + 2amx$ (так как $\alpha_2[X] = D_x + m_x^2$).

7. Случайную величину X умножили на a . Как от этого изменятся ее характеристики: 1) математическое ожидание; 2) дисперсия; 3) среднее квадратическое отклонение; 4) второй начальный момент?

Ответ. 1) Умножится на a ; 2) умножится на a^2 ; 3) умножится на $|a|$; 4) умножится на a^3 .

8. Производится один опыт, в результате которого может появиться или не появиться событие A ; вероятность события A равна p . Рассматривается случайная величина X , равная единице, если событие A произошло, и нулю, если не произошло (число появлений события A в данном опыте). Построить ряд распределения случайной величины X и её функцию распределения, найти её м.о., дисперсию, второй начальный момент, третий центральный момент

Функция распределения $F(x)$ представлена на рис. 5.8.

$$m_x = 0 \cdot q + 1 \cdot p = p; \quad \alpha_2[X] = 0^2 \cdot q + 1^2 \cdot p = p;$$

$$D_x = \alpha_2[X] - m_x^2 = p - p^2 = p(1-p) = pq;$$

$$\mu_3[X] = (0-p)^3 q + (1-p)^3 p = pq(q-p).$$



Рис. 5.8.

Ответ. Ряд распределения:

x_i	0	1	2	3
p_i	0,216	0,432	0,288	0,064

10 Монета подбрасывается n раз; рассматривается случайная величина X — число выпавших гербов. Построить ряд распределения этой случайной величины и найти ее характеристики: m_x , D , σ , $\mu_3[X]$, μ_6

Ответ.
$$\frac{x_m \left| \begin{array}{c|c|c|c|c|c} 0 & 1 & \dots & m & \dots & n \end{array} \right.}{p_m \left| \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \left(\frac{1}{2}\right)^n & C_n^1 \left(\frac{1}{2}\right)^n & \dots & C_n^m \left(\frac{1}{2}\right)^n & \dots & \left(\frac{1}{2}\right)^n \end{array} \right.};$$

$$m_x = \frac{n}{2}; \quad D_x = \frac{n}{4}; \quad \sigma_x = \frac{\sqrt{n}}{2}; \quad \mu_3[X] = 0 \quad \left(\text{так как рас-} \right.$$

$$\left. \text{пределение симметрично относительно } m_x = \frac{n}{2} \right).$$

11. Производится n независимых опытов, в каждом из которых с вероятностью p появляется событие A . Написать ряд распределения случайной величины X — числа появлений противоположного A события \bar{A} в n опытах — и найти ее математическое ожидание и дисперсию.

Ответ.

x_m	0	1	...	m	...	n
p_m	p^n	$C_n^1 q p^{n-1}$	...	$C_n^m q^m p^{n-m}$	...	q^n

где $q = 1 - p$; $m_x = np$; $D_x = npq$.

12. Производится n независимых опытов, в каждом из которых с вероятностью p появляется событие A . Рассматривается случайная величина R — частота появления события A в n опытах, т. е. отношение числа появления события A в n опытах к общему числу произведенных опытов n . Написать ряд распределения этой случайной величины; найти ее математическое ожидание и дисперсию.

Ответ.

x_m	0	$\frac{1}{n}$	...	$\frac{m}{n}$	...	1
p_m	q^n	$C_n^1 p q^{n-1}$	...	$C_n^m p^m q^{n-m}$	...	p^n

где $q = 1 - p$; $m_x = p$; $D_x = \frac{pq}{n}$.

14. Два стрелка стреляют каждый по своей мишени, делая независимо друг от друга по одному выстрелу. Вероятность попадания в мишень для первого стрелка p_1 , для второго p_2 . Рассматриваются две случайные величины: X_1 — число попаданий первого стрелка; X_2 — число попаданий второго стрелка и их разность $Z = X_1 - X_2$. Построить ряд распределения случайной величины Z и найти её характеристики m_z , D_z

Решение. Случайная величина Z имеет три возможных значения: -1 , 0 и $+1$.

$$P(Z = -1) = P(X_1 = 0) P(X_2 = +1) = q_1 p_2;$$

$$P(Z = 0) = P(X_1 = 0) P(X_2 = 0) + P(X_1 = 1) P(X_2 = 1) = \\ = q_1 q_2 + p_1 p_2;$$

$$P(Z = 1) = P(X_1 = 1) P(X_2 = 0) = p_1 q_2,$$

где $q_1 = 1 - p_1$; $q_2 = 1 - p_2$.

Ряд распределения величины Z имеет вид

z_i	-1	0	1
p_i	$q_1 p_2$	$q_1 q_2 + p_1 p_2$	$p_1 q_2$

$$m_z = (-1) q_1 p_2 + 0 (q_1 q_2 + p_1 p_2) + 1 p_1 q_2 = \\ = -q_1 p_2 + p_1 q_2 = p_1 - p_2.$$

Дисперсию находим через второй начальный момент:

$$\alpha_2[Z] = (-1)^2 \cdot q_1 p_2 + 0^2 \cdot (q_1 q_2 + p_1 p_2) + 1^2 \cdot p_1 q_2 = \\ = q_1 p_2 + p_1 q_2 = p_1 + p_2 - 2p_1 p_2;$$

$$D_z = \alpha_2[Z] - m_z^2 = p_1 + p_2 - 2p_1 p_2 - (p_1 - p_2)^2 = p_1 q_1 + p_2 q_2.$$

16. Производится два независимых выстрела по мишени. Вероятность попадания при каждом выстреле равна p .

Рассматриваются случайные величины:

X — разность между числом попаданий и числом промахов;

Y — сумма числа попаданий и числа промахов.

Построить для каждой из случайных величин X , Y ряд распределения.

Найти их характеристики: m_x , D_x , m_y , D_y .

Решение. Ряд распределения величины X имеет вид

x_i	-2	0	2
p_i	q^2	$2pq$	p^2

где $q = 1 - p$.

$$m_x = -2q^2 + 2p^2 = 2(p - q); \quad \alpha_2[X] = 4(q^2 + p^2);$$

$$D_x = \alpha_2[X] - m_x^2 = 8pq.$$

Случайная величина Y фактически не случайна и имеет одно значение 2; ее ряд распределения:

y_i	2
p_i	1

$m_y = 2; \quad D_y = 0.$

17. В нашем распоряжении имеется n лампочек; каждая из них с вероятностью p имеет дефект. Лампочка ввинчивается в патрон и включается ток; при включении тока дефектная лампочка сразу же перегорает, после чего заменяется другой.

Рассматривается случайная величина A^n — число лампочек, которое будет испытано. Построить ее ряд распределения и найти математическое ожидание m_x .

Решение. Ряд распределения величины X

x_i	1	2	3	...	i	...	n
p_i	q	pq	p^2q	...	$p^{i-1}q$	...	p^{n-1}

где $q = 1 - p$.

$$m_x = \sum_{i=1}^{n-1} ip^{i-1}q + np^{n-1} = q \frac{d}{dp} \left(\frac{1-p^n}{1-p} \right) + np^{n-1} = \frac{1-p^n}{1-p}.$$

9 Задания для самостоятельной работы

1. Монета бросается 4 раза. Построить многоугольник распределения св. X — числа выпадений герба.
2. Вероятность сдачи экзамена первым студентом равна 0,6., а вторым — 0,9. Составить ряд распределения св. X — числа студентов, успешно сдавших экзамен в случае, когда: а) экзамены пересдавать нельзя; б) экзамен можно один раз пересдать
- 3 Два стрелка делают по одному выстрелу в одну мишень. Вероятность попадания для первого стрелка равна 0,6. а для второго — 0,8. Найти и построить функцию распределения с. в. X — числа попаданий в мишень

$$F_X(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{2}, & \text{при } 0 < x \leq \sqrt{2}, \\ 1, & \text{при } x > \sqrt{2}. \end{cases}$$

4. Убедиться, что функция является функцией распределения некоторой случайной величины
5. Дана функция распределения

$$F_X(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{2}, & \text{при } 0 < x \leq \sqrt{2}, \\ 1, & \text{при } x > \sqrt{2}. \end{cases}$$

Найти вероятность того, что в результате четырех испытаний с. в. X трижды примет значение, принадлежащее интервалу $(0; 1)$.

6. Случайная величина X задана функцией распределения:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq -1, \\ a(x+1)^2, & \text{при } -1 < x \leq 2, \\ 1, & \text{при } x > 2. \end{cases}$$

Найти значение a , построить графики $F(x)$ и $f(x)$.

7. Кривая распределения н. с. в. X имеет вид, указанный на рис. 22. Найти выражение для $f_X(x)$, функцию распределения $F_X(x)$, вероятность события $\left\{X \in \left(\frac{1}{4}; 1\right)\right\}$.

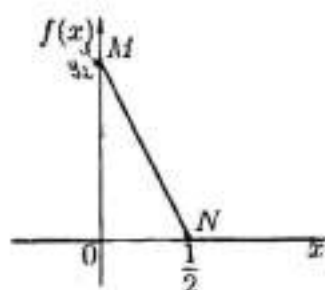


Рис. 22

8. Является ли плотностью распределения некоторой с. в. каждая из следующих функций:

а) $f(x) = \frac{x}{\pi(1+x^2)}$ при $x \in (-\infty; +\infty)$;

б) $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & \text{при } x \in (-1; 1], \\ 0, & \text{при } x \notin (-1; 1]; \end{cases}$

в) $f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \text{ и } x > 2, \\ ax^2, & \text{при } 0 \leq x \leq 2. \end{cases}$

Занятие 9 Решение задач на вычисление законов распределения

Закон распределения вероятностей дискретной случайной величины. Законы биномиальный и Пуассона

Дискретной называют случайную величину, возможные значения которой есть отдельные изолированные числа (т. е. между двумя соседними возможными значениями нет возможных значений), которые эта величина принимает с определенными вероятностями. Другими словами, возможные значения дискретной случайной величины можно перенумеровать. Число возможных значений дискретной случайной величины может быть конечным или бесконечным (в последнем случае множество всех возможных значений называют счетным).

Законом распределения (рядом распределения) дискретной случайной величины называют перечень ее возможных значений и соответствующих им вероятностей. Закон распределения дискретной случайной величины X может

$$\text{где } \sum_{i=1}^n p_i = 1.$$

X	x_1	x_2	...	x_n
P	p_1	p_2	...	p_n

быть задан в виде *таблицы*, первая строка которой содержит возможные значения x_i , а

вторая — вероятности p_i ;

или о помощи интегральной функции $P(X=x_i) = \varphi(x_i)$

Закон распределения дискретной случайной величины можно изобразить *графически*, для чего в прямоугольной системе координат строят точки $M_1(x_1; p_1)$, $M_2(x_2; p_2)$, ..., $M_n(x_n; p_n)$ (x_i — возможные значения X , p_i — соответствующие вероятности) и соединяют их отрезками прямых. Полученную фигуру называют *многоугольником, распределения*.

Биномиальным, называют закон распределения дискретной случайной величины X — числа появлений события в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность появления события равна p , вероятность возможного значения $X = k$ (числа k появлений события) вычисляют по формуле Бернулли:

$$P_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k}.$$

Если число испытаний велико, а вероятность появления события p в каждом испытании очень мала, то пользуются приближенной формулой-

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!},$$

где k — число появления события в n независимых испытаниях, $\lambda = np$ (среднее число появления события в n испытаниях) и говорят, что случайная величина распределена по закону Пуассона.

2. Практическая часть.

1 Устройство состоит из трех независимо работающих элементов. Вероятность отказа "каждого элемента в одном опыте равна 0,1. Составить закон распределения числа отказавших элементов в одном опыте.

Решение. Дискретная случайная величина X (число отказавших элементов в одном опыте) имеет следующие возможные значения: $x_1 = 0$ (ни один из элементов устройства не отказал), $x_2 = 1$ (отказал один элемент), $x_3 = 2$ (отказали два элемента) и $x_4 = 3$ (отказали три элемента).

Отказы элементов независимы один от другого, вероятности отказа каждого элемента равны между собой, поэтому формула Бернулли. Учитывая, что по условию

$$P(X=0) = \frac{C_1^0 \cdot C_4^4}{C_5^4} = \frac{1}{\frac{10 \cdot 9}{1 \cdot 2}} = \frac{1}{45};$$

$$P(X=1) = \frac{C_1^1 \cdot C_4^3}{C_5^4} = \frac{8 \cdot 2}{45} = \frac{16}{45};$$

$$P(X=2) = \frac{C_1^2 \cdot C_4^2}{C_5^4} = \frac{8 \cdot 7}{45} = \frac{28}{45}.$$

Составим искомый закон распределения:

X	0	1	2
p	1/45	16/45	28/45

Контроль: $1/45 + 16/45 + 28/45 = 1$.

2. В партии 10% нестандартных деталей. Наудачу отобраны 4 детали. Написать биномиальный закон распределения дискретной случайной величины X — числа нестандартных деталей среди четырех отобранных и построить многоугольник полученного распределения.

Отв. X	0	1	2	3	4
p	0,6561	0,2916	0,0486	0,0036	0,0001

3. Написать биномиальный закон распределения дискретной случайной величины X — числа появлений «герба» при двух бросаниях монеты.

Отв. X	0	1	2
p	1/4	1/2	1/4

4. Две игральные кости одновременно бросают 2 раза. Написать биномиальный закон распределения дискретной случайной величины X — числа выпадений четного числа очков на двух игральных костях.

Отв. X	0	1	2
p	9/16	6/16	1/16

5. В партии из 10 деталей имеется 8 стандартных. Наудачу отобраны 2 детали. Составить закон распределения числа стандартных деталей среди отобранных.

Решение. Случайная величина X — число стандартных деталей среди отобранных деталей — имеет следующие возможные значения: $x_1 = 0$; $x_2 = 1$; $x_3 = 2$. По формуле

$$P(X=k) = \frac{C_n^k \cdot C_{N-n}^{m-k}}{C_N^m}$$

(N — число деталей в партии, n — число стандартных деталей в партии, m — число отобранных деталей, k — число стандартных деталей среди отобранных), находим:

$n=8$; $p=0,8$ (следовательно, $q=1-0,8=0,2$), получим:

$$P_3(0) = q^2 = 0,9^2 = 0,729; P_3(1) = C_3^1 p q^2 = 3 \cdot 0,8 \cdot 0,9^2 = 0,243;$$

$$P_3(2) = C_3^2 p^2 q = 3 \cdot 0,8^2 \cdot 0,2 = 0,027; P_3(3) = p^3 = 0,8^3 = 0,001.$$

Контроль: $0,729 + 0,243 + 0,027 + 0,001 = 1$.

Напишем искомый биномиальный закон распределения X :

X	0	1	2	3
p	0,729	0,243	0,027	0,001

6. В партии из шести деталей имеется 4 стандартных. Наудачу отобраны 3 детали. Составить закон распределения дискретной случайной величины X — числа стандартных деталей среди отобранных.

Отв. X	0	1	2	3
p	0	1/5	3/5	1/5

7. Экзаменатор задает студенту дополнительные вопросы. Вероятность того, что студент ответит на любой заданный вопрос, равна 0,9. Преподаватель прекращает экзамен, как только студент обнаруживает незнание заданного вопроса. Требуется: а) составить закон распределения дискретной случайной величины X — числа дополнительных вопросов, которые задаст преподаватель студенту; б) найти наимвероятнейшее число k_0 заданных студенту дополнительных вопросов.

Решение, а) Дискретная случайная величина X — число заданных дополнительных вопросов — имеет следующие возможные значения: $x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 3, \dots, x_k = k, \dots$

Найдем вероятности этих возможных значений.

Величина X примет возможное значение $x_1 = 1$ (экзаменатор задаст только один вопрос), если студент не ответит на первый вопрос. Вероятность этого возможного значения равна $1 - 0,9 = 0,1$. Таким образом, $P\{X = 1\} = 0,1$.

Величина X примет возможное значение $x_2 = 2$ (экзаменатор задаст только 2 вопроса), если студент ответит на первый вопрос (вероятность этого события равна 0,9) и не ответит на второй (вероятность этого события равна 0,1). Таким образом, $P\{X = 2\} = 0,9 \cdot 0,1 = 0,09$.

Аналогично найдем

$$P\{X = 3\} = 0,9 \cdot 0,1 = 0,081, \dots, P\{X = k\} = 0,9^{k-1} \cdot 0,1, \dots$$

Напишем искомый закон распределения:

X	1	2	3	...	k	...
p	0,1	0,09	0,081	...	$0,9^{k-1} \cdot 0,1$	...

б) Наивероятнейшее число k_0 заданных вопросов (наивероятнейшее возможное значение X), т. е. число заданных преподавателем вопросов, которое имеет наибольшую вероятность, как следует из закона распределения, равно единице.

8. Вероятность того, что стрелок попадет в мишень при одном выстреле, равна 0,8. Стрелку выдаются патроны до тех пор, пока он не промахнется. Требуется: а) составить закон распределения дискретной случайной величины X — числа патронов, выданных стрелку; б) найти наивероятнейшее число выданных стрелку патронов.

Отв. а)

X	1	2	3	...	k	...
p	0,2	0,16	0,128	...	$0,8^{k-1} \cdot 0,2$	...

б) $k_0 = 1$.

9. Из двух орудий поочередно ведется стрельба по цели до первого попадания одним из орудий. Вероятность попадания в цель первым орудием — равна 0,3, вторым — 0,7. Начинает стрельбу первое орудие. Составить законы распределения дискретных случайных величин X и Y — числа израсходованных снарядов соответственно первым и вторым орудием.

Отв.

X	1	2	3	...	k	...
p	0,3	$0,7 \cdot 0,3^2$	$0,7^2 \cdot 0,3^3$	...	$0,7^{k-1} \cdot 0,3^k$	...
Y	1	2	3	...	k	...
p	$0,7^2$	$0,3 \cdot 0,7^3$	$0,3^2 \cdot 0,7^4$	...	$0,3^{k-1} \cdot 0,7^{k+1}$	...

10. Два бомбардировщика поочередно сбрасывают бомбы на цель до первого попадания. Вероятность попадания в цель первым бомбардировщиком равна 0,7,

вторым — 0,8. Вначале сбрасывает бомбы первый бомбардировщик. Составить первые четыре члена закона распределения дискретной случайной величины X — числа сброшенных бомб обоими бомбардировщиками (т. е. ограничиться возможными значениями X , равными 1, 2, 3 и 4). ,, ,

Отв. X	1	2	3	4
p	0,7	0,24	0,042	0,0144

11. Учебник издан тиражом 100 000 экземпляров. Вероятность того, что учебник сброшюрован неправильно, равна 0,0001. Найти вероятность того, что тираж содержит ровно 5 бракованных книг.

Решение. По условию $n = 100\ 000$, $p = 0,0001$, $A: = 5$. События, состоящие в том, что книги сброшюрованы неправильно, независимы, число n велико, а вероятность p мала, поэтому воспользуемся распределением Пуассона

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}.$$

Найдем λ :

$$\lambda = np = 100\ 000 \cdot 0,0001 = 10.$$

Искомая вероятность

$$P_{100\ 000}(5) = \frac{10^5 \cdot e^{-10}}{5!} = \frac{10^5 \cdot 0,000045}{120} = 0,0375.$$

12. Устройство состоит из 1000 элементов, работающих независимо один от другого. Вероятность отказа любого элемента в течение времени T равна 0,002. Найти вероятность того, что за время T откажут ровно 3 элемента.

Указание. Принять $e^{-2} = 0,13534$.

Отв. $P_{1000}(3) = 0,18$.

13. Станок-автомат штампует детали. Вероятность того, что изготовленная деталь окажется бракованной, равна 0,01. Найти вероятность того, что среди 200 деталей окажется ровно 4 бракованных.

Отв. $P_{200}(4) = 0,18$

14. Завод отправил на базу 500 изделий. Вероятность повреждения изделия в пути равна 0,002. Найти вероятности того, что в пути будет повреждено изделий: а) ровно 3; б) менее трех; в) более трех; г) хотя бы одно.

Решение. Число $n = 500$ велико, вероятность $p = 0,002$ мала и рассматриваемые события (повреждение изделий) независимы, поэтому имеет

$$P_n(k) = \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}.$$

а) Найдем λ :

$$\lambda = np = 500 \cdot 0,002 = 1.$$

Найдем вероятность того, что будет повреждено ровно 3 ($k = 3$) изделия:

$$P_{500}(3) = \frac{e^{-1}}{3!} = \frac{0,36788}{6} = 0,0613.$$

б) Найдем вероятность того, что будет повреждено менее трех изделий:

$$\begin{aligned} P_{500}(0) + P_{500}(1) + P_{500}(2) &= e^{-1} + e^{-1} + \frac{e^{-1}}{2} = \\ &= \frac{5}{2} e^{-1} = \frac{5}{2} \cdot 0,36788 = 0,9197. \end{aligned}$$

место формула Пуассона

в) Найдем вероятность P того, что будет повреждено более трех изделий. События «повреждено более трех изделий» и «повреждено не более трех

изделий» (обозначим вероятность этого события через Q) — противоположны, поэтому

Отсюда

$$P = 1 - Q = 1 - [P_{600}(0) + P_{600}(1) + P_{600}(2) + P_{600}(3)].$$

Используя результаты, полученные выше, имеем

$$P = 1 - [0,9197 + 0,0613] = 0,019.$$

г) Найдем вероятность P_x того, что будет повреждено хотя бы одно изделие. События «повреждено хотя бы одно изделие» и «ни одно из изделий не повреждено» (обозначим вероятность этого события через Q_x) — противоположные, следовательно,

Отсюда искомая вероятность того, что будет повреждено хотя бы одно изделие, равна

$$p_1 = 1 - Q_1 = 1 - p_{600}(0) = 1 - e^{-\lambda} = 1 - 0,36788 = 0,632.$$

15. Магазин получил 1000 бутылок минеральной воды. Вероятность того, что при перевозке бутылка окажется разбитой, равна 0,003. Найти вероятности того, что магазин получит разбитых бутылок: а) ровно две; б) менее двух; в) более двух; г) хотя бы одну.

Указание. Принять $e^{-\lambda} = 0,04979$.

Отв. а) $P_{1000}(2) = 0,224$; б) $P_{1000}(0) + P_{1000}(1) = 0,1992$;

в) $P_{1000}(k > 2) = 0,5678$; г) $P = 1 - P_{1000}(0) = 0,95$.

16. Устройство состоит из большего числа независимо работающих элементов с одинаковой (очень малой) вероятностью отказа каждого элемента за время T . Найти среднее число отказавших за время T элементов, если вероятность того, что за это время откажет хотя бы один элемент, равна 0,98.

Решение. Из условия задачи следует (поскольку число элементов велико, элементы работают независимо и вероятность отказа каждого элемента мала), что число отказов распределено по закону Пуассона, причем требуется найти параметр λ (среднее число отказов).

Вероятность того, что откажет хотя бы один элемент, по условию равна 0,98, следовательно

$$1 - e^{-\lambda} = 0,98.$$

Отсюда

$$e^{-\lambda} = 1 - 0,98 = 0,02.$$

По таблице функции e^x находим: $\lambda = 3,9$. Итак, за время T работы устройства откажет примерно 4 элемента. 182. Найти среднее число K бракованных изделий в партии изделий, если вероятность того, что в этой партии содержится хотя бы одно бракованное изделие, равна 0,95. Предполагается, что число бракованных изделий в рассматриваемой партии распределено по закону Пуассона.

Указание. Принять $e^{-\lambda} = 0,05$.

Отв. $\lambda = 3$.

3 Задания для самостоятельной работы

1. Известно, что с.в. $X \sim N(3,2)$. Найти
2. Нормально распределенная с. в. X задана плотностью вероятностей

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}.$$

Найти: а) вероятность попадания с. в. в интервал (1,3); б) симметричный относительно математического ожидания интервал, в который с вероятностью 0,8926 попадет св. X в результате опыта; в) MQX и M_eX . Построить нормальную кривую.

3. Найти коэффициенты асимметрии и эксцесса нормального распределения с параметром $\alpha = 0$.

Занятие 10 Решение задач с применением теории графов

1. Теоретическая часть

Такая структура, как **граф** (в качестве синонима используется также термин «сеть»), имеет самые различные применения в информатике и в смежных прикладных областях.

Граф $G = (V, E)$ задается парой конечных множеств V и E . Элементы первого множества v_1, v_2, \dots, v_M называются **вершинами** графа (при графическом представлении им соответствуют точки). Элементы второго множества e_1, e_2, \dots, e_N называют **ребрами**. Каждое ребро определяется парой вершин (при графическом представлении ребро соединяет две вершины графа). Если ребра графа определяются упорядоченными парами вершин, то такой граф называют **ориентированным** (на чертеже при изображении ориентированного графа на каждом ребре ставят стрелку, указывающую его направление). Ориентированный граф с пятью вершинами и семью ребрами изображен на рисунке 1. Степенью входа (выхода) вершины ориентированного графа называется число ребер, для которых эта вершина является концом (началом). Степень входа обозначается $deg_+(v)$, а степень выхода - $deg_-(v)$. Например, $deg_+(4) = 3, deg_-(4) = 1$.

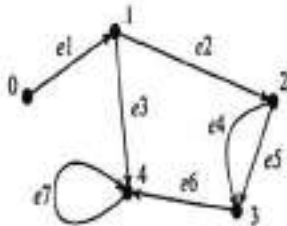


Рисунок 1 - Пример ориентированного графа

Если две вершины соединены двумя или более ребрами, то эти ребра называют параллельными или кратными (например, ребра e_4 и e_5). Если начало и конец ребра совпадают, то такое ребро называется **петлей** (например, ребро e_7). Граф без петель и параллельных ребер называется **простым**.

Если ребро e_k определяется вершинами v_i и v_j (будем обозначать этот факт следующим образом: $e_k = (v_i, v_j)$), то говорят, что ребро e_k **инцидентно** вершинам v_i и v_j . Две вершины v_i и v_j называются смежными, если в графе существует ребро (v_i, v_j) .

Число ребер, инцидентных вершине v , называется **степенью** этой вершины и обозначается $deg(v)$.

Вершина графа, имеющая степень равную нулю, называется **изолированной**. Граф, состоящий из изолированных вершин называется **нуль-графом**. Вершина, имеющая степень, равную 1, называется **висячей**.

Последовательность попарно инцидентных вершин $v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ik}$ то есть последовательность ребер, в которой каждая вершина предыдущего ребра совпадает с первой вершиной следующего, называется **маршрутом** в графе G . Вершины v_{i1} и v_{ik} называют **концевыми** вершинами маршрута, все остальные входящие в него вершины - **внутренними**.

Число ребер маршрута называется **длиной** маршрута, например $|0123|=3$.

Маршрут, в котором все определяемые им ребра различны, называют **цепью**. Цепь считают замкнутой, если ее концевые вершины совпадают. Замкнутая цепь, в которой все вершины (за исключением концевых) различны, называется **циклом**.

Расстоянием между двумя вершинами называется минимальная длина из всех возможных маршрутов между этими вершинами. Обозначается $d(v_1, v_2) = \min(v_1, v_2)$. Например $d(0, 4) = 2$.

Незамкнутая цепь, в которой все вершины различны, носит название **путь**. Если в ориентированном графе существует путь из v_i в v_j , то говорят, что вершина v_j достижима из вершины v_i .

Две вершины v_i и v_j называют связанными в графе G , если в нем существует путь, для которого эти вершины являются концевыми. Граф G называется связным, если каждые две вершины в нем являются связанными. На

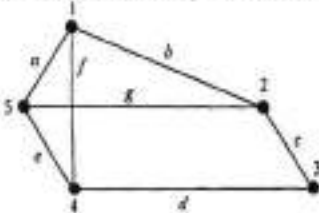
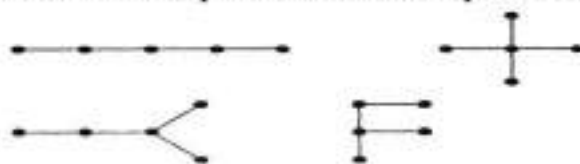


Рисунок 2 - Пример неориентированного связного графа

рисунке 2 изображен простой неориентированный связный граф.

Последовательность вершин $v1, v5, v4, v3$, например, определяет путь, а последовательность вершин $v1, v5, v4, v3, v2, v1$ - цикл. Деревом будем называть неориентированный связный граф без циклов.

Лес - это любой граф без циклов. На рисунке 3 показаны возможные деревья с пятью вершинами.



Рисунке 3 - Примеры деревьев

В качестве моделей графы удобно использовать в тех случаях, когда рассматривается система каких-либо объектов, между которыми существуют определенные связи, отношения, когда изучается структура системы, возможности ее функционирования. В графы удобно использовать используются при моделирование процессов.

Важным вопросом, особенно для приложений теории графов, является определение возможных способов представления графов. Самый простой способ - полное перечисление множеств V и E . Однако очевидно, что в этом случае выявление у графа различных характеристик и свойств будет крайне

затруднительным. Граф можно представить в виде некоторого графического изображения и визуально определить некоторые свойства и характеристики заданного графа. Однако при наличии в графе - большого числа ребер и вершин этот способ также мало пригоден.

Существуют различные способы задания графа: геометрический (схемы, рисунки, диаграммы), простое перечисление вершин и ребер, табличный.

Рассматривая различные возможные способы представления графов, мы должны иметь в виду потребность ввода соответствующей информации в компьютер. В этой связи ввод информации в числовом виде предпочтителен (хотя современные технические средства допускают ввод и графической информации (таблиц, текста, графиков, рисунков и т.д.), после чего может производиться обработка такой информации).

Графы, различающиеся только изображениями, называются **изоморфными**.

Матрица смежности. Если вершины неориентированного графа G помечены метками v_1, v_2, \dots, v_n , то элементы матрицы смежности $A(G)$ размера $N \times N$ определяются следующим образом: $A(i,j) = 1$, если v_i смежна с v_j ; $A(i,j) = 0$ в противном случае (рис. 4, а).

Для ориентированного графа G - $A(i,j) = 1$, если дуга направлена от вершины v_i к вершине v_j ; $A(i,j) = 0$ в противном случае.

Матрица инцидентности. Если вершины неориентированного графа G помечены метками v_1, v_2, \dots, v_m , а ребра - метками e_1, e_2, \dots, e_n , то элементы матрицы инцидентности $I(G)$ размера $M \times N$ определяются правилом: $I(i,j) = 1$, если v_i инцидентна e_j ; $I(i,j) = 0$ в противном случае (см. рис. 4. б).

Для ориентированного графа G -; $I(i,j) = 1$, если v_i является *начальной* вершиной ребра e_j ; $I(i,j) = -1$, если v_i является *конечной* вершиной ребра e_j ; $I(i,j) = 0$ в противном случае.

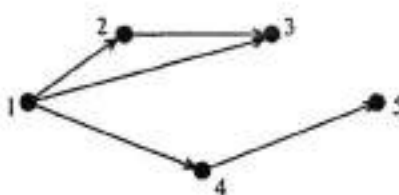
$$A(G): \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 5 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Рис. 4, а. Матрица смежности

$$I(G): \begin{array}{c|ccccccccc} & a & b & c & d & e & f & g \\ \hline 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{array}$$

Рис. 4, б. Матрица инцидентности

Для ориентированного графа G , имеющего N вершин, можно рассмотреть **матрицу достижимости** $C(G)$ размера $N \times N$, элементы которой определяются так: $C(i,j) = 1$, если вершина v_j достижима из v_i ; $C(i,j) = 0$ в противном случае. Ниже приведен пример ориентированного графа и его матрицы достижимости, рис. 5.



$$C(G): \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Рисунок 5 - Матрица достижимости ориентированного графа

2. Практическая часть

1 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1		1			1	1
V_2	1		1		1	
V_3		1	2			
V_4				2		
V_5	1	1				1
V_6	1				1	

2 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1			1	1		
V_2				1	1	
V_3	1				1	1
V_4	1	1			1	
V_5			1	1	2	
V_6		1	1			

3 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1				1	1	
V_2		2	1			1
V_3	1	1		1		
V_4	1		1		1	1
V_5				1		
V_6	1	1		1		

4 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1	2			1		
V_2			1			1
V_3		1		1	1	
V_4	1		1			1
V_5			1			1
V_6		1		1	1	

5 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1			1	1		
V_2					1	1
V_3	1			1		1
V_4	1		1		1	
V_5		1		1		
V_6		1	1			2

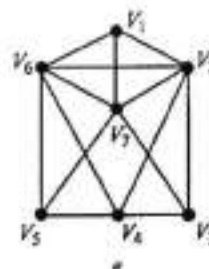
6 Орграф задан матрицей смежности.

- Постройте изображение этого графа,
- Укажите степени вершин графа.
- По матрице смежности постройте матрицу инцидентности этого графа
- Содержит ли граф цикл, Простой цикл? Укажите его
- Укажите наибольшую цепь графа
- Определите вид заданного графа.

r	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6
v_1					1	1
v_2		2				1
v_3				1		
v_4			1		1	1
v_5	1			1		
v_6	1	1		1		

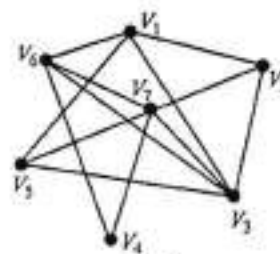
7 Граф G задан диаграммой

- Составьте для него матрицу смежности.
- Постройте матрицу инцидентности.
- Укажите степени вершин графа.
- Найдите длину пути из вершины V_2 в вершину V_5 , составьте маршруты длины 5, цепь и простую цепь, соединяющие вершину V_2 и вершину V_5 .
- Постройте простой цикл, содержащий вершину V_4 .
- Определите вид заданного графа.



8 Граф G задан диаграммой

- Составьте для него матрицу смежности.
- Постройте матрицу инцидентности.
- Укажите степени вершин графа.
- Найдите длину пути из вершины V_2 в вершину V_5 , составьте маршруты длины 5, цепь и простую цепь, соединяющие вершину V_2 и вершину V_5 .
- Постройте простой цикл, содержащий вершину V_4 .
- Определите вид заданного графа.



9 Ориентированный граф $G(V, X)$ с множеством вершин $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ задан списком дуг $X = \{(1, 5), (2, 3), (2, 3), (4, 5), (4, 6), (5, 6), (5, 1), (6, 6), (3, 2), (5, 4), (6, 4), (7, 2), (6, 7), (7, 5)\}$;

- Постройте реализацию графа G .
- Постройте матрицу инцидентности графа G .
- Постройте матрицу смежности G .
- Задайте соответствующий неориентированный граф матрицей смежности.
- Укажите степени вершин полученного графа
- Определите вид заданного графа.

10 Ориентированный граф $G(V, X)$ с множеством вершин $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ задан списком дуг $X = \{(1, 1), (2, 2), (2, 3), (3, 5), (4, 6), (4, 6), (5, 1), (5, 6), (5, 2), (6, 4), (7, 4), (7, 2), (7, 2), (7, 5)\}$;

- Постройте реализацию графа G .
- Постройте матрицу инцидентности графа G .
- Постройте матрицу смежности G .
- Задайте соответствующий неориентированный граф матрицей смежности.
- Укажите степени вершин полученного графа
- Определите вид заданного графа.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж имени С.И. Мосина



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим и самостоятельным работам**

по дисциплине «Математическая логика»

для специальности


09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы»

Тула 2022

УТВЕРЖДЕНЫ

Цикловой комиссией естественнонаучных дисциплин

Протокол от «8» 01 2022 г. № 6

Председатель цикловой комиссии  Рейм Е.А.

Авторы: Воронцова Н.В., преподаватель, к.т.н.

Тема 2.1 Логика высказываний

Занятие 1. Применение высказываний и операции над ними. Построение таблиц истинности пропозициональных формул

1. Теоретическая часть

Высказывание — это предложение, которое либо истинно, либо ложно. Например, высказывание «Москва — столица СССР» является истинным, а высказывание «Волга впадает в Черное море» — ложным.

Не всякое предложение является высказыванием. Так, к высказываниям не относятся вопросительные и восклицательные предложения, поскольку говорить об их истинности или ложности нет смысла. Не являются высказываниями и такие предложения: «Каша — вкусное блюдо», «Математика — интересный предмет»; нет и не может быть единого мнения о том, истинны эти предложения или ложны. Предложение «Существуют инопланетные цивилизации» следует считать высказыванием, так как объективно оно либо истинное, либо ложное, хотя никто пока не знает, какое именно.

Конъюнкция и дизъюнкция.

A	B	$A \wedge B$
$и$	$И$	$И$
$и$	$Л$	$л$
$л$	$и$	$л$
$л$	$л$	$л$

A	\vee	$A \vee B$
$и$	$и$	$и$
$и$	$л$	$и$
$Л$	$и$	$и$
$Л$	$л$	$л$

Отрицание.

A	$\neg A$
$и$	$Л$
$л$	$и$

°. Импликация и эквиваленция

A	B	$A \rightarrow B$
$и$	$и$	$и$
$и$	$Л$	$Л$
$Л$	$и$	$и$
$Л$	$л$	$и$

A	\leftrightarrow	$A \leftrightarrow B$
$и$	$и$	$и$
$и$	$л$	$л$
$л$	$и$	$л$
$Л$	$л$	$и$

2. Практическая часть

Практика № 1

1. Установите, какие из следующих предложений являются высказываниями; высказывательными формами; ни тем, ни другим:

а) $3+2 = 5$; б) $3 < 2$; в) $3x < 2$; г) $y^2 \geq 0$; д) «Число слов в этом предложении равно семи»; е) «Осень — лучшая пора года»; ж) «Знаете ли вы украинскую ночь?»; з) «В четырехугольнике противоположные стороны конгруэнтны»; и) «Во всяком четырехугольнике противоположные стороны конгруэнтны»; к) «В некоторых четырехугольниках противоположные стороны конгруэнтны»; л) «Существует число x такое, что $x^2 < 0$ »; м) «Для всякого числа x $|x| > 0$ »; н) «В городе N более 100 000 жителей»; о) «Существует наибольшее натуральное число»; п) $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$.

2. Укажите, какие из высказываний в упр. 1 истинные и какие — ложные.

3. В каждую высказывательную форму из упр. 1 подставьте значение переменной так, чтобы получилось: истинное высказывание; ложное высказывание.

4. Каждую высказывательную форму из упр. 1 превратите в истинное высказывание с помощью слова «всякий» или «существует».

5. Придумайте по два примера: а) истинного высказывания; б) ложного высказывания; в) высказывательной формы с числовыми переменными; г) высказывательной формы с нечисловыми переменными; д) предложения, не являющегося ни высказыванием, ни высказывательной формой.

6. В данных составных предложениях выделите составляющие их элементарные предложения и логические связки: а) «Диагонали ромба взаимно перпендикулярны и делят его углы пополам»; б) «Я буду изучать немецкий или английский»; в) «Если телепатия существует, то некоторые физические законы требуют пересмотра»;

7. г) «Треугольник является равносторонним тогда и только тогда, когда все его углы конгруэнтны»; д) «Не существует рационального числа, квадрат которого равен 2».

8. Из предложений «Солнце всходит на востоке» и «Солнце заходит на западе» составьте новые предложения с помощью всех логических связок.

8. Определите значения истинности следующих высказываний: а) «Париж расположен на Сене и $2+3 = 5$ »; б) «1 — простое число и 2 — простое число»; в) «1 — простое число или 2 — простое число»; г) «Число 2 — четное или это число — простое»; д) $2 \leq 3$, $2 \geq 3$, $2 * 2 \leq 4$, $2 * 2 \geq 4$; е) « $2 * 2 = 4$ или белые медведи живут в Африке»; ж) $2 * 2 = 4$, и $2 * 2 \leq 5$, и $2 * 2 \geq 4$.

9. Определите значения истинности высказываний A , B , C и D , если
а) $A \wedge (2 * 2 = 4)$ — истинное высказывание; б) $B \wedge (2 * 2 = 4)$ — ложное высказывание; в) $C \vee (2 * 2 = 5)$ — истинное высказывание;
г) $D \vee (2 * 2 = 5)$ — ложное высказывание.

10. Изобразите на координатной плоскости множества точек, координаты которых обращают следующие высказывательные формы в истинные высказывания: а) $(x > 0) \wedge (y > 0)$; б) $(x > 0) \wedge (y < 0)$; в) $(x < 0) \wedge (y = 0)$; г) $(x = 0) \wedge (y = 0)$; д) $(x > 0) \vee (y > 0)$; е) $(x > 0) \vee (y < 0)$; ж) $(x < 0) \vee (y = 0)$; з) $(x = 0) \vee (y = 0)$.

П. Для каждой из данных высказывательных форм определите, может ли она стать: ложным высказыванием; истинным высказыванием а) «Число n

четно и число $n + 1$ четно»; б) «Число n четно или число $n + 1$ четно»; в) «Прямые a и b на плоскости параллельны или пересекаются»; г) «Прямые a и b в пространстве параллельны или пересекаются»;

д) $\begin{cases} x > 0 \\ x < 0 \end{cases}$ е) $\begin{cases} x > 1 \\ x < 0 \end{cases}$ æ) $(x > 0) \vee (x < 0)$ з) «Треугольник ABC — прямоугольный

или тупоугольный или остроугольный».

12. Каждое из следующих предложений замените конъюнкцией либо дизъюнкцией, имеющей тот же смысл: а) «Все однозначные простые числа, большие двух, нечетны»; б) «Каждое слагаемое суммы $a + b + c$ четно»; в) «По крайней мере одно из натуральных чисел n , $n - 1$, $n + 1$ четно»; г) «Число a принадлежит хотя бы одному из множеств A и B »; д) «Существует натуральное число, большее 118 и меньшее 123, которое делится на 7»; е) «Квадратное уравнение имеет не более двух корней».

Сформулируйте и запишите в виде конъюнкции или дизъюнкции условие истинности каждого предложения (a и b — действительные числа):

а) $a \neq b$ б) $ab = 0$ в) $a^2 + b^2 = 0$ г) $a/b = 0$ д) $|a| = 2$ е) $|a| < 2$ ж) $|a| > 2$

14. Сформулируйте отрицания следующих высказываний; укажите значения истинности данных высказываний и их отрицаний: а) «Луна — спутник Марса»; б) «32 не делится на 4»; в) $5 > 2$; г) $3 \leq 5$; д) «Все простые числа нечетны».

15. Установите, какие из предложений в следующих парах являются отрицаниями друг друга и какие — нет (объясните, почему): а) $a < 0$; $a \geq 0$; б) $a < 0$; $a > 0$; в) «Треугольник ABC — прямоугольный»; «Треугольник ABC — остроугольный»; г) «Натуральное число n четно», «Натуральное число n нечетно»; д) «Функция f нечетна», «Функция f четна»; е) «Все простые числа нечетны», «Все простые числа четны»; ж) «Все простые числа нечетны», «Существует простое четное число»; з) «Человеку известны все виды животных, обитающих на Земле», «На Земле существует вид животных, не известный человеку»; и) «Существуют иррациональные числа», «Все числа — рациональные».

16. Следующие предложения запишите без знака отрицания а) $\overline{a < b}$; б) $\overline{a \geq b}$ в)

$\overline{a \leq b}$ д) $\overline{a > b}$

17. Докажите или опровергните следующие утверждения, образовав отрицания: а) $2 \geq 2$; б) $2 \leq 3$; в) $3 \geq 5$; г) «Всякое уравнение с одним неизвестным имеет действительный корень»; д) «Всякий четырехугольник с перпендикулярными диагоналями — ромб»; е) «Ни одно русское слово не содержит более двух одинаковых гласных подряд»; ж) «Всякое решение неравенства $x^2 < 0$ по модулю не превосходит 1».

18. Определите значения истинности следующих высказываний: а) «Если 12 делится на 6, то 12 делится на 3»; б) «Если 11 делится на 6, то 11 делится на 3»; в) «Если 15 делится на 6, то 15 делится на 3»; г) «Если 15

- делится на 3, то 15 делится на 6»; д) «Если Париж расположен на Темзе, то белые медведи обитают в Африке»;
- е) «12 делится на 6 тогда и только тогда, когда 12 делится на 3»;
- ж) «11 делится на 6 тогда и только тогда, когда 11 делится на 3»;
- з) «15 делится на 6 тогда и только тогда, когда 15 делится на 3»;
- и) «15 делится на 5 тогда и только тогда, когда 15 делится на 4»;
- к) «Солнце всходит на востоке тогда и только тогда, когда оно заходит на западе».

19. Пусть через A обозначено высказывание «9 делится на 3», а через B — высказывание «10 делится на 3». Определите значения истинности следующих высказываний а) $A \rightarrow B$; б) $B \rightarrow A$; в) $\overline{A} \leftrightarrow B$; г) $\overline{B} \rightarrow A$; д) $\overline{A} \rightarrow \overline{B}$; е) $\overline{B} \rightarrow A$; ж) $A \rightarrow \overline{B}$; з) $B \leftrightarrow A$; и) $A \leftrightarrow B$; к) $A \leftrightarrow \overline{B}$; л) $\overline{B} \leftrightarrow A$; ж) $A \leftrightarrow \overline{B}$;

20. Определите значения истинности высказываний A , B , C и D в следующих предложениях, первые два из которых истинны, а последние два — ложны а) «Если 4 — четное число, то $A \geq$ »; б) «Если B , то 4 — нечетное число»; в) «Если 4 — четное число, то C »; г) «Если D , то 4 — нечетное число».

УПРАЖНЕНИЯ

1. Определите, какие из следующих выражений являются формулами логики высказываний, и выпишите эти формулы: X ; x ; X_5 ; F ; X_1 , F_1 , u ; a ; $Y \wedge Z$; $X \vee Y$; $Y \vee X$; \overline{X} ; $\overline{X} \wedge \overline{Y}$; $\overline{X} \vee \overline{Y}$; $X \rightarrow Y$ ($X \wedge Y$) $\vee Z$; $X \wedge (Y \vee Z)$; $X \wedge Y \vee Z$; $X \rightarrow (Y \wedge Z)$; $(X \wedge Y) \leftrightarrow (Z \vee X_1)$ $\{X \wedge Y \leftrightarrow Z\} \vee X_3$; $X \vee u$; $X \wedge l$.

2. Выпишите все формулы, входящие в формулу $\overline{\overline{x \wedge y} \rightarrow ((z \vee x) \leftrightarrow Y)}$

3. Формализуйте следующие предложения **: а) «2 — простое число и 3 — простое число»; б) «Ломоносов — великий ученый и талантливый поэт»; в) «Число n делится на 2 или на 3»; г) «Высказывание A истинно или ложно»; д) «Скрещивающиеся прямые не лежат в одной плоскости»; е) «Неверно, что две стороны трапеции конгруэнтны и параллельны»; ж) «Две стороны трапеции не конгруэнтны или не параллельны»; з) «Неверно, что 100 делится на 3 и на 7»; и) «100 не делится ни на 3, ни на 7»; к) «Если число четно и больше двух, то оно равно сумме двух простых чисел»; л) «Если $x \in M \cap N$, то $x \notin M$ и $x \in N$ »; м) «Я сделаю зарядку и, если будет хорошая погода, поеду за город»; н) «Если $c > a$, $c > b$ и $c^2 \neq a^2 + b^2$, то неверно, что треугольник со сторонами a , b , c — прямоугольный»; о) «Четырехугольник является квадратом тогда и только тогда, когда все его стороны и все углы конгруэнтны»; п) «Две плоскости параллельны тогда и только тогда, когда они не имеют общих точек или совпадают»; р) «Если $x^2 - 5x + 6 = 0$, то $x = 2$, $x = 3$ »; с) $|x| < 2$, откуда $x > -2$, $x < 2$; т) « $|x| > 2$, откуда $x > 2$, $x < -2$ ». (В трех последних предложениях нужно выявить подразумеваемые логические связки.)

4. Для каждой формулы придумайте два формализуемых ею

предложения: а) $\overline{X} \rightarrow Y$ б) $\overline{X} \rightarrow (Y \vee Z)$; в) $\overline{\overline{X} \rightarrow Y} \leftrightarrow (\overline{X_1} \vee Y_1)$; г)

$$\overline{X \vee Y} \leftrightarrow (\overline{x} \wedge \overline{y}).$$

5. Для каждой ли формулы из упр. 4 можно придумать ложное высказывание, ею формализуемое?

6. В следующих предложениях укажите слова языка логики высказываний: а) «Если F_1 — формула $\overline{x \wedge y}$, а F_2 — формула $\overline{X \vee Y}$; то из F_1 и F_2 можно образовать формулу $\overline{x \wedge y} \leftrightarrow (\overline{x} \vee \overline{y})$; б) «Импликация $X \rightarrow Y$ ложна тогда и только тогда, когда X истинно, а Y ложно»; в) «Импликации $X \rightarrow Y$ и $Y \rightarrow X$ истинны при любом значении Y ».

7. Определите, какие слова в следующих предложениях принадлежат метаязыку и какие — языку-объекту. Выражения, принадлежащие языку-объекту, подчеркните: а) «Предложение «2 — простое число и 2 — четное число» — сложносочиненное»; б) «Хлеб — имя существительное»; в) «Peace — слово английского языка»; г) «Название монеты «копейка» происходит от слова «копье»; д) «Предложение $ax^2 + bx + c = 0$ принадлежит символическому языку математики»; е) «Уравнение $ax^2 + bx + c = 0$ имеет не более двух корней»; ж) «Истина» по-английски — true, а «ложь» — false»; з) «True и false — слова языка АЛГОЛ».

3 Задания для самостоятельной работы

1. Определите значения истинности высказываний A , B , C , D в следующих предложениях, первые два из которых истинны, а последние два — ложны: а) $A \leftrightarrow (2 < 3)$; б) $B \leftrightarrow (2 > 3)$; в) $C \leftrightarrow (2 < 3)$; г) $D \leftrightarrow (2 > 3)$

Придумайте по два примера: а) истинной импликации с истинным антецедентом; б) истинной импликации с ложным консеквентом; в) ложной импликации; г) истинной эквиваленции; д) ложной эквиваленции.

2. Определите, может ли данная высказывательная форма стать ложным высказыванием: а) «Если последняя цифра в записи натурального числа n есть нуль, то число n кратно 5»; б) «Если x — брат y , то x и y — родственники»; в) «Если x — брат y , то y — брат x »; г) « x — дочь y тогда и только тогда, когда y — мать x »; д) «Число n кратно 2 тогда и только тогда, когда число n^2 четно»; е) « x старше y тогда и только тогда, когда y моложе x ».

3. Найдется ли такой день недели, когда: а) утверждение «Если сегодня понедельник, то завтра пятница» истинно; б) утверждение «Если сегодня понедельник, то завтра вторник» ложно?

На столе лежат 4 карточки: $| A |$, $| B |$, $| 4 |$, $| 5 |$. На каждой карточке с одной стороны написана буква, а с другой — число. Какие карточки нужно перевернуть, чтобы доказать или опровергнуть утверждение: «Если на одной стороне карточки гласная, то на обороте — четное число»?

4. Сформулируйте в виде импликаций следующие предложения: а) «Во всяком треугольнике сумма величин внутренних углов равна 180° »; б) «Диагонали ромба взаимно перпендикулярны»; в) «Во вписанном

четырёхугольнике суммы величин противоположных углов равны»; г) «Во всякий треугольник можно вписать окружность»; д) «В прямоугольном треугольнике квадрат длины гипотенузы равен сумме квадратов длин катетов»; е) «Всякий элемент множества A принадлежит множеству B ».

5. С помощью определения импликации и определения подмножества докажите, что пустое множество есть подмножество любого множества.

6. Составьте таблицы истинности для формул: а) $(x \rightarrow y) \vee \overline{x \wedge y}$ б)

$\overline{x \vee y} \rightarrow (x \leftrightarrow z)$ в) $((x_1 \rightarrow x_2) \rightarrow x_3) \wedge (x_4 \leftrightarrow x_1)$ г) $(x \wedge y) \rightarrow (x \vee y)$ д)
 $((x \rightarrow y) \wedge (y \rightarrow z)) \rightarrow (x \rightarrow z)$

7. Буквами X и Y обозначены соответственно предложения «Число n четно» и «Число n делится на 3». а) Формализуйте предложение P : «Неверно, что число n нечетно и не делится на 3»; б) составьте для полученной формулы таблицу истинности; в) сформулируйте условия, при которых предложение P истинно; г) подберите более простую формулу с такой же таблицей истинности; д) выразите мысль, заключенную в предложении P , в более простой форме.

8. Выполните задания из предыдущего упражнения для предложения Q : «Неверно, что число n нечетно или не делится на 3».

Занятие 2. Проверка логической правильности рассуждений

1. Теоретическая часть

Тавтологии представляют собой схемы построения истинных высказываний, независимо от содержания и истинности составляющих высказываний. Основное значение тавтологий состоит в том, что некоторые из них предоставляют правильные способы умозаключения, т.е. такие способы, которые от истинных посылок всегда приводят к истинным выводам.

Приведем некоторые основные тавтологии, выражающие свойства логических операций, а также тавтологии, на которых основаны некоторые схемы математических доказательств.

Теорема 1.2. Следующие формулы алгебры высказываний являются тавтологиями:

- 1) закон исключенного третьего $P \vee \neg P$;
- 2) закон отрицания противоречия $\neg(P \wedge \neg P)$;
- 3) закон двойного отрицания $\neg \neg P \leftrightarrow P$;
- 4) закон тождества $P \rightarrow P$;
- 5) закон контрапозиции $(P \rightarrow Q) \leftrightarrow (\neg Q \rightarrow \neg P)$;
- 6) закон силлогизма (правило цепного заключения)
 $((P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow R)) \rightarrow (P \rightarrow R)$;
- 7) закон противоположности $(P \leftrightarrow Q) \leftrightarrow (\neg P \leftrightarrow \neg Q)$;
- 8) правило объявления antecedента (“истина из чего угодно”)
 $P \rightarrow (Q \rightarrow P)$;

- 9) правило “из ложного что угодно” $\neg P \rightarrow (P \rightarrow Q)$;
- 10) правило модус поненс (modus ponens) $(P \wedge (P \rightarrow Q)) \rightarrow Q$;
- 11) правило модус толленс (modus tollens) $((P \rightarrow Q) \wedge \neg Q) \rightarrow \neg P$;
- 12) правило перестановки посылок $(P \rightarrow (Q \rightarrow R)) \leftrightarrow (Q \rightarrow (P \rightarrow R))$;
- 13) правило объединения (разъединения) посылок
 $(P \rightarrow (Q \rightarrow R)) \leftrightarrow ((P \wedge Q) \rightarrow R)$;
- 14) правило разбора случаев $((P \rightarrow R) \wedge (Q \rightarrow R)) \leftrightarrow ((P \vee Q) \rightarrow R)$;
- 15) правило приведения к абсурду $((\neg P \rightarrow Q) \wedge (\neg P \rightarrow \neg Q)) \rightarrow P$ или
 $(\neg P \rightarrow (Q \wedge \neg Q)) \rightarrow P$.

2. Практическая часть

1. Установите с помощью таблиц истинности, какие из следующих формул

— тавтологии; а) $\overline{x \wedge y} \leftrightarrow (\overline{x} \vee \overline{y})$ б) $\overline{x \wedge y} \leftrightarrow (\overline{x} \wedge \overline{y})$

в) $\overline{x \vee y} \leftrightarrow (\overline{x} \vee \overline{y})$ г) $\overline{x \vee y} \leftrightarrow (\overline{x} \wedge \overline{y})$ д) $(x \rightarrow y) \leftrightarrow (y \rightarrow x)$

е) $(x \rightarrow y) \leftrightarrow (\overline{x} \rightarrow \overline{y})$ ж) $(x \rightarrow y) \leftrightarrow (\overline{y} \rightarrow \overline{x})$ з) $((x \rightarrow y) \wedge (y \rightarrow z)) \rightarrow (x \rightarrow z)$

2. Сформулируйте определение тождественно ложной формулы (по аналогии с определением тождественно истинной формулы). Докажите, что формула F тождественно ложна тогда и только тогда, когда формула \overline{F} тождественно истинна.

3. Установите, какие из следующих предложений логически истинны: а) «Треугольник ABC — прямоугольный или остроугольный»; б) «Высказывание A истинно или ложно»; в) «Формула F тождественно истинна или тождественно ложна»; г) «Если Петр здоров, то он здоров и счастлив»; д) «Если Николай здоров, то он здоров или счастлив»; е) «Неверно, что число n делится на 2 и на 3 тогда и только тогда, когда оно не делится ни на 2, ни на 3»; ж) «Неверно, что 11 апреля 1977 года было тепло и не было осадков тогда и только тогда, когда было холодно или были осадки»; з) «Неверно, что число n — простое или четное тогда и только тогда, когда это число — не простое и не четное»; и) «Если $a \neq 0$ или $b \neq 0$, то неверно, что $a=0$ или $b=0$ ».

4. Докажите, не прибегая к таблицам истинности, что данные формулы не

являются тавтологиями; а) $\overline{x \rightarrow \overline{x \rightarrow y}}$ б) $(y \vee z) \rightarrow ((x \vee y) \rightarrow (x \wedge z))$

5. Установите, какие из следующих высказываний истинны:

а) $X \equiv \overline{X}$ б) $X \equiv X \wedge X$ в) $Y \equiv Y \vee Y$ г) $X \vee \overline{X} \equiv \text{и}$ д) $X \wedge \overline{X} \equiv \text{л}$ е) $\text{л} \rightarrow X \equiv \text{и}$ ж) $X \rightarrow \text{и} \equiv \text{и}$ з) $X \rightarrow Y \equiv \overline{X} \vee Y$ м) $X \vee \overline{X} \equiv Y \rightarrow (X \rightarrow Y)$ н) $(X \wedge Y) \rightarrow X \equiv X \rightarrow (X \vee Z)$

6. Какие из данных формул равносильны:

а) $\overline{X \wedge Y}$ б) $\overline{X \vee Y}$ в) $X \wedge \overline{Y}$ г) $\overline{X} \wedge \overline{Y}$ е) $X \rightarrow Y$ и) $Y \rightarrow X$ к) $\overline{X} \rightarrow \overline{Y}$ л) $\overline{Y} \rightarrow \overline{X}$

7. Установите, какие из следующих предложений равносильны в логике высказываний: «Я читал эту книгу $P1$ », «Я не видел этого фильма $P2$ », «Я читал

эту книгу, но не видел этого фильма», «Неверно, что эту книгу я не читал P4», «Неверно, что я видел этот фильм P5» «Неверно, что я не читал эту книгу или видел этот фильм P6».

8. Докажите, что отношение равносильности между формулами логики высказываний обладает свойствами а) рефлексивности б) симметричности в) транзитивности.

3 Задания для самостоятельной работы

1. Известно, что $F_1 \equiv F_2$ и $F_3 \equiv F_2$. Можно ли утверждать, что $F_1 \equiv F_3$? Какие свойства отношения равносильности дают основания для такого утверждения?

10. Докажите утверждение: «Если две формулы равносильны, то их отрицания тоже равносильны».

2. Имеет ли решение система неравенств $\begin{cases} x > 2 \\ x \leq 2 \end{cases}$? На каком законе логики

основан ваш ответ?

3. Как объяснить, что загадка «Хожу на голове, хотя и ногах, хожу я без сапог, хотя и сапогах» имеет решение отгадку (гвоздь в подошве сапога)? Не нарушен ли здесь закон противоречия?

Занятие 3. Упрощение логических выражений с использованием основных тождеств алгебры логики

1. Теоретическая часть

Теорема 1.3: (выражение одних логических операций через другие).

Следующие формулы алгебры высказываний являются тавтологиями:

1. $(P \rightarrow Q) \leftrightarrow (\neg P \vee Q)$;
2. $(P \rightarrow Q) \leftrightarrow (P \wedge \neg Q)$;
3. $(P \wedge Q) \leftrightarrow \neg(\neg P \vee \neg Q)$;
4. $(P \wedge Q) \leftrightarrow \neg(P \rightarrow \neg Q)$;
5. $(P \vee Q) \leftrightarrow \neg(\neg P \wedge \neg Q)$;
6. $(P \vee Q) \leftrightarrow (\neg P \rightarrow Q)$;
7. $(P \leftrightarrow Q) \leftrightarrow ((P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P))$.

Теорема 1.4: (свойства конъюнкции и дизъюнкции).

Следующие формулы алгебры высказываний являются тавтологиями:

- 1) законы идемпотентности $(P \wedge P) \leftrightarrow P$, $(P \vee P) \leftrightarrow P$;
- 2) законы упрощения $(P \wedge Q) \rightarrow P$, $P \rightarrow (P \vee Q)$;
- 3) законы коммутативности $(P \wedge Q) \leftrightarrow (Q \wedge P)$, $(P \vee Q) \leftrightarrow (Q \vee P)$;
- 4) законы ассоциативности
 $(P \wedge (Q \wedge R)) \leftrightarrow ((P \wedge Q) \wedge R)$, $(P \vee (Q \vee R)) \leftrightarrow ((P \vee Q) \vee R)$;
- 5) законы дистрибутивности:
 $(P \wedge (Q \vee R)) \leftrightarrow ((P \wedge Q) \vee (P \wedge R))$;
 $(P \vee (Q \wedge R)) \leftrightarrow ((P \vee Q) \wedge (P \vee R))$;
- 6) законы поглощения $(P \wedge (P \vee Q)) \leftrightarrow P$, $(P \vee (P \wedge Q)) \leftrightarrow P$;

7) законы де Моргана:

$$(P \vee Q) \leftrightarrow (\overline{\overline{P \wedge \overline{Q}}}), \overline{\overline{P \wedge Q}} \leftrightarrow (\overline{\overline{P \vee \overline{Q}}}).$$

Теорема 1.5: (свойства импликации и эквивалентности).

Следующие формулы алгебры высказываний являются тавтологиями:

- 8) $(P \rightarrow (Q \rightarrow R)) \rightarrow ((P \rightarrow Q) \rightarrow (P \rightarrow R));$
- 9) $P \rightarrow (Q \rightarrow (P \wedge Q));$
- 10) $(P \rightarrow R) \rightarrow ((Q \rightarrow R) \rightarrow ((P \vee Q) \rightarrow R));$
- 11) $(P \rightarrow Q) \rightarrow ((P \rightarrow \overline{Q}) \rightarrow R);$
- 12) $(\overline{Q} \wedge (P \rightarrow Q)) \rightarrow \overline{P};$
- 13) $(\overline{P} \wedge (P \vee Q)) \rightarrow Q;$
- 14) $(P \rightarrow Q) \rightarrow ((P \vee R) \rightarrow (Q \vee R));$
- 15) $(P \rightarrow Q) \rightarrow ((Q \rightarrow R) \rightarrow (P \rightarrow R));$
- 16) $(P \rightarrow Q) \rightarrow ((P \wedge R) \rightarrow (Q \wedge R));$
- 17) $(P \rightarrow Q) \rightarrow (Q \rightarrow P);$
- 18) $(\overline{Q} \rightarrow \overline{P}) \rightarrow ((\overline{Q} \rightarrow P) \rightarrow Q);$
- 19) $((P \rightarrow Q) \wedge (R \rightarrow Q)) \leftrightarrow ((P \vee R) \rightarrow Q);$
- 20) $((P \rightarrow Q) \wedge (P \rightarrow R)) \leftrightarrow (P \rightarrow (Q \wedge R));$
- 21) $P \leftrightarrow P;$
- 22) $(P \leftrightarrow Q) \leftrightarrow (Q \leftrightarrow P);$
- 23) $((P \leftrightarrow Q) \wedge (Q \leftrightarrow R)) \leftrightarrow (P \leftrightarrow R).$

2. Практическая часть

Равносильные преобразования логических формул имеют то же назначение, что и преобразования формул в обычной алгебре. Они служат для упрощения формул или приведения их к определённом виду путем использования основных законов алгебры логики.

№ 1. Покажем на примерах некоторые приемы и способы, применяемые при упрощении логических формул:

$$1) \overline{\overline{x \vee y}} \cdot (x \cdot \overline{y}) = \overline{\overline{x}} \cdot \overline{\overline{y}} \cdot (x \cdot \overline{y}) = \overline{\overline{x}} \cdot \overline{\overline{y}} \cdot x \cdot \overline{y} = 0 \cdot \overline{\overline{y}} \cdot x \cdot \overline{y} = 0 \cdot \overline{\overline{y}} = 0$$

(законы алгебры логики применяются в следующей последовательности: правило де Моргана, сочетательный закон, правило операций переменной с её инверсией и правило операций с константами);

$$2) \overline{\overline{x}} \cdot y \vee \overline{\overline{x \vee y}} \vee x = \overline{\overline{x}} \cdot y \vee \overline{\overline{x}} \cdot \overline{\overline{y}} \vee x = \overline{\overline{x}} \cdot (y \vee \overline{y}) \vee x = \overline{\overline{x}} \vee x = 1$$

(применяется правило де Моргана, выносится за скобки общий множитель, используется правило операций переменной с её инверсией);

$$3) (x \vee y) \cdot (\overline{x \vee y}) \cdot (\overline{x \vee y}) = (x \vee y) \cdot (\overline{x \vee y}) \cdot (\overline{x \vee y}) = (x \vee y) \cdot (\overline{x \vee y}) = y \cdot \overline{x}$$

(повторяется второй сомножитель, что разрешено законом идемпотенции; затем комбинируются два первых и два последних сомножителя и используется

закон склеивания);

$$\begin{aligned} & x \cdot \bar{y} \vee \bar{x} \cdot y \cdot z \vee x \cdot z = x \cdot \bar{y} \vee \bar{x} \cdot y \cdot z \vee x \cdot z \cdot (y \vee \bar{y}) = \\ & = x \cdot \bar{y} \vee \bar{x} \cdot y \cdot z \vee x \cdot y \cdot z \vee x \cdot \bar{y} \cdot z = (x \cdot \bar{y} \vee x \cdot \bar{y} \cdot z) \vee (\bar{x} \cdot y \cdot z \vee x \cdot y \cdot z) = \\ 4) & = x \cdot \bar{y} \vee y \cdot z \end{aligned}$$

(вводится вспомогательный логический сомножитель $(y \vee \bar{y})$; затем комбинируются два крайних и два средних логических слагаемых и используется закон поглощения);

$$5) \overline{x \cdot y \vee z} = \overline{x \cdot y} \cdot \bar{z} = (\bar{x} \vee \bar{y}) \cdot \bar{z}$$

(сначала добиваемся, чтобы знак отрицания стоял только перед отдельными переменными, а не перед их комбинациями, для этого дважды применяем правило де Моргана; затем используем закон двойного отрицания);

$$6) x \cdot y \vee x \cdot y \cdot z \vee x \cdot z \cdot p = x \cdot (y \cdot (1 \vee z) \vee z \cdot p) = x \cdot (y \vee z \cdot p)$$

(выносятся за скобки общие множители; применяется правило операций с константами);

$$\begin{aligned} & x \vee \bar{y} \cdot \bar{z} \vee \overline{\bar{x} \vee y \vee \bar{z}} = x \vee \bar{y} \vee \bar{z} \vee \bar{\bar{x}} \cdot \bar{\bar{y}} \cdot \bar{\bar{z}} = x \vee \bar{y} \vee z \vee x \cdot \bar{y} \cdot z = \\ 7) & = x \vee z \vee (\bar{y} \vee x \cdot \bar{y} \cdot z) = x \vee z \vee \bar{y} \end{aligned}$$

(к отрицаниям неэлементарных формул применяется правило де Моргана; используются законы двойного отрицания и склеивания);

$$\begin{aligned} & x \cdot \bar{y} \vee x \cdot y \cdot z \vee x \cdot \bar{y} \cdot z \vee x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} = x \cdot (\bar{y} \vee y \cdot z \vee \bar{y} \cdot z \vee \bar{y} \cdot \bar{z}) = \\ 8) & = x \cdot ((\bar{y} \vee \bar{y} \cdot z) \vee (y \cdot z \vee \bar{y} \cdot z)) = x \cdot (\bar{y} \vee \bar{y} \cdot z \vee 1) = x \cdot 1 = x \end{aligned}$$

(общий множитель x выносится за скобки, комбинируются слагаемые в скобках — первое с третьим и второе с четвертым, к дизъюнкции $y \cdot z \vee \bar{y} \cdot z$ применяется правило операции переменной с её инверсией);

$$\begin{aligned} & (x \cdot \bar{y} \vee z) \cdot (\bar{x} \vee y) \vee \bar{z} = x \cdot \bar{y} \cdot \bar{x} \vee x \cdot \bar{y} \cdot y \vee z \cdot \bar{x} \vee z \cdot y \vee \bar{z} = 0 \vee 0 \vee \\ & \vee z \cdot \bar{x} \vee z \cdot y \vee \bar{z} = z \cdot \bar{x} \vee (z \vee \bar{z}) \cdot (y \vee \bar{z}) = z \cdot \bar{x} \vee 1 \cdot (y \vee \bar{z}) = z \cdot \bar{x} \vee y \vee \\ 9) & \vee \bar{z} = (z \cdot \bar{x} \vee \bar{z}) \vee y = (z \vee \bar{z}) \cdot (\bar{x} \vee \bar{z}) \vee y = 1 \cdot (\bar{x} \vee \bar{z}) \vee y = \bar{x} \vee \bar{z} \vee y \end{aligned}$$

(используются распределительный закон для дизъюнкции, правило операции переменной с её инверсией, правило операций с константами, переместительный закон и распределительный закон для конъюнкции);

$$\begin{aligned} & x \cdot y \cdot (\bar{x} \cdot z \vee \overline{\bar{x} \cdot y \cdot z} \vee z \cdot t) = x \cdot y \cdot (\bar{x} \cdot z \vee \bar{\bar{x}} \cdot \bar{\bar{y}} \cdot \bar{\bar{z}} \vee z \cdot t) = \\ 10) & = x \cdot y \cdot (\bar{x} \cdot z \vee x \cdot y \vee \bar{z} \vee z \cdot t) = x \cdot y \vee x \cdot y \cdot \bar{z} \vee x \cdot y \cdot z \cdot t = x \cdot y \end{aligned}$$

(используются правило де Моргана, закон двойного отрицания и закон поглощения).

3 Задания для самостоятельной работы

1. Определить, является данное выражение истинным или ложным.

1. $\neg X \vee \neg (X \vee Y) \vee \neg (Y \wedge \neg (X \wedge Y))$
2. $\neg (X \vee Y \vee \neg(X \wedge Y)) \wedge \neg (Y \vee X)$

2. Заданы логические функции. Определить, являются ли они тождественными.

- $F1 = X1 \wedge \neg X2 \vee X1 \wedge X3 \vee \neg X2 \wedge X3$
- $F2 = (X1 \wedge X2 \vee X2 \wedge X3 \vee X1 \wedge \neg X3) \wedge (X1 \wedge \neg X2 \vee \neg X2 \wedge X3)$

Занятие 4. Аналитический и табличный методы приведения пропозициональных формул к совершенным нормальным формам

1. Теоретическая часть

Опишем два способа приведения к совершенным нормальным формам.

1-й способ – аналитический.

Приведение к СДНФ. Алгоритм приведения.

1. привести формулу с помощью равносильных преобразований к ДНФ.
2. удалить члены дизъюнкции, содержащие переменную вместе с ее отрицанием (если такие окажутся);
3. из одинаковых членов дизъюнкции (если такие окажутся) удалить все, кроме одного;
4. из одинаковых членов каждой конъюнкции (если такие окажутся) удалить все, кроме одного;
5. если в какой-нибудь конъюнкции не содержится переменной x_i из числа переменных, входящих в исходную формулу, добавить к этой конъюнкции член $x_i \vee \overline{x_i}$ и применить закон дистрибутивности конъюнкции относительно дизъюнкции;
6. если в полученной дизъюнкции окажутся одинаковые члены, воспользоваться предписанием из п. 3.

Полученная формула и является СДНФ данной формулы.

2-й способ – табличный.

Составляем таблицу истинности для данной функции.

Приведение к СДНФ. Алгоритм приведения.

Строим таблицу значений формулы. Рассматриваем только те строки, в которых значение формулы равно единице. Каждой такой строке соответствует конъюнкция всех аргументов (без повторений). Причем, аргумент, принимающий значение 0, входит в нее с отрицанием, значение 1 – без отрицания. Наконец, образуем дизъюнкцию всех полученных конъюнкций.

Приведение к СКНФ. Алгоритм приведения.

Рассматриваем только те строки таблицы, где формула принимает значение 0. Каждой такой строке соответствует дизъюнкция всех переменных (без повторений). Причем аргумент, принимающий значение 0, берется без

отрицания, значение 1 – с отрицанием. Наконец, образуют конъюнкцию полученных дизъюнкций.

2. Практическая часть

Пример 1

Привести следующие формулы к СДНФ с помощью равносильных преобразований:

- $(x \vee y)(x \vee \bar{y})$;
- $x(\bar{y} \vee z)$;
- $(x \rightarrow y)xy$.

Решение.

- $(x \vee y)(x \vee \bar{y}) \equiv x \equiv x(y \vee \bar{y}) \equiv xy \vee x\bar{y}$.
- $x(\bar{y} \vee z) \equiv x\bar{y} \vee xz \equiv x\bar{y}(z \vee \bar{z}) \vee xz(y \vee \bar{y}) \equiv 5 \equiv x\bar{y}z \vee x\bar{y}\bar{z} \vee xzy \vee xz\bar{y} \equiv x\bar{y}z \vee x\bar{y}\bar{z} \vee xyz$.
- $(x \rightarrow y)xy \equiv (\bar{x} \vee y)xy \equiv \bar{x}xy \vee yxy \equiv xy$.

Приведение к СКНФ. Алгоритм приведения.

- привести формулу с помощью равносильных преобразований к КНФ.
- удалить члены конъюнкции, содержащие переменную вместе с ее отрицанием (если такие окажутся);
- из одинаковых членов конъюнкции (если такие окажутся) удалить все, кроме одного;
- из одинаковых членов каждой дизъюнкции (если такие окажутся) удалить все, кроме одного;
- если в какой-нибудь дизъюнкции не содержится переменной x_i из числа переменных, входящих в исходную формулу, добавить к этой дизъюнкции член $x_i \wedge \bar{x}_i$ и применить закон дистрибутивности дизъюнкции относительно конъюнкции;
- если в полученной конъюнкции окажутся одинаковые члены, воспользоваться предписанием из п. 3.

Полученная формула и является СКНФ данной формулы.

Пример 2.

Привести следующие формулы к СКНФ с помощью равносильных преобразований:

- $x(\bar{y} \vee z)$;
- $(x \rightarrow y)xy$.

Решение.

- $x(\bar{y} \vee z) \equiv (x \vee y\bar{y} \vee z\bar{z})(\bar{y} \vee z \vee x\bar{x}) \equiv (x \vee y \vee z)(x \vee y \vee \bar{z})(x \vee \bar{y} \vee z)(x \vee \bar{y} \vee \bar{z}) \wedge$
 $\wedge (x \vee \bar{y} \vee z)(x \vee \bar{y} \vee \bar{z}) \equiv (x \vee y \vee z)(x \vee y \vee \bar{z})(x \vee \bar{y} \vee z)(x \vee \bar{y} \vee \bar{z})(x \vee \bar{y} \vee z)$
- $(x \rightarrow y)xy \equiv (\bar{x} \vee y)xy \equiv (\bar{x} \vee y)(x \vee y\bar{y})(y \vee x\bar{x}) \equiv (\bar{x} \vee y)(x \vee y)(x \vee \bar{y})(y \vee x)(y \vee \bar{x}) \equiv$
 $\equiv (x \vee y)(x \vee \bar{y})(\bar{x} \vee y)$

Пример 29.

Построить СДНФ для данных формул логики высказываний.

- $F = x(\bar{y} \vee z)$.
- $F = (x \rightarrow y)xy$.

Решение.

- $F = x(\bar{y} \vee z)$.

Строим таблицу истинности (табл. 13) для формулы F:

Таблица 13

№	x	y	z	\bar{y}	$\bar{y} \vee z$	$F = x(\bar{y} \vee z)$
0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	1	1	0
2	0	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0
4	1	0	0	1	1	1
5	1	0	1	1	1	1
6	1	1	0	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0

Рассматриваем только 4, 5 и 7 наборы, так как только на этих наборах формула принимает значение равное единице.

СДНФ имеет вид: $F = x\bar{y}\bar{z} \vee x\bar{y}z \vee xyz$.

- $F = (x \rightarrow y)xy$.

Строим таблицу истинности (табл. 14) для формулы F:

Таблица 14

№	x	y	$x \oplus y$	$F = (x \oplus y) \bar{x} \bar{y}$
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0
2	1	0	1	0
3	1	1	0	1

СДНФ (1): № 3:

Пример 4.

Построить СКНФ для данных формул логики высказываний.

- $F = x(\bar{y} \vee z)$.
- $F = (x \rightarrow y)xy$.

Решение.

- Строим таблицу значений, используя предыдущий пример (табл. 15).

Таблица 15

№	x	y	z	$F = x(\bar{y} \vee z)$
0	0	0	0	
1	0	0	1	
2	0	1	0	
3	0	1	1	
4	1	0	0	
5	1	0	1	

6	1	1	0	0
7	1	1	1	1

Рассматриваем только наборы, на которых формула принимает значение ноль.

СКНФ (0): № 0, 1, 2, 3, 6:

$$F = (x \vee y \vee z) \overline{(x \vee y \vee z)} \overline{(x \vee y \vee z)} \overline{(x \vee y \vee z)} \overline{(x \vee y \vee z)}$$

2. Строим таблицу значений, используя предыдущий пример (табл. 16).

Таблица 16

№	x	y	$F = (x \otimes y)$	\bar{x}	\bar{y}
0	0	0			
1	0	1			
2	1	0			
3	1	1			

СКНФ (0): № 0, 1, 2:

$$F = (x \vee y) \overline{(x \vee y)} \overline{(x \vee y)}$$

3 Задания для самостоятельной работы

1. Логическую функцию, заданную в ДНФ F_3 F_4
 $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \bar{x}_2 \vee x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 x_2 x_3 x_4$
 преобразовать в СДНФ.
2. Представить функцию, заданную в табл. 2.4 в СДНФ.

Таблица 2.4

x_1	x_2	x_3		f
0	0	0		0
0	0	1		0
0	1	0		0
0	1	1		1
1	0	0		1
1	0	1		0
1	1	0		1
1	1	1		0

Занятие 5 Логические задачи

1. Теоретическая часть

Это заключительное занятие по теме, в котором используется весь пройденный теоретический материал.

2. Практическая часть

1. Один из трех братьев Витя, Толя, Коля разбил окно. В разговоре участвуют еще двое братьев — Андрей и Дима.

— Это мог сделать только или Витя, или Толя, — сказал Андрей.

— Я окно не разбивал, — возразил Витя, — и Коля тоже.

— Вы оба говорите неправду, — заявил Толя.

— Нет, Толя, один из них сказал правду, а другой сказал не правду, — возразил Дима.

— Ты, Дима, не прав, — вмешался Коля.

Их отец, которому, конечно, можно доверять, уверен, что трое братьев сказали правду. Кто разбил окно?

Решение. Введем обозначения для высказываний:

B : «Витя разбил окно»;

T : «Толя разбил окно»;

K : «Коля разбил окно».

Тогда высказывания братьев можно записать в символической форме следующим образом

$$\begin{aligned} A &\equiv B \vee T; \\ V &\equiv \neg B \wedge \neg K; \\ L &\equiv \neg A \wedge \neg V \equiv \neg(B \vee T) \wedge \neg(\neg B \wedge \neg K) \equiv \neg B \wedge \neg T \wedge (B \vee K) \equiv \\ &\equiv \neg T \wedge ((\neg B \wedge B) \vee (\neg B \wedge K)) \equiv \neg T \wedge \neg B \wedge K; \\ D &\equiv (A \wedge \neg V) \vee (\neg A \wedge V) \equiv ((B \vee T) \wedge \neg(\neg B \wedge \neg K)) \vee (\neg(B \vee T) \wedge \\ &\wedge (\neg B \wedge \neg K)) \equiv ((B \vee T) \wedge (B \vee K)) \vee (\neg B \wedge \neg T \wedge \neg K) \equiv B \vee (T \wedge K) \vee \\ &\vee (\neg B \wedge \neg T \wedge \neg K) \equiv (B \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg T) \wedge (B \vee \neg K) \equiv B \vee (\neg T \wedge \neg K); \\ M &\equiv \neg D \equiv \neg(B \vee (\neg T \wedge \neg K)) \equiv \neg B \wedge (T \vee K). \end{aligned}$$

Образуем из высказываний A, V, L, D, M всевозможные конъюнкции по три высказывания: $A \wedge V \wedge L, A \wedge V \wedge D, A \wedge L \wedge D, A \wedge L \wedge M, A \wedge D \wedge M, V \wedge L \wedge D, V \wedge L \wedge M, V \wedge D \wedge M, L \wedge D \wedge M, A \wedge V \wedge M$. Поскольку из высказываний A, V, L, D, M только три истинны, то из десяти конъюнкций истинна лишь одна. Проверьте самостоятельно, что конъюнкции $A \wedge L, V \wedge L, L \wedge D$ ложны, а потому восемь из перечисленных конъюнкций ложны.

Остаются две конъюнкции: $A \wedge V \wedge D, A \wedge V \wedge M$. Проведем их преобразования:

$$A \wedge V \wedge D \equiv (B \vee T) \wedge \neg B \wedge \neg M \wedge (B \vee (\neg T \wedge \neg M)) \equiv (B \vee (T \wedge \neg T \wedge \neg M)) \wedge \neg B \wedge \neg M \equiv B \wedge \neg B \wedge \neg M \equiv 0;$$

$$A \wedge V \wedge M \equiv (B \vee T) \wedge \neg B \wedge \neg M \wedge (T \vee M) \equiv T \wedge \neg B \wedge \neg M \wedge T \equiv T \wedge \neg B \wedge \neg M.$$

Итак, заключаем, что истинным может быть только высказывание $A \wedge V \wedge M$ или (эквивалентное ему) $T \wedge \bar{B} \wedge \bar{M}$, т. е. истинны высказывания T, \bar{B} и \bar{M} , а значит, окно разбил Толя.

2. Четыре друга — Антонов (A), Вехов (B), Сомов (C), Деев (D) — решили провести свой отпуск в четырех различных городах — Москве, Пятигорске, Киеве и Ташкенте. В какой город должен поехать каждый из них, если имеются следующие ограничения:

P) если A не едет в Москву, то C не едет в Пятигорск;

Q) если B не едет ни в Москву, ни в Ташкент, то A едет в Москву;

R) если C не едет в Ташкент, то B едет в Киев;

S) если D не едет в Москву, то B едет в Москву;

T) если D не едет в Пятигорск, то B не едет в Москву?

Решение. Символом A_M обозначим высказывание: «Антонов едет в Москву», символом \bar{A}_M — высказывание «Антонов не едет в Москву». Аналогичны буквенные обозначения и для остальных друзей. Тогда ограничения запишутся так:

$$\begin{aligned}
P &\equiv \neg A_M \rightarrow \neg C_L \equiv A_M \vee \neg C_L; \\
Q &\equiv (\neg B_M \wedge \neg B_T) \rightarrow A_M \equiv B_M \vee B_T \vee A_M; \\
R &\equiv \neg C_T \rightarrow B_K \equiv C_T \vee B_K; \\
S &\equiv \neg D_M \rightarrow B_M \equiv D_M \vee B_M; \\
T &\equiv D_L \rightarrow \neg B_M \equiv D_L \vee \neg B_M.
\end{aligned}$$

Составляем последовательно конъюнкции этих высказываний, каждая из которых истинна:

$$\begin{aligned}
P \wedge Q &\equiv (A_M \vee \neg C_L) \wedge (B_M \vee B_T \vee A_M) \equiv (A_M \wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_M) \vee \\
&\vee (A_M \wedge B_T) \vee (\neg C_L \wedge B_T) \vee A_M \vee (\neg C_L \wedge A_M) \equiv (A_M \wedge B_T) \vee A_M \vee (\neg C_L \wedge \\
&\wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_T) \equiv A_M \vee (\neg C_L \wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_T);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P \wedge Q \wedge R &\equiv (A_M \vee (\neg C_L \wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_T)) \wedge (C_T \vee B_T) \equiv (A_M \wedge \\
&\wedge (C_T \vee B_K)) \vee ((\neg C_L \wedge B_M) \wedge (C_T \vee B_K)) \vee (\neg C_L \wedge B_T \wedge (C_T \vee B_T)) \equiv \\
&\equiv (A_M \wedge C_T) \vee (A_M \wedge B_K) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge B_K) \vee (\neg C_L \wedge \\
&\wedge B_T \wedge C_T) \vee (\neg C_L \wedge B_T \wedge B_K) \equiv (A_M \wedge C_T) \vee (A_M \wedge B_K) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T);
\end{aligned}$$

$$P \wedge Q \wedge R \wedge S \equiv ((A_M \wedge C_T) \vee (A_M \wedge B_K) \wedge (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T)) \wedge (D_M \vee$$

$$\begin{aligned}
&\vee B_M) \equiv (A_M \wedge C_T \wedge (D_M \vee B_M)) \vee (A_M \wedge C_T \wedge D_M) \vee (A_M \wedge C_T \wedge B_T) \vee (A_M \vee \\
&\wedge B_K \wedge D_M) \vee (A_M \wedge B_K \wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T \wedge D_M) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T \wedge \\
&\wedge D_M) \vee (A_M \wedge B_K \wedge B_M) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T \wedge D_M) \vee (\neg C_L \wedge B_M \wedge C_T \wedge \\
&\wedge B_M) \equiv \neg C_L \wedge B_M \wedge C_T.
\end{aligned}$$

При проведении преобразований мы использовали факт, что ложны конъюнкции, в которых говорится, что одно лицо поедет в два разных города или что два разных человека поедут в один город. Таким образом, мы установили, что конъюнкция $\bar{C}_L \wedge B_M \wedge C_M$ истинна, т. е. истинны высказывания B_M и C_M . Из условия T и истинности B_M заключаем, что \bar{D}_L — истинно, т. е. D_L ложно. Тогда истинно A_L . Следовательно, истинно D_K . Итак, Антонов едет в Пятигорск, Вехов — в Москву, Сомов — в Ташкент, Деев — в Киев.

3. Для четырех дружинников, фамилии которых начинаются буквами A, E, P, C , необходимо составить график дежурств на четыре вечера подряд, учитывая, что: 1) C и P не могут дежурить в первый вечер в связи с командировкой; 2) если C выйдет во второй вечер или P — в третий, то E сможет подежурить в четвертый; 3) если A не будет дежурить в третий вечер, то E согласен дежурить во второй вечер; 4) если A или P будут дежурить во второй вечер, то C сможет пойти в четвертый вечер; 5) если P в четвертый вечер уедет на конференцию, то A придется дежурить в первый, а C в третий вечер.

4. При составлении расписания уроков на один день учителя математики, истории и литературы высказали следующие пожелания: математик просил поставить ему или первый, или второй урок; историк — или первый, или третий; учитель литературы — или второй, или третий. Как составить расписание, чтобы учесть все пожелания?

5. Для полярной экспедиции из восьми претендентов A, B, C, D, E, F, G и H надо отобрать шесть специалистов: биолога, гидролога, синоптика, радиста, механика и врача. Обязанности биолога могут выполнять E и G , гидролога — B и F , синоптика — C и G , радиста — C и D , механика — C и H , врача — A и D . Хотя некоторые претенденты владеют двумя специальностями, в экспедиции каждый сможет работать только по одной специальности. Кого и кем следует взять в экспедицию, если F не может ехать без B, D — без H и без C , C не может ехать одновременно с G , а A не может ехать вместе с B ?

6. Некий остров населен жителями, каждый из которых либо всегда говорит правду, либо всегда лжет. Все жители отвечают на вопросы только «да» или «нет». К развилке дорог, из которых **только** одна ведет в столицу острова, подходит путешественник. Никаких знаков, указывающих куда ведет каждая дорога, у развилки нет. Но здесь стоит местный житель, некто N . Какой вопрос, предусматривающий ответ «да» или «нет», должен задать ему путешественник, чтобы определить, какая дорога ведет в столицу острова?

Решение. Пусть A означает высказывание: « N всегда говорит правду», а B означает высказывание: «Дорога, идущая налево, ведет в столицу». Построим такое составное высказывание из высказываний A и B , чтобы ответ местного жителя на вопрос, истинно ли оно, гласил «да» тогда и только тогда, когда истинно высказывание B независимо от того, говорит местный житель всегда правду или всегда лжет.

Путешественнику достаточно спросить: «Верно ли, что N всегда говорит правду и дорога, идущая налево, ведет в столицу или что N всегда говорит неправду и дорога, идущая налево, не ведет в столицу?», т.е. «Истинно ли высказывание $(A \wedge B) \vee (\neg A \wedge \neg B)$?» Проверим, что из ответа «да» вне зависимости от того, говорит ли N правду или нет, следует, что дорога, идущая налево, ведет в столицу, а из ответа «нет» следует, что эта дорога не ведет в столицу. Здесь возможны четыре случая:

- а) ответ «да», N говорит правду;
- б) ответ «да», N лжет;
- в) ответ «нет», N говорит правду;
- г) ответ «нет», N лжет;

Рассмотрим, например, последний случай. Тогда $\lambda((A \wedge B) \vee (\neg A \wedge \neg B)) = 1$, $\lambda(A) = 0$. Так как $\lambda(A) = 0$, то $\lambda(A \wedge B) = 0$ и, следовательно, $\lambda(\neg A \wedge \neg B) = 1$. Далее, так как $\lambda(A) = 0$, то $\lambda(\neg A) = 1$, и значит, $\lambda(\neg B) = 1$. Следовательно, $\lambda(B) = 0$. Итак, при ответе «нет» мы заключаем, что дорога, идущая налево, не ведет в столицу.

Оставшиеся три случая рассмотрите самостоятельно.

3. Задачи для самостоятельного решения

1. Один из трех братьев поставил на скатерть кляксу.

— Витя не ставил кляксу, — сказал Алеша. — Это сделал Боря.

— Ну, а ты что скажешь? — спросила бабушка Борю.

— Это Витя поставил кляксу, — сказал Боря. — А Алеша не пачкал скатерть.

— Я знаю, что Боря не мог это сделать. А я сегодня не готовил уроки, — сказал Витя.

Оказалось, что двое мальчиков в каждом из двух случаев сказали правду, а один оба раза сказал неправду. Кто поставил на скатерть кляксу?

Указание. Образуйте прежде всего всевозможные попарные дизъюнкции из высказываний братьев. Все они будут истинны. Затем рассмотрите конъюнкцию всех истинных дизъюнкций. Она тоже будет истинна. Преобразовав ее к конъюнкции элементарных высказываний, установите виновного.

2. Один из четырех мальчиков испортил выключатель. На вопрос «Кто это сделал?» были получены следующие ответы: 1) «Это сделал или Миша, или Коля»; 2) «Это сделал или Витя, или Коля»; 3) «Это не могли сделать ни Толя, ни Миша»; 4) «Это сделал или Витя, или Миша». Можно ли по этим данным установить, кто виновен в поломке выключателя, если из четырех высказываний три — истинны?

3. Шесть спортсменов — Адамов, Белов, Ветров, Глебов, Дронов, Ершов — в проходившем соревновании заняли шесть первых мест, причем ни одно место не было разделено между ними. О том, кто какое место занял, были получены такие высказывания: 1) «Кажется, первым был Адамов, а вторым — Дронов»; 2) «Нет, на первом месте был Ершов, а на втором — Глебов»; 3) «Вот так болельщики! Ведь Глебов был на третьем месте, а Белов — на четвертом»; 4) «И вовсе не так: Белов был пятым, а Адамов — вторым»; 5) «Все вы перепутали: пятым был Дронов, перед ним — Ветров». Известно, что в высказывании каждого болельщика одно утверждение истинное, а другое ложное. Определите, какое место занял каждый из спортсменов.

Указание. Рассмотрите высказывания: A_i : «Адамов занял i -е место» ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$). Аналогичные значения имеют символы B_i, V_i, G_i, D_i, E_i . Высказывания болельщиков представьте в виде дизъюнкций. Все они будут истинны. Рассмотрите конъюнкцию этих истинных дизъюнкций. Преобразуйте эту конъюнкцию и, учитывая ее истинность, выведите распределение мест между спортсменами.

Занятие 6 Использование кванторных предикатов для записи различных предложений

1. Теоретическая часть

Понятие предиката и операции над предикатами. n -Местным предикатом (или функцией-высказыванием от n переменных), определенным на множествах (областях) M_1, M_2, \dots, M_n , называют выражение, содержащее n (предметных) переменных x_1, x_2, \dots, x_n , превращающееся в высказывание при подстановке вместо этих переменных конкретных элементов (предметов) из множеств M_1, M_2, \dots, M_n соответственно. Для n -местного предиката будем использовать обозначение $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Высказывание будем считать 0-местным предикатом.

На предикаты естественным образом переносятся все операции (логические связки), которые мы проделывали над высказываниями. Например, *дизъюнкцией* n -местных предикатов $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$, заданных над множествами M_1, M_2, \dots, M_n , называют новый n -местный предикат над этими множествами, обозначаемый $P(x_1, x_2, \dots, x_n) \vee Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$, который обращается в ложное высказывание на тех и только тех значениях переменных из множеств M_1, M_2, \dots, M_n , на которых в ложное высказывание обращаются оба данных предиката. Кроме того, для предикатов определяются еще две операции: 1) *квантор общности* $(\forall x)(P(x))$ (читается: «Для всех x имеет место $P(x)$ »); 2) *квантор существования* $(\exists x)(P(x))$ (читается: «Существует x , для которого имеет место $P(x)$ »). Эти операции применяются к одному предикату. Они ставят в соответствие одноместному предикату $P(x)$ высказывания $(\forall x)(P(x))$ и $(\exists x)(P(x))$ соответственно, логические значения которых определяются следующими формулами:

$$\lambda[(\forall x)(P(x))] = \begin{cases} 1, & \text{если } P(x) \text{ — тождественно истинный} \\ & \text{предикат,} \\ 0 & \text{— в противном случае;} \end{cases}$$

$$\lambda[(\exists x)(P(x))] = \begin{cases} 0, & \text{если } P(x) \text{ — тождественно ложный} \\ & \text{предикат,} \\ 1 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

Квантор можно применять также к n -местному предикату; в результате получается $(n-1)$ -местный предикат. Переменную, к которой относится квантор, называют *связанной*, остальные переменные называют *свободными*.

Выражение $(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(x))$ обозначают $(\forall P(x))(Q(x))$. Символ $(\forall P(x))$ называют *ограниченным квантором общности*. Выражение $(\exists x)(P(x) \wedge Q(x))$ обозначают $(\exists P(x))(Q(x))$. Символ $(\exists P(x))$ называют *ограниченным квантором существования*.

Множество истинности предиката. Множеством истинности предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, заданного над множествами M_1, M_2, \dots, M_n , называют совокупность всех упорядоченных n -систем $(a_1, a_2, \dots, a_n) \in M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$, таких, что данный предикат обращается в истинное высказывание $P(a_1, a_2, \dots, a_n)$ при подстановке $x_1 = a_1, x_2 = a_2, \dots, x_n = a_n$. Обозначение: $P^+ = \{(a_1, a_2, \dots, a_n) : \lambda(P(a_1, a_2, \dots, a_n)) = 1\}$.

Предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называют *тождественно истинным* (*тождественно ложным*), если при любой подстановке вместо переменных x_1, x_2, \dots, x_n конкретных элементов из соответствующих множеств он превращается в истинное (ложное) высказывание. Предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называют *выполнимым* (*опровержимым*), если при некоторой подстановке вместо предметных переменных x_1, x_2, \dots, x_n конкретных элементов из соответствующих множеств он превращается в истинное (ложное) высказывание.

2. Практическая часть

1. Какие из следующих выражений являются предикатами:

- а) « x делится на 5» ($x \in N$);
- б) «Река x впадает в озеро Байкал» (x пробегает множество названий всевозможных рек);
- в) « $x^2 + 2x + 4$ » ($x \in R$);
- г) « $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$ » ($x, y \in R$);
- д) « x есть брат y » (x, y пробегают множество всех людей);
- е) « x и y лежат по разные стороны от z » (x, y пробегают множество всех точек, а z — всех прямых одной плоскости);
- ж) « $\text{ctg } 45^\circ = 1$ »;
- з) « x перпендикулярна y » (x, y пробегают множество всех прямых одной плоскости);
- и) « $x^2 + x - 6 = 0$ » ($x \in R$); -

к) «Для всех вещественных чисел x выполняется равенство

2. Для каждого из следующих высказываний найдите предикат (одноместный или многоместный), который обращается в данное высказывание при замене предметных переменных подходящим значениями из соответствующих областей:

- б) «Вера и Надежда — сестры
- в) «Сегодня — вторник»;
- г) «Город Саратов находится на берегу реки Волги»;
- д) « $\sin 30^\circ = 0,5$ »;
- е) «А.С.Пушкин — великий русский поэт»;
- ж) « $3^2 + 44 = 5^2$ »;
- з) «Река Индигирка впадает в озеро Байкал»;
- и) «Если число делится на 3, то оно делится на 9»;
- к) «Луна есть спутник Марса»;
- л) « $\text{tg}(r/4) = 1$ ».

Построив такой предикат, постарайтесь или точно указать его область истинности, или как-то ее обрисовать.

Решение. л) Можно указать три предиката, каждый из которых обращается в данное высказывание при соответствующей подстановке. Первый предикат одноместный: « $\text{tg}x = 1$ » ($x \in R \setminus \{\pi/2 + \pi n : n \in N\}$). Он превращается в данное высказывание при подстановке $x = \pi/4$. Получающееся высказывание истинно. Указанным значением не исчерпывается множество истинности построенного предиката. Как нетрудно установить, это множество следующее: $\{\pi/4 + \pi n : n \in N\}$. Второй предикат также одноместный: « $\text{tg}(7c/4) = y$ » ($y \in R$). Он превращается в данное высказывание при подстановке $y = 1$. Ясно, что этим значением и исчерпывается множество истинности этого предиката. Наконец можно построить третий предикат, двухместный: « $\text{tg}x = y$ » ($x \in R \setminus \{\pi/2 + \pi n : n \in N\}, y \in R$). Он превращается в данное высказывание при подстановке $x = \pi/4, y = 1$. Его область истинности представляет собой множество упорядоченных пар,

совокупность которых графически изображается в виде бесконечного семейства кривых, называемых тангенсоидами.

3. Прочитайте следующие высказывания и определите, какие из них истинные, а какие ложные, считая, что все переменные пробегают множество действительных чисел:

- а) $(\forall x) (\exists y) (x + y = 7)$;
- б) $(\exists y) (\forall x) (x + y = 7)$;
- в) $(\exists x) (\forall y) (x + y = 7)$;
- г) $(\forall x) (\forall y) (x + y = 7)$;
- д) $[(\forall x) (\forall y) (x + y = 3)] \rightarrow (3 = 4)$;
- е) $(\forall x) [(x^2 > x) \leftrightarrow ((x > 1) \vee (x < 0))]$;
- ж) $(\forall a) \{[(\exists x) (ax = 6)] \leftrightarrow (a \neq 0)\}$;
- з) $(\forall b) (\exists a) (\forall x) \{x^2 + ax + b > 0\}$;
- и) $(\forall x) [(x > 1) \vee (x < 2) \leftrightarrow (x = x)]$;
- к) $(\exists b) (\forall a) (\exists x) (x^2 + ax + b = 0)$;
- л) $(\exists a) (\forall b) (\exists x) (x^2 + ax + b = 0)$.

Р е ш е н и е. а) Двухместный предикат « $x + y = 7$ » задан над множеством действительных чисел R . Это означает, что вместо каждой из двух его предметных переменных x и y могут быть подставлены действительные числа. Если такая подстановка сделана вместо обеих переменных, например « $6 + 3 = 7$ », то предикат превращается в высказывание (в нашем случае ложное). Но данный двухместный предикат « $x + y = 7$ » может быть превращен в высказывание и другим путем: именно путем применения к нему операций квантификации (взятия квантора общности или квантора существования). Применим сначала к двухместному предикату « $x + y = 7$ » операцию взятия квантора существования по переменной y . Получим уже одноместный предикат « $(\exists y)(x + y = 7)$ » относительно переменной x , которая пробегает множество R . Говорят, что в полученном выражении переменная y связана, а переменная x свободна. Вместо переменной y мы уже ничего не можем подставлять, в то время как вместо x могут быть подставлены действительные числа, в результате чего одноместный предикат будет превращаться в высказывания. Например, высказывание « $(\exists y)(10 + y = 7)$ » можно прочитать так: «Существует действительное число y , такое, что $10 + y = 7$ ». Ясно, что это высказывание истинно. (В качестве такого y , существование которого утверждает это высказывание, нужно взять действительное число -3 .) Легко далее понять, что, какое бы действительное число x_0 мы ни подставили вместо переменной x в предикат « $(\exists y)(x + y = 7)$ », предикат превращается в истинное высказывание. Действительно, в качестве такого числа y , существование которого утверждает высказывание, нужно взять разность $7 - x$. Это обстоятельство согласно определению операции взятия квантора общности означает, что получающееся высказывание « $(\forall x)(\exists y)(x + y = 7)$ » истинно. Его можно прочитать следующим образом: «Для любого действительного числа существует такое действительное число, сумма которого с первым равна 7». В выражении « $(\forall x)(\exists y)(x + y = 7)$ » уже нет свободных переменных. Обе переменные x и y стоят под знаками кванторов и поэтому являются

связанными. Само же выражение уже не является предикатом, оно есть высказывание истинное, как было установлено ранее. Впрочем, по желанию, развивая понятие предиката, можем считать, что высказывание — это 0-местный предикат, т. е. предикат без предметных переменных. Но мы должны осознавать, что количественный переход от одноместного предиката к 0-местному приводит к качественному скачку, так что 0-местный предикат — это объект качественно иной, нежели предикат одноместный, хотя и подводимый нами условно под понятие «предикат».

б) Высказывание « $(\exists y)(\forall x)(x + y = 7)$ » можно прочесть так: «Существует такое действительное число, которое после прибавления к любому действительному числу в сумме дает 7». Нетрудно понять, что это утверждение ложно. В самом деле, рассмотрим одноместный предикат « $(\forall x)(x + y = 7)$ » относительно переменной y , применением к которому квантора существования получается данное высказывание. Ясно, что какое бы действительное число ни подставить вместо предметной переменной y , например « $(\forall x)(x+4=7)$ », предикат будет превращаться в ложное высказывание. (Высказывание « $(\forall x)(x + 4 = 7)$ » ложно, так как одноместный предикат « $x + 4 = 7$ » превращается в ложное высказывание, например при подстановке вместо переменной x числа 5.) Поэтому высказывание « $(\exists y)(\forall x)(x + y = 7)$ », получающееся из одноместного предиката « $(\forall x)(x + y = 7)$ » применением операции взятия квантора существования по y , ложно.

и) Это высказывание читается так: «Любое действительное число равно самому себе тогда и только тогда, когда оно больше 1 или меньше 2». Чтобы выяснить, истинно или ложно данное высказывание, будем, например, искать такое действительное число x , которое превратило бы одноместный предикат « $((x > 1) \vee (x < 2)) \leftrightarrow (x = x)$ » в ложное высказывание. Если нам удастся найти такое число, то данное высказывание, получающееся из этого предиката «навешиванием» (т. е. применением операции взятия) квантора общности, ложно. Если же мы придем к противоречию, предположив, что такое x существует, то данное высказывание истинно.

Ясно, что предикат « $x = x$ » превращается в истинное высказывание при подстановке вместо x любого действительного числа, т. е. является тождественно истинным. Спрашивается, можно ли указать действительное число, которое превратило бы предикат « $((x > 1) \vee (x < 2))$ » в ложное высказывание? Нет, потому что какое бы действительное число мы ни взяли, оно либо больше 1, либо меньше 2 (либо одновременно и больше 1 и меньше 2, что вовсе не возбраняется в нашем случае). Следовательно, предикат « $((x > 1) \vee (x < 2))$ » тождественно истинен. Тогда тождественно истинным будет и предикат « $((x > 1) \vee (x < 2)) \leftrightarrow (x = x)$ », а значит, данное высказывание « $(\forall x)[((x > 1) \vee (x < 2)) \leftrightarrow (x = x)]$ » по определению операции взятия квантора общности истинно.

4. Из следующих предикатов с помощью кванторов постройте всевозможные высказывания и определите, какие из них истинны, а какие ложны ($x \in R$):

- а) $x^2 + 2x + 1 = (x + 1)^2$;
 б) $(x - 3)(x + 3) < x^2$;
 в) $e^{|x|} < \ln |x|$ ($x \neq 0$);
 г) $(x^2 + 1 = 0) \rightarrow ((x = 1) \vee (x = 2))$;
 д) $(x < 0) \vee (x = 0) \vee (x > 0)$;
 е) $|x - y| \geq ||x| - |y||$;
 ж) $\sin x = \sin y$;
 з) $x^2 = y^2 \rightarrow x = y$;
 и) $(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$;
 к) $|x - y| \leq 3$;
 л) $x^2 = 25$;
 м) $x^2 + y^2 = 16$.

Решение, л) Из этого одноместного предиката с помощью кванторов можно построить два высказывания: « $(\forall x)(x^2 = 25)$ » и « $(\exists x)(x^2 = 25)$ ». Первое высказывание читается так: «Квадрат любого действительного числа равен 25». Оно ложно и с точки зрения здравого смысла, и согласно определению операции взятия квантора общности: предикат « $x^2 = 25$ » не является тождественно истинным, и потому высказывание « $(\forall x)(x^2 = 25)$ » ложно. Второе высказывание читается так: «Существует действительное число, квадрат которого равен 25». Это высказывание истинно, так как предикат « $x^2 = 25$ » не является тождественно ложным.

м) Предварительно полезно ознакомиться с решением задачи 3, а. Из данного двухместного предиката « $x^2 + y^2 = 16$ » можно построить четыре высказывания с помощью комбинаций двух кванторов $(\forall x)(\forall y)(x^2 + y^2 = 16)$, $(\exists x)(\forall y)(x^2 + y^2 = 16)$, $(\forall y)(\exists x)(x^2 + y^2 = 16)$, $(\exists y)(\exists x)(x^2 + y^2 = 16)$.

Чтение этих высказываний на русском языке предоставляется читателю. Займемся исследованием вопроса об их истинности. Посмотрим на первые два высказывания. Они получены из одноместного предиката « $(\forall y)(x^2 + y^2 = 16)$ » с помощью кванторов общности и существования. Этот предикат превращается в ложное высказывание при подстановке вместо него предметной переменной x любого действительного числа. Другими словами, этот предикат тождественно ложен. Следовательно, применение к этому предикату как квантора общности, так и квантора существования приводит к ложным высказываниям. Итак, оба первых высказывания ложны.

Обратимся теперь к двум последним высказываниям. Они получены из одноместного предиката « $(\exists x)(x^2 + y^2 = 16)$ » с помощью кванторов общности и существования. Этот предикат не является тождественно истинным (так как, например, при $y = 5$ получаем ложное высказывание « $(\exists x)(x^2 + 25 = 16)$ »). Поэтому применение к нему квантора общности приводит к ложному высказыванию. Таково третье высказывание. Этот же предикат « $(\exists x)(x^2 + y^2 = 16)$ » не является и тождественно ложным (так как, например, при $y = 0$ он превращается в истинное высказывание « $(\exists x)(x^2 + 0 = 16)$ »). Поэтому применение к нему квантора существования приводит к истинному высказыванию. Таково последнее высказывание.

Итак, из четырех высказываний последнее истинно, а остальные ложны.

5. Найдите множества истинности следующих предикатов, заданных над указанными множествами:

а) « x кратно 3», $M = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$;

б) « x кратно 3», $M = \{3, 6, 9, 12\}$;

в) « x кратно 3», $M = \{2, 4, 8\}$;

г) « $x^2 + 4 > 0$ », $M = R$;

д) « $\sin x > 1$ », $M = R$;

е) « $x^2 + x - 6 = 0$ », $M = R$;

ж) « $x_1^2 + x_2^2 = 0$ », $M_1 = M_2 = R$;

з) « $x_1 < x_2$ », $M_1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $M_2 = \{3, 5, 7\}$;

и) « x_1 делит x_2 », $M_1 = M_2 = \{2, 3, 4, 6\}$;

к) « $|x_1| + x_2 > 12$ », $M_1 = \{-2, 4, 8\}$, $M_2 = \{0, 7, 9, 11\}$;

л) « $x_1 + x_2 < 0$ », $M_1 = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$, $M_2 = \{-3, 1, 2\}$.

Р е ш е н и е. л) Множеством истинности этого предиката будет подмножество декартова произведения множеств M_1 и M_2 т.е. множества $M_1 \times M_2 = \{(-3, -3), (-3, 1), (-3, 2), (-2, -3), (-2, 1), (-2, 2), (-1, 1), (-1, -3), (-1, 2), (0, -3), (0, 1), (0, 2), (1, -3), (1, 1), (1, 2), (2, -3), (2, 1), (2, 2), (3, -3), (3, 1), (3, 2)\}$, состоящие из всех таких упорядоченных пар (x_1, x_2) , что $x_1 \in M_1$, $x_2 \in M_2$ и $x_1 + x_2 < 0$. Выберем из множества $M_1 \times M_2$ все такие пары: $P^+ = \{(-3, -3), (-3, 1), (-3, 2), (-2, -3), (-2, 1), (-1, -3), (0, -3), (1, -3), (2, -3)\}$. Это и есть множество истинности данного предиката.

6. Изобразите на координатной прямой множества истинности следующих заданных на R одноместных предикатов:

а) $x < 3$; ж) $x^2 + 6x - 16 \leq 0$;

б) $|x| = 4$; з) $x^2 \geq 0$;

в) $|x| < 2$; и) $|x - 1| \leq |2x + 4|$;

г) $|x| > 2$; к) $|3x - 1| + |2x + 4| \geq 3$;

д) $|x - 4| \geq 1$; л) $|x + 2| < 5$.

е) $|x + 3| < 2$;

Р е ш е н и е. л) Множество истинности данного предиката представляет собой множество решений неравенства. Поэтому, прежде чем изобразить это множество на числовой прямой, найдем его, т. е. решим данное неравенство. Абсолютная величина некоторого числа меньше 5 тогда и только тогда, когда само число больше -5 и меньше 5: $-5 < x + 2 < 5$. Первое из этих неравенств равносильно следующему: $-7 < x$, а второе — следующему: $x < 3$. Решением неравенства и областью истинности данного предиката является пересечение двух множеств: $]-7, \infty[\cap]-\infty, 3[=]-7, 3[$. Изображение полученного множества на числовой прямой предоставляется читателю.

7. Изобразите на координатной плоскости множества истинности следующих двухместных предикатов, заданных на множестве

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| а) $x = y$; | ж) $x + 3y < 6$; |
| б) $\|x = y $; | з) $(x^2 - y^2)/(x + y) = x - y$; |
| в) $x^2 + y^2 = 9$; | и) $xy = 0$; |
| г) $x^2 + y^2 - 4x + 6y + 14 = 0$; | к) $y = \lg(x + 1)$; |
| д) $x^2 < y$; | л) $x^2 = y^2$. |
| е) $y = 1/x$; | |

Решение. л) Обозначим этот предикат $P(x, y)$ и будем отыскивать его множество истинности: $P^+ = \{(x, y): x^2 = y^2\} = \{(x, y): x^2 - y^2 = 0\} = \{(x, y): (x - y)(x + y) = 0\} = \{(x, y): x - y = 0 \text{ или } x + y = 0\} = \{(x, y): x - y = 0\} \cup \{(x, y): x + y = 0\} = \{(x, y): x = y\} \cup \{(x, y): y = -x\} = P_1^+ \cup P_2^+$. Первое из объединяемых в результате множеств представляет собой прямую, являющуюся биссектрисой первого и третьего координатных углов, а второе — прямую, являющуюся биссектрисой второго и четвертого углов.

8. Найдите множества истинности следующих предикатов, заданных на множестве всех точек плоскости (A, B и C — различные фиксированные точки плоскости, l — фиксированная прямая плоскости):

- Отрезок $[AB]$ виден из точки X под прямым углом;
- Точка X располагается по одну сторону с точкой A от прямой l (предполагается, что точка A не лежит на прямой l);
- Точка X располагается на прямой l и одинаково удалена от точек A и B ;
- Точка X симметрична с некоторой точкой отрезка $[AB]$ относительно точки C ;
- Точка X равноудалена от точек A и B ;
- Точка X находится на данном расстоянии от точки B ;
- Точка X удовлетворяет двум условиям: она одинаково удалена от точек A и B и находится на данном расстоянии от точки C ;
- Точка X лежит на прямой между точками A и B ;
- Точка B лежит на прямой между точками A и X ;
- Точка X одинаково удалена от точки A и прямой l ($A \notin l$);
- Точка X симметрична с некоторой точкой отрезка $[AB]$ относительно прямой l .

Решение. л) По условию нам даны прямая l , отрезок $[AB]$ и сказано, что точка X симметрична с некоторой точкой, принадлежащей отрезку $[AB]$. Отметим на отрезке $[AB]$ произвольно точку X_1 . Проведем прямую a через точку X_1 перпендикулярно прямой l . Тогда $a \cap l = P$. Отложим от точки P на продолжении прямой a отрезок $[XP] = [X_1P]$. Точку X_1 можно брать в любом месте отрезка $[AB]$. Таким образом, $P^+ = [A_1B_1]$ — отрезок, симметричный отрезку $[AB]$ относительно прямой l .

9. Изобразите на координатной прямой или на координатной плоскости множества истинности следующих предикатов:

- а) $(x > 2) \wedge (x < 2)$;
 б) $(x > 2) \vee (x < 2)$;
 в) $(x > 2) \leftrightarrow (x < 2)$;
 г) $(x \geq 0) \wedge (y \leq 0)$;
 д) $(x \geq 0) \vee (y \leq 0)$;
 е) $(x > 0) \rightarrow (y < 0)$;
 ж) $(|x| < 3) \wedge (x > 2)$;
 з) $(\sin x > 0) \wedge (|x - 2| < 5) \wedge (\lg x > 1)$;
 и) $(x^2 + y^2 > 1) \leftrightarrow (xy < 0)$;
 к) $(|x| > 2) \rightarrow (|x| < 3)$;
 л) $(x > 2) \rightarrow (x < 2)$;
 м) $(x \geq 0) \leftrightarrow (y \leq 0)$.

Решение, л) Ясно, что предикат « $(x > 2) \rightarrow (x < 2)$ » будет обращаться в истинное высказывание только при тех значениях x , при которых посылка « $x > 2$ » обращается в ложное высказывание. Следовательно, множеством истинности импликации будет полуинтервал $]-\infty, 2]$.

м) $(x > 0) \leftrightarrow (y \leq 0)$. Координаты x и y каждой точки первой четверти, включая положительную часть оси Oy , удовлетворяют первому соотношению, а второму — не удовлетворяют. Следовательно, весь предикат в этой области обращается в ложное высказывание. Во второй четверти координаты x и y каждой точки обращают оба предиката, стоящие в левой и правой частях эквивалентности, в ложные высказывания. Следовательно, весь предикат превращается в истинное высказывание. Исключение составляют точки полуосей Oy^+ и Ox^- . Координаты x и y каждой точки третьей четверти не удовлетворяют первому соотношению, а второму — удовлетворяют. Следовательно, предикат превращается в ложное высказывание. В четвертой четверти координаты x и y каждой точки обращают и посылку, и следствие в истинные высказывания. Следовательно, предикат превращается в истинное высказывание. Итак, множеством истинности предиката является множество точек второй и четвертой четвертей плоскости, за исключением полуосей Oy^+ и Ox^- .

10. Найдите множества истинности следующих предикатов, заданных над множеством $M = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots, 19, 20\}$:

- а) x — четное число;
 б) x — нечетное число;
 в) $x < 10$;
 г) $3 \mid x$;
 д) $(x \text{ — четное число}) \rightarrow (x \text{ — квадрат натурального числа})$;
 е) $(x \text{ — квадрат натурального числа}) \rightarrow (x \text{ — четное число})$;
 ж) $(x \mid 16) \wedge (x > 15)$;
 з) $(x \text{ — квадрат натурального числа}) \vee (x < 10)$;
 и) $(x > 14) \wedge (4 \mid x)$;
 к) $(x \text{ — нечетное число}) \leftrightarrow (2 \text{ не делит } x)$;
 л) $(x \text{ — четное число}) \leftrightarrow (x \text{ не делит } 8)$.

Решение, л) Данный предикат представляет собой эквивалентность двух предикатов. Поэтому найдем сначала те натуральные числа из M , которые превращают в истинные высказывания одновременно оба эти предиката. Первый предикат превращается в истинное высказывание элементами из множества $M_1 = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20\}$, второй — элементами из $M_2 =$

$= \{3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20\}$. Значит, оба эти предиката превращаются одновременно в истинные высказывания на множестве $M^I = M_1^I \cap M_2^I = \{6, 10, 12, 14, 16, 18, 20\}$.

Далее, найдем числа из M , которые превращают в ложные высказывания одновременно оба предиката « x — четное число» и « x не делит 8». Первый предикат превращается в ложное высказывание элементами из множества $M_1^{\circ} = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19\}$, а второй — элементами из $M_2^{\circ} = \{1, 2, 4, 8\}$. Значит, оба эти предиката превращаются одновременно в ложные высказывания на множестве $M^{\circ} = M_1^{\circ} \cap M_2^{\circ} = \{1\}$.

Таким образом весь данный предикат превращается в истинное высказывание при подстановке вместо x как элементов из A^I , так и элементов из M° . Следовательно, множеством истинности данного предиката является объединение этих множеств $M^I \cup M^{\circ} = \{6, 10, 12, 14, 16, 18, 20\}$ и $\{1\} = \{1, 6, 11\}$. Зная множества P^+ и P^+ истинности предикатов $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $\neg P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ соответственно, заданных над одними и теми же множествами, найдите множество истинности следующего предиката:

- а) $P(x) \vee \neg P(x)$;
- б) $P(x) \rightarrow \neg P(x)$;
- в) $(P(x) \rightarrow \neg P(x)) \rightarrow \neg P(x)$;
- г) $(P(x) \rightarrow \neg P(x)) \rightarrow P(x)$;
- д) $(P(x) \vee \neg P(x)) \leftrightarrow (P(x) \rightarrow \neg P(x))$;
- е) $(P(x) \rightarrow (\neg P(x) \vee P(x))) \rightarrow \neg P(x)$;
- ж) $\neg P(x) \rightarrow (P(x) \wedge \neg P(x))$;
- з) $(P(x) \leftrightarrow \neg P(x)) \rightarrow P(x)$;

- и) $(P(x) \leftrightarrow \neg P(x)) \vee (\neg P(x) \rightarrow P(x))$;
- к) $(\neg P(x) \wedge P(x)) \rightarrow (\neg P(x) \vee P(x))$;
- л) $(\neg P(x) \leftrightarrow P(x)) \rightarrow P(x)$.

Решение, л) Для нахождения множества истинности данного предиката сначала выразим операции \leftrightarrow и \neg через \vee , \wedge , затем воспользуемся результатами задачи 9.13:

$$\begin{aligned} [(\neg P(x) \leftrightarrow P(x)) \rightarrow P(x)]^+ &= [((\neg P(x) \rightarrow P(x)) \wedge (P(x) \rightarrow \neg P(x))) \rightarrow \\ &\rightarrow P(x)]^+ = [\neg((\neg \neg P(x) \vee P(x)) \wedge (\neg P(x) \vee \neg P(x))) \vee P(x)]^+ = \\ &= \overline{((P^+ \cup P^+) \cap (\overline{P^+} \cup \overline{P^+})) \cup P^+} = \overline{(P^+ \cap \overline{P^+}) \cup P^+} = (\overline{P^+} \cup \overline{P^+}) \cup \overline{P^+} = \\ &= (\overline{P^+} \cup P^+) \cup \overline{P^+} = U \cup \overline{P^+} = U. \end{aligned}$$

3. Задачи для самостоятельного решения

1. Пусть переменная x пробегает конечное множество $M = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Каким высказываниям без кванторов будут эквивалентны в этом случае высказывания $(\forall x)(P(x))$, и $(\exists x)(P(x))$?

2. Среди предикатов из задач 4, 7, 8, 9 укажите: а) тождественно истинные предикаты; б) тождественно ложные предикаты.

3. Зная множества P^+ и Q^+ истинности предикатов $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$ соответственно, заданных над одними и теми же множествами, найдите множества истинности: а) предиката $\neg P(x_1, x_2, \dots, x_n)$; б) конъюнкции; в) дизъюнкции; г) импликации; д) эквивалентности предикатов $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Указание, г), д). Выразите импликацию через отрицание и дизъюнкцию, а эквивалентность — через отрицание, конъюнкцию и дизъюнкцию, и затем примените результаты задач а), б) и в).

Занятие 7. Равносильность и следование предикатов

1. Теоретическая часть

Предикаты $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$ над одними и теми же множествами называют *равносильными*, или *эквивалентными*, если $P^+ = Q^+$, т.е. если один из них обращается в истинное высказывание на тех и только тех наборах значений переменных из соответствующих множеств, на которых в истинное высказывание обращается другой предикат. Предикат $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называют *следствием* предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, заданного над теми же множествами, что и предикат $Q(x_1, x_2, \dots, x_n)$, если он обращается в истинное высказывание на всех тех наборах значений переменных из соответствующих множеств, на которых в истинное высказывание обращается предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, т.е. если $Q^+ \subseteq P^+$.

2. Практическая часть

1. Выясните, равносильны ли следующие предикаты, если их рассматривать над множеством действительных чисел R , над множеством рациональных чисел Q , над множеством целых чисел Z и над множеством натуральных чисел N :

а) $5x^2 - 11x + 2 = 0$, $(x^2 - 3)(3x^2 - 7x + 2) = 0$;

б) $x^2 - 3/x - \sqrt{3} = x + \sqrt{3}$, $\cos x \leq 1$;

в) $x^2 = 0$, $|x| \leq 0$;

г) $\sqrt{x} \cdot \sqrt{y} = 15$, $\sqrt{x \cdot y} = 15$;

д) $|x| = |y|$, $x = y$;

е) $x < 2$, $y < 2$;

ж) $\lg(x \cdot y) = 1$, $\lg x + \lg y = 1$;

з) $2^x \cdot 2^y = 4$, $2^{x+y} = 4$;

и) $\lg(x \cdot y) = \lg x + \lg y$, $2^x \cdot 2^y = 2^{x+y}$;

к) $\lg(x \cdot y) = \lg x + \lg y$, $\sqrt{x \cdot y} = \sqrt{x} \cdot \sqrt{y}$;

л) $x^2 = 1$, $(x - 1)(x + \sqrt{2})(x - 1,5)(x + 1) = 0$.

Решение, л) Предикаты равносильны над множеством N (каждый из них имеет в этом случае множество истинности $\{1\}$) и над множеством Z (множество истинности каждого из них в этом случае $\{-1, 1\}$). Над множествами Q и R первый предикат имеет множество истинности $\{-1, 1\}$. Второй предикат над множеством Q обладает множеством истинности $\{-1, 1, 3/2\}$, а над множеством R — множеством истинности $\{-\sqrt{2}, -1, 1, 3/2\}$. Следовательно, над множествами Q и R предикаты не равносильны.

2. Задайте множество так, чтобы над ним следующие предикаты были равносильны:

а) « x : кратно 3», « x кратно 7»;

б) « $x^2 - x - 2 = 0$ », « $x^3 + 1 = 0$ »;

в) «Город x находится на берегу реки Волги», «Город x находится на берегу реки Свияги»;

г) « x — простое число», « x — четное число»;

- д) «Диагонали в четырехугольнике x равны», «Четырехугольник x — параллелограмм»;
- е) «Диагонали в четырехугольнике x взаимно-перпендикулярны», «Четырехугольник x — ромб»;
- ж) « x — треугольник», «Биссектриса одного из внутренних углов треугольника x является его медианой»;
- з) « x делится на 3», « x делится на 9»;
- и) « x — куб», « x — параллелепипед»;
- к) « x — цилиндр», « x — конус»;
- л) «Треугольник x — равнобедренный», «Три высоты треугольника x равны между собой».

Решение, л) Ясно, что требуемое множество нужно искать среди подмножеств множества всех треугольников. Элементы этого множества должны быть одновременно и равнобедренными треугольниками, и такими треугольниками, у которых все три высоты равны между собой. Можно показать, что три высоты в треугольнике равны между собой тогда и только тогда, когда этот треугольник равносторонний. Поскольку, кроме того, всякий равносторонний треугольник является равнобедренным, то искомым множеством может быть, например, множество всех равносторонних треугольников. Другое множество, над которым два данных предиката равносильны, — множество всех неравнобедренных треугольников.

3. Докажите следующие утверждения, считая, что каждый из двух предикатов зависит от одних и тех же переменных, пробегающих одни и те же соответственные множества:

- а) Конъюнкция двух предикатов есть опровержимый предикат тогда и только тогда, когда, по меньшей мере, один из данных предикатов опровержим;
- б) Конъюнкция двух предикатов есть тождественно истинный предикат тогда и только тогда, когда оба данных предиката тождественно истинны;
- в) Дизъюнкция двух предикатов есть выполнимый предикат тогда и только тогда, когда, по меньшей мере, один из данных предикатов выполним;
- г) Дизъюнкция двух предикатов есть тождественно ложный предикат тогда и только тогда, когда оба данных предиката тождественно ложны;
- д) Конъюнкция тождественно ложного предиката и любого предиката есть тождественно ложный предикат: $F(x) \wedge P(x) \Leftrightarrow F(x)$;
- е) Конъюнкция тождественно истинного предиката и любого предиката есть предикат, равносильный последнему: $\Gamma(x) \wedge P(x) \Leftrightarrow P(x)$;
- ж) Дизъюнкция тождественно ложного предиката и любого предиката есть предикат, равносильный последнему: $F(x) \vee P(x) \Leftrightarrow P(x)$;
- з) Дизъюнкция тождественно истинного предиката и любого предиката есть тождественно истинный предикат: $T(x) \vee P(x) \Leftrightarrow T(x)$;
- и) Импликация двух предикатов с тождественно ложным следствием равносильна отрицанию ее посылки;

к) Импликация двух предикатов с тождественно истинной посылкой равносильна ее следствию;

л) Эквивалентность двух предикатов с тождественно истинным одним членом равносильна ее второму члену;

м) Эквивалентность двух предикатов с тождественно ложным одним членом равносильна отрицанию ее второго члена.

Решение, д) Вычислим множество истинности $(F \wedge P)^+ = F^+ \cap P^+ = \emptyset \cap P^+ = \emptyset$. Следовательно, предикат $F(x) \wedge P(x)$ тождественно ложен.

з) Аналогично вычислим множество истинности $(T \vee P)^+ = T^+ \cup P^+ = M \cup P^+ = M$. Следовательно, предикат $T(x) \vee P(x)$ тождественно истинен.

4. Определите, является ли один из следующих предикатов, заданных на множестве действительных чисел, следствием другого:

- а) « $|x| < 3$ », « $x^2 - 3x + 2 = 0$ »;
- б) « $x^4 = 16$ », « $x^2 = -2$ »;
- в) « $x - 1 > 0$ », « $(x - 2)(x + 5) = 0$ »;
- г) « $\sin x = 3$ », « $x^2 + 5 = 0$ »;
- д) « $x^2 + 5x - 6 > 0$ », « $x + 1 = 1 + x$ »;
- е) « $x^2 \leq 0$ », « $x = \sin \pi$ »;
- ж) « $-5 < x$ », « $x < 5$ »;
- з) « $\lg x \leq 1$ », « $1 \leq x \leq 10$ »;
- и) « $x^2 + y^2 = 1$ », « $x^2 + y^2 \leq 1$ »;
- к) « $x^2 < y$ », « $y \geq 0$ »;
- л) « $x^3 - 2x^2 - 5x + 6 = 0$ », « $|x - 2| = 1$ ».

Решение, л) Второй предикат превращается в истинное высказывание лишь при двух подстановках: $x=1$ и $x = 3$. Нетрудно проверить, что эти подстановки превращают и первый предикат в истинное высказывание (являются корнями кубического уравнения). Поэтому первый предикат является следствием второго.

3. Задания для самостоятельной работы

1. Задайте множество M значений предметной переменной так, чтобы на этом множестве второй предикат был бы следствием первого:

- а) « x кратно 3», « x четно»;
- б) « $x^2 = 1$ », « $x - 1 = 0$ »;
- в) « x нечетно», « x — квадрат натурального числа»;
- г) « x — ромб», « x — параллелограмм»;
- д) « x — параллелограмм», « x — ромб»;
- е) « x — русский ученый», « x — математик»;
- ж) $-5 < x, x < 5$;
- з) « x делится на 3», « x делится на 9»;
- и) « x — куб», « x — прямоугольный параллелепипед»;
- к) « x — цилиндр», « x — конус»;
- л) « x — квадрат», « x — параллелограмм».

Решение, л) Поскольку всякий квадрат является параллелограммом, в качестве множества, на котором второй предикат является следствием первого, может быть взято множество всех четырехугольников.

Занятие 8. Формулы логики предикатов, их интерпретация и классификация. Равносильность формул логики предикатов

1. Теоретическая часть

Понятие *формулы логики предикатов* вводится аналогично тому, как это было сделано в алгебре высказываний. Определение имеет индуктивный характер: а) всякий 0-местный предикатный символ (т. е. пропозициональная переменная) есть формула; б) всякий n -местный предикатный символ $P(x_1 x_2, \dots, x_n)$, где $x_1 x_2 \dots, x_n$ — свободные предметные переменные, есть формула; в) если F_1 и F_2 — формулы, то $\neg F$, $(F_1 \wedge F_2)$, $(F_1 \vee F_2)$, $(F_1 \rightarrow F_2)$, $(F_1 \leftrightarrow F_2)$ — формулы; г) если F — формула, в которую предметная переменная x входит свободно, то $(\forall x)(F)$ и $(\exists x)(F)$ — формулы, в которых предметная переменная x связана, а те предметные переменные, кроме x , которые были свободны в F , свободны и в новых формулах, и те предметные переменные, которые были связаны в F , связаны и в новых формулах; д) никаких других формул, кроме тех, которые получаются по правилам а) — г), в логике предикатов нет.

Формула логики предикатов превращается в конкретный предикат при подстановке вместо всех ее предикатных переменных конкретных предикатов.

Формулу логики предикатов называют *выполнимой (опровержимой)* на множестве M , если при некоторой подстановке вместо предикатных переменных конкретных предикатов, заданных на этом множестве, она обращается в выполнимый (опровержимый) предикат.

Формулу логики предикатов называют *тождественно истинной (тождественно ложной)* на множестве M , если при всякой подстановке вместо предикатных переменных любых конкретных предикатов, заданных на этом множестве, она превращается в тождественно истинный (тождественно ложный) предикат.

Равносильность формул логики предикатов. Две формулы логики предикатов F и H с одноименными предикатными переменными называют *равносильными*, если при всякой подстановке вместо предикатных переменных любых конкретных предикатов, заданных над одними и теми же множествами, эти формулы превращаются в равносильные предикаты. Обозначение равносильных формул: $F \cong H$.

2. Практическая часть

1. Определите, какие из следующих выражений являются формулами логики предикатов, а какие нет, и объясните почему:

- а) $(\exists x)(B(x)) \rightarrow (\forall x)(B(x))$;
- б) $(\forall x)(P(x)) \rightarrow P(y)$;
- в) $(\forall x)((P(x) \wedge Q(x)R(x)) \rightarrow (\exists y)(\neg S(x)))$;
- г) $(\forall x)(Q(x) \wedge \neg R(x))$;
- д) $(\exists x)(P(x) \wedge Q(x) \wedge \neg R(x))$;
- е) $(\exists x)(E(x) \wedge D(x, y))$;

- ж) $(\forall x)(P(x) \vee Q(x)) \rightarrow (\exists x)(P(x) \rightarrow Q(x) \vee R(x))$;
 з) $\neg P(x) \wedge (\forall y)(P(y))$;
 и) $(\exists x)(\exists y)(x \neq y \wedge P(x) \wedge P(y))$;
 к) $\neg[(\exists x)(P(x)) \rightarrow (\forall x)(P(x))]$;
 л) $(\forall x)[E(x) \rightarrow (\forall y)(D(x, y) \rightarrow E(y))]$;
 м) $(\exists y)[P(y) \wedge (\forall x)(Q(x, y) \vee R(x))]$.

2. Перечислите свободные и связанные вхождения каждой переменных в каждой из следующих формул:

- а) $(\forall x)(P(x))$;
 б) $(\forall x)(P(x)) \rightarrow P(y)$;
 в) $P(x) \rightarrow (\exists x)(Q(x))$;
 г) $(\exists x)(A(x) \wedge B(x))$;
 д) $(\exists x)(\forall y)(P(x) \wedge Q(y)) \rightarrow (\forall y)(R(x, y))$;
 е) $(\exists x)(\exists y)(P(x, y) \wedge Q(z))$;
 ж) $(\exists u)(\forall v)(B(u, v)) \rightarrow (\exists t)(B(t, v))$;
 з) $(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(y)) \wedge (\exists y)(R(x, y, z))$;
 и) $(\forall x)[(\forall z)(P(x, z) \rightarrow Q(y)) \wedge (\exists y)(R(x, y, z))]$;
 к) $(\exists y)(\forall x)(Q(x, y, z) \wedge P(y)) \rightarrow R(y, z)$;
 л) $(\forall x)[(\exists y)(P(x, y)) \rightarrow Q(x, y, z)]$.

Решение, л) Действие квантора $\forall x$ распространяется на всю Формулу, стоящую в квадратных скобках. Поэтому переменная x всюду в данной формуле является связанной. Переменная z не стоит под знаком квантора, поэтому, без всякого сомнения, является свободной. Наконец переменная y стоит под знаком квантора $\exists y$, но действие этого квантора распространяется лишь на выражение $P(x, y)$, и поэтому переменная y в этом выражении является связанной. Но переменная y входит еще и в выражение $Q(x, y, z)$, на которое действие квантора $\exists y$ не распространяется. В этом выражении, переменная y свободна. Для окончательной ясности в этом вопросе данную формулу можно переписать (переобозначив связанную переменную любой другой буквой, не входящей в формулу, например буквой t) в следующем виде: $(\forall x)[(\exists t)(P(x, t)) \rightarrow Q(x, y, z)]$. Здесь уже отчетливо видно, что переменные x и t связанные, а y и z свободные.

3. Придайте следующим формулам указанные интерпретации и определите истинностные значения получающихся высказываний:

- а) $(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y))$, $M = \{\text{Петр, Павел}\}$, $P(x)$: «Имя x состоит из 5 букв», $y = \text{Петр}$;
 б) $(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y))$, интерпретация та же, что и для предыдущей формулы;
 в) $(\forall x)(\neg F(x, x)) \wedge (\forall x)(\forall y)(\forall z)((F(x, y) \wedge F(y, z)) \rightarrow F(x, z)) \wedge (\forall x)(\exists y)(F(x, y))$, $M = \{1, 2, 3\}$, $F(x, y)$: « $x < y$ »;
 г) предыдущая формула, $M = N$, $F(x, y)$: « $x < y$ »;
 д) $(\exists x)(P(x) \wedge Q(x))$, $M = N$, $P(x)$: « $x < 5$ », $Q(x)$: « $x > 6$ »;
 е) $(\exists x)(P(x)) \wedge (\exists x)(Q(x))$, интерпретация та же, что и для предыдущей формулы;
 ж) $\neg(\exists x)(P(x))$, $M = N$, $P(x)$: « $x < 2$ »;
 з) $(\exists x)(\neg P(x))$, интерпретация та же, что и для предыдущей формулы;
 и) $(\forall x)(P(x) \leftrightarrow Q(x))$, $M = N$, $P(x)$: « $3 \mid x$ », $Q(x)$: « $2 \mid x$ »;
 к) $(\forall x)(P(x) \leftrightarrow (\forall x)(Q(x)))$, интерпретация та же, что и для предыдущей формулы;
 л) $(\exists x)(P(x) \rightarrow P(y))$, $M = \{2, 3\}$, $P(x)$: « $2 \mid x$ », $y = 3$;
 м) $(\exists x)(P(x)) \rightarrow P(y)$, $M = \{2, 3\}$, $P(x)$: « $2 \mid x$ », $y = 3$.

Решение л) При подстановке вместо предикатной переменной P конкретного одноместного предиката « $2 \mid x$ » формула превращается в одноместный (зависящий от y) предикат: $(\exists x)((2 \mid x) \rightarrow (2 \mid y))$. Подставив вместо предметной переменной y значение 3, получим высказывание $(\exists x)((2 \mid x) \rightarrow (2 \mid 3))$. Руководствуясь определением квантора существования, выясним, каково его логическое значение. Поскольку одноместный предикат $(2 \mid x) \rightarrow (2 \mid 3)$ при $x = 3$ превращается в истинное высказывание $(2 \mid 3) \rightarrow (2 \mid 3)$, то и высказывание $(\exists x)((2 \mid x) \rightarrow (2 \mid 3))$ истинно.

м) При указанной интерпретации данная формула превращается в высказывание $(\exists x)(2 \mid x) \rightarrow 2 \mid 3$, представляющее собой импликацию двух высказываний. При этом посылка $(\exists x)(2 \mid x)$ есть истинное высказывание (так как предикат « $2 \mid x$ » превращается в истинное высказывание при $x = 2$), а следствие « $2 \mid 3$ » — в ложное. Следовательно, получившееся при интерпретации высказывание ложно.

4. Покажите, что каждая интерпретация каждой из следующих формул на одноэлементном множестве дает истинное высказывание:

- а) $P(x) \rightarrow P(y)$;
- б) $P(x) \leftrightarrow P(y)$;
- в) $(\exists x)(P(x)) \rightarrow P(y)$;
- г) $(\exists x)(P(x)) \rightarrow (\forall x)(P(x))$;
- д) $P(x) \vee \neg P(y)$;
- е) $(\forall x)(\forall y)(P(x) \vee \neg P(y))$;
- ж) $P(x) \rightarrow (P(x) \wedge P(y))$;
- з) $(P(x) \vee P(y)) \rightarrow P(x)$;
- и) $P(y) \rightarrow (\forall x)(P(x))$.

Решение, и) Как известно, предикат на множестве M есть некоторая функция, заданная на этом множестве и принимающая значения в двухэлементном множестве $\{0, 1\}$. Тогда, как легко понять, если M состоит из одного элемента a , т. е. $M = \{a\}$, то на нем можно задать лишь два конкретных предиката (функции) $A_1(x)$ и $A_2(x)$ следующим образом: $A_1(a) = 0, A_2(a) = 1$.

При интерпретировании данной формулы нужно входящую в нее предикатную переменную P назвать одним из конкретных предикатов A_1 или A_2 , а свободную предметную переменную y — некоторым предметом из M (там их всего один — a).

Сведем в таблицу всевозможные интерпретации данной формулы:

P	y	$P(y)$	$(\forall x)(P(x))$	$P(y) \rightarrow (\forall x)(P(x))$
A_1	a	0	0	1
A_2	a	1	1	1

5. Покажите, что при интерпретации формул предыдущей задачи на двухэлементном множестве не всегда получается истинное высказывание.

Решение ж) На двухэлементном множестве $M = \{a, b\}$ имеются уже четыре различных одноместных предиката. Они представляют собой функции $A_1(x), A_2(x), A_3(x), A_4(x)$, заданные на

x	$A_1(x)$	$A_2(x)$	$A_3(x)$	$A_4(x)$
a	0	0	1	1

Всевозможные интерпретации данной формулы в этом случае сведем в следующую таблицу:

P	y	$P(y)$	$(\forall x)(P(x))$	$P(y) \rightarrow (\forall x)(P(x))$
A_1	a	0	0	1
A_1	b	0	0	1
A_2	a	0	0	1
A_2	b	1	0	0
A_3	a	1	0	0
A_3	b	0	0	1
A_4	a	1	1	1
A_4	b	1	1	1

Из таблицы видно, что предикат $A_2(x)$ и предмет $b \in M$ (характеризующийся тем, что предикат $A_2(b)=1$) превращает данную формулу в ложное высказывание $A_2(b) \rightarrow (\forall x)(A_2(x))$. Руководствуясь этими соображениями, данную интерпретацию можно наполнить определенным содержанием, взяв например, в качестве M множество $\{5,6\}$ (5 и 6 натуральные числа) а в качестве предиката $A_2(x)$ предикат « $x < 5$ ». Тогда высказывание « $5 < 5$ » истинно, а « $6 < 5$ » — ложно (значит, в нашем случае $a = 6$ и $b = 5$). Ложное высказывание, в которое превращается данная формула при этой интерпретации, выглядит так: $5 < 5 \rightarrow (\forall x)(x < 5)$.

6. Придумайте такие конкретные двухместные предикаты $A(x, y)$, чтобы высказывания $(\forall x)(\exists y)(A(x, y))$ и $(\exists y)(\forall x)(A(x, y))$:

а) были оба истинны; б) были оба ложны; в) первое было бы ложным, а второе истинным; г) первое было бы истинным, а второе — ложным.

7. Придумайте такие конкретные двухместные предиката $A(x, y)$, чтобы высказывания $(\forall x)(\exists y)(A(x, y))$ и $(\exists x)(\forall y)(A(x, y))$ а) были оба истинны; б) были оба ложны; в) первое было бы ложным, а второе — истинным; г) первое было бы истинным, а второе — ложным.

Решение, а) Рассмотрим предикат $A(x, y)$: « $x < y$ » на множестве всех натуральных чисел. При такой интерпретации первая формула превращается в истинное высказывание: «Для всякого натурального числа существует большее него натуральное число» а вторая формула превращается в истинное высказывание: «Существует наименьшее (т.е. меньше всех остальных) натуральное число».

8. Составьте таблицу значений следующей (открытой или замкнутой) формулы, интерпретируя ее всевозможными способами на двухэлементном множестве:

- а) $(\exists y)(\forall x)(P(x, y)) \vee \neg P(u, v)$;
 б) $(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y)) \vee \neg P(y)$;
 в) $(\forall x)(P \vee Q(x)) \rightarrow (P \vee (\forall x)(Q(x)))$.

Решение, а) На двухэлементном множестве $M = \{a, b\}$ имеются 16 различных двухместных предикатов (функции двух аргументов, заданных на M и принимающих значения в двухэлементном множестве $\{0, 1\}$):

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}
(a, a)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
(a, b)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
(b, a)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
(b, b)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Для интерпретации данной открытой формулы на множестве $M = \{a, b\}$ нужно 2-местный предикатный символ P заменить на конкретный 2-местный предикат, а каждую свободную предметную переменную (у нас их две — u и v) заменить на конкретный элемент из множества $M = \{a, b\}$. Сделаем, например, следующую замену: $P = A_n$, $u = a$, $v = a$. Получим высказывание

$$(\exists y)(\forall x)(A_{11}(x, y)) \vee \neg A_{11}(a, a). \quad (*)$$

Определим его логическое значение.

Во-первых, ясно, что $\lambda[\neg A_{11}(a, a)] = \neg \lambda[A_{11}(a, a)] = \neg 1 = 0$.

Теперь рассмотрим высказывание $(\exists y)(\forall x)(A_{11}(x, y))$. По определению квантора общности применение этой операции к двухместному предикату $A_{11}(x, y)$ дает одноместный предикат (от y): $A_{11}(a, y) \wedge A_{11}(b, y)$. Далее, применение квантора существования к последнему предикату дает высказывание (0-местный предикат): $A_{11}(a, a) \wedge A_{11}(b, a) \vee (A_{11}(a, b) \wedge A_{11}(b, b))$, логическое значение второго равно: $(1 \wedge 1) \vee (0 \wedge 0) = 1 \vee 0 = 1$.

Таким образом, логическое значение высказывания (*) равно $1 \vee 0 = 1$.

Составим теперь таблицу значений данной формулы, когда предикатная переменная P принимает всевозможные значения A_1, A_2, \dots, A_{16} , а предметные переменные u и v принимают значение a (проверьте результаты, приведенные в этой таблице, проделав вычисления, как показано выше):

P	u	v	$(\exists y)(\forall x)(P(x, y))$	$P(u, v)$	$\neg P(u, v)$	F
A_1	a	a	0	0	1	1
A_2	a	a	0	0	1	1
A_3	a	a	0	0	1	1
A_4	a	a	0	0	1	1
A_5	a	a	0	0	1	1
A_6	a	a	1	0	1	1
A_7	a	a	0	0	1	1
A_8	a	a	1	0	1	1
A_9	a	a	0	1	0	0
A_{10}	a	a	0	1	0	0
A_{11}	a	a	1	1	0	1
A_{12}	a	a	1	1	0	1
A_{13}	a	a	0	1	0	0
A_{14}	a	a	1	1	0	1
A_{15}	a	a	1	1	0	1
A_{16}	a	a	1	1	0	1

Составьте теперь самостоятельно еще три аналогичные таблицы, в которых предметные переменные u и v принимают следующие значения: в первой $u = a$,

$v = b$, во второй $u = b$, $v = a$, в третьей $u = b$, $v = b$. Соединение всех этих таблиц и даст требуемую таблицу значений данной формулы при всевозможных ее интерпретациях на двухэлементном множестве.

9. Определите, какие из следующих формул выполнимы, а какие нет (т.е. тождественно ложны):

- а) $(\exists x)(P(x))$;
- б) $(\forall x)(P(x))$;
- в) $(\exists x)(\forall y)(Q(x, x) \wedge \neg Q(x, y))$;
- г) $(\exists x)(\forall y)(Q(x, y) \rightarrow (\forall z)(R(x, y, z)))$;
- д) $P(x) \rightarrow (\forall y)(P(y))$;
- е) $(\forall x)(P(x) \vee Q(x)) \rightarrow ((\forall x)(P(x)) \vee (\forall x)(Q(x)))$;
- ж) $(\exists x)(P(x)) \rightarrow (\forall x)(P(x))$;
- з) $(\forall x)(P(x) \wedge \neg P(x))$;
- и) $(\forall x)(\exists y)(P(x) \wedge \neg P(y))$;
- к) $(\forall x)(\forall y)(P(x) \vee \neg P(y))$;
- л) $(\exists x)(\exists y)(P(x) \wedge \neg P(y))$;
- м) $\neg P(x) \wedge (\forall y)(P(y))$.

Р е ш е н и е. л) Пусть x и y пробегает множество \mathbb{N} натуральных чисел и $P(x)$ означает, что « x — четное число». Тогда данная формула $(\exists x)(\exists y)(P(x) \wedge \neg P(y))$ превращается в высказывание: «Среди натуральных чисел существуют как четные, так и нечетные числа», которое истинно. Следовательно, данная формула выполнима.

м) Покажем, что эта формула невыполнима. Допустим противное. Это означает, что существует такое множество M и такой конкретный предикат $A(x)$ над ним, что когда $x, y \in M$, то данная формула превращается в конкретный одноместный предикат $B(x) = \neg A(x) \wedge (\forall y)(A(y))$. Этот предикат, в свою очередь, превращается в истинное высказывание при всякой подстановке вместо x элементов из множества M . Возьмем любой $a \in M$. Тогда высказывание $B(x) = \neg A(x) \wedge (\forall y)(A(y))$ истинно, как мы только что установили. Следовательно, истинны высказывания $\neg A(a)$ и $(\forall y)(A(y))$. Из истинности второго высказывания заключаем, что высказывание $A(a)$ истинно. Это противоречит истинности первого высказывания $\neg A(a)$.

10. Докажите, что формулы в каждой из следующих пар равносильны между собой на одноэлементном множестве

- а) $\neg(\forall x)(P(x))$ и $(\forall x)(\neg P(x))$;
- б) $\neg(\exists x)(P(x))$ и $(\exists x)(\neg P(x))$;
- в) $(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y))$ и $(\forall x)(P(x)) \rightarrow P(y)$;
- г) $(\exists x)(P(y) \rightarrow P(x))$ и $P(y) \rightarrow (\forall x)(P(x))$;
- д) $(\exists x)(P(x) \rightarrow P(y))$ и $(\exists x)(P(x)) \rightarrow P(y)$;
- е) $(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y))$ и $P(y) \rightarrow (\exists x)(P(x))$;
- ж) $(\exists x)(P(x) \wedge (Q(x)))$ и $(\exists x)(P(x)) \wedge (\exists x)(Q(x))$;
- з) $(\forall x)(P(x) \vee (Q(x)))$ и $(\forall x)(P(x)) \vee (\forall x)(Q(x))$;
- и) $(\forall x)(\exists y)(F(x, y))$ и $(\exists y)(\forall x)(F(x, y))$;
- к) $(\forall x)(\exists y)(F(x, y) \wedge G(x, y))$ и $(\forall x)[(\exists y)(F(x, y)) \wedge (\exists y)(G(x, y))]$;
- л) $(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(x))$ и $(\forall x)(P(x)) \rightarrow (\forall x)(Q(x))$.

Р е ш е н и е. На одноэлементном множестве $\{a\}$ существуют лишь два одноместных предиката $A_0(x)$ и $A_1\{x\}$, характеризующихся тем, что $\lambda(A_0(a)) = 0$, $\lambda(A_1\{a\}) = 1$.

в) Данные формулы открытые: в них имеется свободная предметная переменная y . Составим таблицу значений для этих формул:

P	y	$(\forall x)(P(x) \rightarrow P(y))$	$(\forall x)(P(x))$	$P(y)$	$(\forall x)(P(x)) \rightarrow P(y)$
A_0	a	1	0	0	1
A_1	a	1	1	1	1

Для первой формулы в первой строке получаем высказывание $(\forall x)(A_0(x) \rightarrow A_1(a))$, которое истинно, поскольку предикат $A_0(x) \rightarrow A_0(a)$ тождественно истинен на одноэлементном множестве $\{a\}$. во второй строке получим высказывание $(\forall x)(A_1(x) \rightarrow A_1(a))$, которое также истинно.

Для второй формулы сначала вычисляем столбец $(\forall x)(P(x))$. В первой его строке получаем высказывание $(\forall x)(A_0(x))$, которое ложно, поскольку предикат $A_0(x)$ опровержим. Во второй строке получаем истинное высказывание $(\forall x)(A_1(x))$, поскольку предикат $A_1(x)$ тождественно истинен. Затем вычисляем столбец $P(y)$: $\bullet(A_0(a)) = 0$ (1-я строка), $X(A_1(a)) = 1$ (2-я строка). Наконец вычисляем столбец значений самой формулы как импликацию соответствующих значений первого и второго столбцов.

Мы видим, что столбцы значений обеих формул одинаковы. Более того, обе формулы тождественно истинны на одноэлементном множестве.) Следовательно, эти формулы равносильны на одноэлементном множестве.

л) Данные формулы замкнутые: в них нет свободных предметных переменных. Поэтому достаточно обозначить только предикатные переменные P и Q . Составим таблицы значений этих формул. Одинаковые столбцы значений обеих формул показывают, что формулы равносильны.

P	Q	$(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(x))$	$(\forall x)(P(x))$	$(\forall x)(Q(x))$	$(\forall x)(P(x)) \rightarrow (\forall x)(Q(x))$
A_1	A_2	1	0	0	1
A_2	A_1	1	0	1	1
A_1	A_2	0	1	0	0
A_2	A_1	1	1	1	1

11. Докажите, что формулы в каждой из пар в предыдущей задаче 9.36 не равносильны между собой на двухэлементном множестве.

Решение. На двухэлементном множестве $\{a, b\}$ существуют уже четыре одноместных предиката $A_0(x)$, $A_1(x)$, $A_2(x)$, $A_b(x)$ (см. задачу 9.31).

в) Придадим предикатной переменной P значение A_2 , а свободной предметной переменной y значение b . Тогда первая формула превратится в ложное высказывание $(\forall x)(A_2(x) \rightarrow A_2(b))$, так как предикат $A_2(x) \rightarrow A_2(b)$ опровержим (превращается в ложное высказывание при $x = a$). В то же время вторая формула превратится в истинное высказывание $(\forall x)(A_2(x)) \rightarrow A_2(b)$: посылка $(\forall x)(A_2(x))$ ложна (так как предикат $A_2(x)$ опровержим: превращается

в ложное высказывание при $x = b$), и следствие $A_2(b)$ ложно. Следовательно, формулы не равносильны на двухэлементном множестве.

л) Указание. Проверьте, что при подстановке в данные формулы вместо предикатной переменной $P(x)$ предиката $A_2\{x\}$ и вместо предикатной переменной $Q(x)$ предиката $A_2(x)$ первая формула превратится в ложное высказывание, а вторая — в истинное.

12. Докажите, что в каждой из следующих пар формулы неравносильны между собой:

- а) $(\exists x)(P(x) \rightarrow Q(x))$ и $(\exists x)(P(x)) \rightarrow (\exists x)(Q(x))$
- б) $(\exists x)(P(x) \leftrightarrow Q(x))$ и $(\exists x)(P(x)) \leftrightarrow (\exists x)(Q(x))$;
- в) $(\forall x)(P(x) \rightarrow (Q(x) \rightarrow R(x)))$ и $(\forall x)(P(x) \rightarrow (R(x) \rightarrow Q(x)))$;
- г) $(\exists x)(\forall y)(\exists z)(F(x, y, z))$ и $(\exists z)(\forall y)(\exists x)(F(x, y, z))$;
- д) $(\forall x)((P(x) \rightarrow Q(x)) \vee (Q(x) \rightarrow P(x)))$ и $(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(x)) \vee (\forall x)(Q(x) \rightarrow P(x))$;
- е) $(\forall x)(P(x) \rightarrow Q(y))$ и $(\forall x)(P(x)) \rightarrow Q(y)$;
- ж) $(\exists x)(P(x) \rightarrow Q(y))$ и $(\exists x)(P(x)) \rightarrow Q(y)$;
- з) $(\forall x)(P(y) \rightarrow Q(x))$ и $P(y) \rightarrow (\exists x)(Q(x))$;
- и) $(\exists x)(P(y) \rightarrow Q(x))$ и $P(y) \rightarrow (\forall x)(Q(x))$;
- к) $(\forall x)(P(x) \leftrightarrow Q(x))$ и $(\forall x)(P(x)) \leftrightarrow (\forall x)(Q(x))$.

Решение. а) Если $M = \{1, 2\}$ и $P(x)$: « $x < 3$ », $Q(x)$: « $3 \mid x$ », то формула $P(x) \rightarrow Q(x)$ превращается в тождественно ложный

предикат, « $x < 3 \rightarrow 3 \mid x$ », а значит, высказывание $(\exists x)(x < 3 \rightarrow 3 \mid x)$ ложно. С другой стороны, оба высказывания $(\exists x)(x < 3)$ и $(\exists x)(3 \mid x)$ истинны и, значит, истинна их импликация $(\exists x)(x < 3) \rightarrow (\exists x)(3 \mid x)$. Таким образом, данные формулы неравносильны.

ж) Можно использовать и «безымянные» предикаты см. задачу 5) для обозначения предикатных переменных данных формул. Достаточно вместо предикатных переменных P и Q подставить предикат $A_1(x)$, а вместо предметной переменной y — элемент a . Тогда первая формула превратится в истинное высказывание, а вторая — в ложное.

3. Задачи для самостоятельного решения

1. Докажите, что если в формуле логики предикатов поменять местами два рядом стоящих одноименных квантора, то полученная формула будет равносильна исходной.

2. Останется ли справедливым утверждение предыдущей задачи, если поменять местами одноименные кванторы, не стоящие в формуле рядом?

3. Докажите, что если две формулы равносильны на некотором множестве M , то они будут равносильны и на всяком непустом множестве M_1 мощность которого не превосходит мощности M .

4. Докажите, что если две формулы неравносильны на непустом множестве M , то они будут неравносильны и на всяком таком множестве M_1 мощность которого не меньше мощности M .

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж им. С.И. Мосина**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ**

**по междисциплинарному курсу
МДК.03.01 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

**профессиональный модуль
ПМ.03 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

**специальности
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы**

Тула 2022

УТВЕРЖДЕНЫ

цикловой комиссией информационных технологий

Протокол от 13 января 2022г. № 6

Председатель цикловой комиссии

 И. В. Милаева

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Практические работы по междисциплинарному курсу *Техническое обслуживание и ремонт компьютерных систем и комплексов* являются составной частью в основной профессиональной образовательной программе по специальности среднего профессионального образования *09.02.01 Компьютерные системы и комплексы* и предназначены для реализации федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования РФ по специальности.

Цели выполнения практических работ:

- закрепление знаний по теоретическим основам аппаратного обеспечения компьютерной системы;
- организация технического обслуживания и ремонта средств вычислительной техники;
- разработка алгоритмов поиска и устранения неисправностей в компьютерной системе и периферийном оборудовании.

Практические работы носят как репродуктивный, так и исследовательский характер, что позволяет обеспечить высокий уровень познавательной деятельности обучающихся.

Формы организации практических работ различны, в зависимости от формирования профессиональных умений:

- индивидуальная работа;
- бригада – два-три обучающихся в каждой группе;
- полная группа.

Практические работы выполняются каждым обучающимся в полном объеме.

После выполнения практической работы и собеседования по ней с преподавателем обучающемуся выставляется оценка.

Обучающийся, получивший положительную оценку, допускается к выполнению следующей работы.

Обучающийся, пропустивший практическую работу, закрывает задолженность в процессе выполнения последующих работ.

Критерии оценки работы:

- использование рабочего времени;
- уровень теоретических знаний;
- ход выполнения задания;
- выводы по результатам работы;
- самостоятельность в работе;
- достаточная полнота и формулировка ответов на собеседовании.

Результатом освоения рабочей программы учебной дисциплины «Архитектура компьютерных систем» является формирование у обучающихся общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций.

Код	Наименование результата обучения
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности
ОК 10	Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)
ПК 3.1	Проводить контроль параметров, диагностику и восстановление работоспособности компьютерных систем и комплексов
ПК 3.2	Проводить системотехническое обслуживание компьютерных систем и комплексов
ПК 3.3	Принимать участие в отладке и технических испытаниях компьютерных систем и комплексов, инсталляции, конфигурировании программного обеспечения

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Блок питания

Цель работы: определить технические характеристики блока питания

Материально-техническое оснащение: конспект лекций, блок питания разных форм-факторов, видеоролик «Блок питания»; мультиметр

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Блок питания преобразует переменный ток высокого напряжения в постоянный и стабилизированный ток низкого напряжения, который питает все внутренние компоненты системного блока. Если какому-либо компоненту требуется другое напряжение, он либо сам преобразует имеющееся питание, либо использует питание, переработанное стабилизаторами системной платы.

Логически блок питания разделяют на несколько модулей, каждый из которых выполняет определённую задачу. Поступая на блок питания, переменное напряжение проходит через сетевой фильтр и обрабатывается высоковольтным выпрямителем. Выпрямленное напряжение через высоковольтный фильтр поступает на импульсный трансформатор, понижаящий напряжение до нужного уровня. Пониженное постоянное напряжение поступает на стабилизатор, который контролирует и при необходимости преобразовывает его характеристики. В итоге получается несколько видов напряжения с необходимыми характеристиками.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Рассчитать необходимую мощность блока питания для компьютерной системы, имеющей характеристики:

- Pentium II/4 DIMM, AGP, 5 PCI, Flash BIOS/DIMM 64 Мб SDRAM/HDD UDMA-66/FDD/40x CD/SB Creative Labs, PCI
- Pentium III/2 DIMM, AGP, 2 PCI, 1 PCI-E x16 Gigabit LAN/DIMM 1 Gb DDR2/HDD SATA-II/40x DVD/SB Creative Labs, PCI
- AMD K-5/2 DIMM, AGP, 4 PCI/DIMM 256 Мб SDRAM/HDD UDMA-66/FDD/24x CD, SB, AWE, PCI

2 Открыть блок питания и, используя мультиметр, проверить:

- высоковольтный выпрямитель;
- высоковольтный фильтр;
- стабилизатор.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Каково основное отличие блока питания АТХ по сравнению с АТ?
- 2 Пояснить роль сигнала Power Good, вырабатываемого блоком питания?
- 3 Какие выходные напряжения вырабатывает блок питания компьютера?
- 4 Какой способ модуляции применяется при регулировании уровня выходных напряжений блок питания?
- 5 Для чего предохранитель в блоке питания?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Системная плата

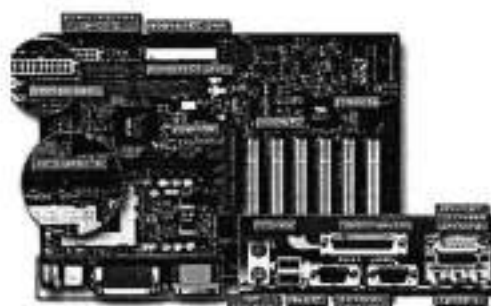
Цель работы: определить технические характеристики системной платы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций, системные платы разных форм-факторов, видеоролик «Системная плата»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Системная плата – определяет тип процессора и оперативной памяти, которые могут быть установлены в компьютер. От форм-фактора системной платы также зависит количество расположенных на ней слотов расширения, интегрированных контроллеров и т.п.;



ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Определить спецификацию системной платы:

- форм-фактор;
- процессорное гнездо;
- чипсет;
- тип BIOS;
- разъем блока питания;
- разъем RAM;
- слоты плат расширения (тип и количество);
- коннекторы и разъемы (тип и количество);
- локальные порты (название, тип разъема, количество).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Почему системную плату также называют «объединительной»?
- 1 Какие функции выполняет чипсет?
- 2 Для чего используется CMOS-память?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Процессор

Цель работы: определять технические характеристики процессоров

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; процессоры разных форм-факторов; видеоролики «Процессор»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Процессор выполняет операции, заданные программой. Процессор имеет множество характеристик, с помощью которых можно сравнивать различные модели. Интерфейс процессора определяет особую форму процессорного слота на системной плате.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Определить технические характеристики процессора, применяемого в компьютерной системе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что означает термин ZIF?
- 2 Перечислить три основных режима энергосбережения и объяснить их различия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Оперативная память

Цель работы: определять технические характеристики оперативной памяти

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; модули оперативной памяти разных форм-факторов; видеоролики «Оперативная память»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Оперативная память обеспечивает своевременное предоставление компонентам системы необходимой информации. От объема и алгоритма работы оперативной памяти зависит быстродействие всей системы.

Модули памяти различаются количеством контактов, объемом, рабочей частотой системной шины, на которую они рассчитаны, типом установленных микросхем и др.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Определить характеристики модулей RAM.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 На каком принципе основана работа DRAM?
- 2 Как определяется общая емкость модуля памяти с байтах?
- 3 В чём заключается идея чередования банков памяти?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Видеокарта

Цель работы: определить технические характеристики видеокарты

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; видеокарты разных форм-факторов; видеоуроки «Видеокарта»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Видеокарта обеспечивает интерфейс между компьютером и монитором, передавая сигналы, которые превращаются в изображение, видимое на экране.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 В целевом компьютере определить тип видеодаттера
- 2 Определить характеристики видеокарты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что означает характеристика SLI-Ready?
- 2 В чём особенность передачи аналоговых сигналов?
- 3 Что характеризует графический процессор?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Звуковая карта

Цель работы: определять технические характеристики звуковой карты; установка и настройка звуковой карты

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; звуковые карты разных форм-факторов; видеоуроки «Звуковая карта»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Частоты звуковых (слышимых) колебаний лежат в диапазоне от 17-20 Гц до 20 кГц. Реальные звуки помимо громкости и частоты также характеризуются тембром – кроме основного тона в сигнале присутствуют также колебания более высоких частот обертона. Именно амплитудами обертонов и характеризуется тембр (насыщенность) звука.

В компьютере имеется несколько возможностей для генерирования звука с использованием звуковой карты. Выбор конкретного способа, в первую очередь, зависит от типа конкретной звуковой карты.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Указать тип звуковой карты.
- 2 Определить характеристики звуковой карты:
 - разрядность;
 - максимальная частота дискретизации;
 - наличие MIDI-интерфейса.
- 3 Отметить количество операторов звуковой карты и рассчитать количество музыкальных инструментов, которые могут быть сгенерированы одновременно.
- 4 Указать типы звукового синтеза, реализуемые звуковой картой.
- 5 Установить звуковую карту в целевой компьютер.
- 6 Осуществить прослушивание звукового файла, используя WT- и FM-синтез. Оценить качество и реалистичность звучания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дополнительные разъемы имеет звуковая карта?
2. Перечислить критерии выбора звуковой карты.
3. Пояснить технологию позиционирования звука?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема учебной программы: Компоненты компьютерной системы

Тема работы: Сетевая карта

Цель работы: определить технические характеристики сетевой карты

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; сетевые карты разных форм-факторов; видеурок «Сетевая карта»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Сетевая карта обеспечивает подключение компьютера к сети. Для настройки сетевой карты необходимо указать несколько адресов портов ввода-вывода и один канал прерывания, а также дополнительные 16 Кбайт свободной верхней памяти для создания буфера.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В целевом компьютере определить тип сетевого адаптера.
2. Определить характеристики сетевой карты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему нельзя использовать ресурсы сетевой карты совместно с другими устройствами?
2. Что обеспечивает протокол согласования режимов Ethernet?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема учебной программы: Конфигурирование компьютерной системы

Тема работы: Конфигурация компьютерной системы

Цель работы: определять базовую и расширенную конфигурацию компьютерной системы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; операционная система; программа WinCheckit

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Конфигурация компьютерной системы определяется визуально или с помощью средств операционной системы или специализированных программ.

Для обоих методов определения конфигурации определяют элементы:

- тип процессора;
- тактовая частота процессора;
- тип BIOS;
- количество подключённых накопителей;
- размер ОЗУ и кэш-памяти;
- параметры контроллера клавиатуры;
- наличие дополнительных контроллеров и адаптеров;
- тип системной и локальной шины и их характеристик.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Определить конфигурацию целевого компьютера визуально. Составить формуляр компьютерной системы.

2. Определить конфигурацию целевого компьютера с помощью средств операционной системы. Составить формуляр компьютерной системы.

3. Выполнить сравнение точности визуального и программного методов определения конфигурации компьютерной системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить устройства, входящие в минимальную конфигурацию компьютерной системы?

2. Какие факторы необходимо учитывать при правильном выборе конфигурации компьютерной системы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема учебной программы: Конфигурирование компьютерной системы

Тема работы: Компоновка компьютерной системы

Цель работы: устанавливать компоненты внутрь системного блока и обеспечивать правильность их подключения; подключать органы управления с лицевой панели системного блока

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; компоненты системного блока разных форм-факторов; видеоролик «Устройство корпуса», «Самостоятельная сборка ПК», «Подключение устройств передней панели корпуса»

Количество часов: 4

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

При сборке типичного компьютера используют следующие компоненты:

- корпус;
- блок питания;
- процессор с теплоотводным элементом;
- оперативная память;
- видеокарта;
- звуковая карта;
- сетевой адаптер;
- накопитель на жестких дисках;
- накопитель на оптических дисках;
- клавиатура;
- устройство позиционирования;
- монитор;
- акустическая система.

Системная плата может иметь интегрированные элементы: звуковая карта; видеокарта; сетевой адаптер.

В качестве дополнительных элементов используют кабели и крепежные компоненты.

Внимание!

Не забудьте подключить кабель питания вентилятора процессора к специальному разъему на системной плате. Если этого не сделать процессор может перегреться.

После компоновки системного блока, подключить периферийные устройства (монитор, клавиатура) и проверить систему на работоспособность.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Установить необходимые компоненты на системную плату вне корпуса.

- 2 Установить укомплектованную системную плату в корпус.
- 3 Установить блок питания внутрь корпуса.
- 4 Выполнить необходимые подключения.
- 5 Установить устройства хранения и выполнить их подключение.
- 6 Выполнить подключение лицевой панели системного корпуса к системной плате.
- 7 Проверить работоспособность укомплектованного системного блока.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие меры безопасности нужно предпринимать при подключении устройств?
- 2 Каково основное правило модернизации компьютерной системы?
- 3 Объяснить отличие «холодной» загрузки от «горячей» загрузки.
- 4 Какой эффект возможен при использовании модулей RAM с различной тактовой частотой?
- 5 При компоновке компьютерной системы, что понимают под «новым устройством»?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема учебной программы: Конфигурирование компьютерной системы

Тема работы: Программа Setup BIOS

Цель работы: конфигурировать настройки CMOS Setup для получения полнофункциональной системы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; видеоурок «Основы работы с BIOS»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе загрузки компьютера BIOS сравнивает получаемые данные о конфигурации системы с информацией, хранящейся в специальной микросхеме памяти на системной плате. Если данные не совпадают, на экран выдается сообщение и необходимо с помощью утилиты CMOS Setup установить новые конфигурационные параметры.

В BIOS можно войти в процессе начальной загрузки, нажав клавишу Delete. Утилита имеет интерфейс в виде системы иерархического меню, перемещение по которому производится с помощью клавиш управления курсором.

После установки новых параметров конфигурации, информацию в BIOS необходимо сохранить. Все изменения, вносимые в BIOS, записываются в CMOS-память и используются при следующей загрузке компьютера.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Через параметры BIOS скорректировать показания системного календаря и часов.
- 2 В BIOS установить последовательность загрузки операционной системы: 1 – с оптического диска; 2 – с жесткого диска. Отключить обращение к FDD.
- 3 Используя функции BIOS настроить метод обработки ошибок, позволяющий в случае обнаружения ошибки продолжить работу, нажав клавишу на клавиатуре.
- 4 В BIOS настроить параметры, отвечающие за работу энергосберегающих механизмов:
 - использование ACPI;
 - шаблон управления питанием;
 - время перехода в спящий режим.
- 5 Используя функции BIOS определить прерывание и физический адрес портов: COM1, COM2, LPT.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Перечислить группы системных ресурсов.
- 2 Какие функции BIOS должны быть заблокированы при обновлении операционной системы?
- 3 Какое действие необходимо предпринять, если неизвестен пароль BIOS?
- 4 При каких условиях нужно обновлять BIOS?
- 5 Как можно загрузить стандартные заводские установки BIOS?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема учебной программы: Модернизация компьютерной системы

Тема работы: Замена процессора и оперативной памяти

Цель работы: замена процессора на более мощный; замена оперативной памяти с увеличением объема

Материально-техническое оснащение: комплект лекций; целевой компьютер; процессор

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Замена процессора. При замене процессора учитывают сокет, тактовую частоту системной шины и параметры BIOS. Перед установкой процессора в плоское гнездо (Socket) поднять его рычажок. Аккуратно вставить процессор (убедиться, что первый контакт процессора совпадает с первым контактом гнезда), плотно прижать его и опустить рычажок.



Внимание!

Устанавливать процессор в разъем следует с учётом ключа.

2 Замена оперативной памяти. При замене оперативной памяти необходимо учитывать тип модуля и его тактовую частоту. Также при модернизации модулей RAM учитывают правила форматирования банка данных для правильного определения общего объема установленной памяти.

Вставить модуль (или модули) памяти DIMM так, как указано либо в Руководстве пользователя на системную плату, либо на ней самой, причём начинают с разъёма, обозначенного как Bank 0 (нулевой банк).

Устанавливать следует только так: плавно поворачивать модули до тех пор, пока расположенные с каждой стороны разъёма защёлки плотно не зафиксируют их в нужном положении.



Внимание!

На системную плату следует устанавливать одноплотные модули оперативной памяти.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить замену процессора.
- 2 Проверить работоспособность системы.
- 3 Выполнить замену модулей оперативной памяти.
- 4 Проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Как определить, какой тип памяти можно использовать в системе?
- 2 Почему процессор может работать на неправильной тактовой частоте?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема учебной программы: Модернизация компьютерной системы

Тема работы: Замена системной платы

Цель работы: замена системной платы с улучшенными техническими характеристиками

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; системная плата

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Схема подготовки к работе по замене системной платы:

- записать существенные параметры CMOS Setup;
- открыть корпус;
- замаркировать старые платы расширения;
- вынуть системную плату и на столе: заменить процессор; заменить модули оперативной памяти;
- установить системную плату в корпус;
- установить и подсоединить накопители информации;
- установить карты расширения;
- подключить лицевую панель системного блока.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить замену системной платы, с учётом имеющихся компонентов.
- 2 Проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие компоненты на системной плате подлежат модернизации?
- 2 В каких случаях нужно рассмотреть необходимость обновления BIOS?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема учебной программы: Модернизация компьютерной системы

Тема работы: Замена карт расширения

Цель работы: замена карты расширения с улучшенными техническими характеристиками

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; карты расширения с разными техническими характеристиками

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Установка карт расширения осуществляется внутри системного корпуса. При модернизации карт расширения проверяют их поддержку со стороны системной платы и BIOS.

Внимание!

- 1 После установки карты расширения, её обязательно фиксируют винтом в корпусе.
- 2 При модернизации видеокарты учитывают интерфейс – AGP или PCI-X.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить замену видеокарты.
- 2 Выполнить замену звуковой карты.
- 3 Выполнить замену сетевой карты.
- 4 Проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какое действие необходимо выполнять перед установкой плат расширения в систему?
- 2 Пояснить особенности интегрированных компонентов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема учебной программы: Модернизация компьютерной системы

Тема работы: Замена блока питания

Цель работы: замена блока питания с улучшенными техническими характеристиками

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; кабели разных категорий

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Блок питания – самое важное устройство в компьютере. Срок службы блока питания составляет 3-7 лет. О приближающейся «кончине» блока питания свидетельствуют:

- внезапные перезагрузки или зависания компьютера во время обычной работы;
- ошибки оперативной памяти при начальном тестировании и при работе;
- прекращение работы устройств хранения данных;
- чрезмерное повышение температуры в блоке питания и корпусе;
- появление напряжения на корпусе;
- появление странных ошибок в работе операционной системы и программ.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить замену блока питания.
- 2 Проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какую информацию необходимо знать о блоке питания для его замены?
- 2 Что означает запас по току?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

Тема учебной программы: Операционные системы

Тема работы: Установка операционной системы

Цель работы: определить семейство операционной системы; выполнить подготовку жесткого диска к установке операционной системы; выполнить инициализацию установки операционной системы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; дистрибутивы операционных систем; видеоролик «Установка Windows XP»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Главными составляющими операционной системы являются ядро, системные утилиты, драйверы и графическая оболочка. Каждый программный элемент выполняет свою функцию и следит, чтобы сохранялась стабильность работы операционной системы в целом.

Существует множество операционных систем, и каждая имеет свою степень распространенности. Некоторые более удобны для работы в сети, а другие – для автономной работы, поэтому совместить все, не теряя в быстродействии и стабильности, сложно. Выбор операционной системы во многом зависит от запросов и уровня подготовленности пользователя, наличия компьютерной сети, назначения компьютера и его конфигурации.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить подготовку жесткого диска к установке операционной системы.
- 2 Выполнить установку операционной системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Перечислить три преимущества файловой системы NTFS по сравнению с файловой системой FAT.
- 2 Для чего используется дескриптор процесса?
- 3 В чем различия понятий мультипрограммность и мультизадачность?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

Тема учебной программы: Операционные системы

Тема работы: Конфигурирование операционной системы

Цель работы: корректировка загрузки операционной системы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; операционная система MS Windows XP

Количество часов: 4

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Увеличить скорость загрузки операционной системы можно двумя способами – сделать апгрейд аппаратной части компьютера или принудить операционную систему загружаться быстрее.

Существует несколько программных способов ускорения загрузки и работы операционной системы:

- настройка системных служб;
- настройка автозагрузки;
- очистка и настройка системного реестра.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить ускорение загрузки операционной системы:
 - отключить неиспользуемые системные службы;
 - очистить список автозагрузки.
- 2 Настроить файл подкачки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какой файл MS Windows формирует меню начальной загрузки?
- 2 Где в MS Windows можно оптимизировать управление виртуальной памятью?
- 3 Как можно оптимизировать операционную систему помощью файла подкачки?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17

Тема учебной программы: Техническое обслуживание

Тема работы: Профилактическое обслуживание компьютерной системы

Цель работы: изучить способы чистки различных компонентов компьютерной системы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; инструменты для разборки и чистки

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Профилактическое обслуживание – комплекс мероприятий, направленных на поддержание исправного технического состояния компьютерной системы в течение определённого промежутка времени. Профилактическое обслуживание основано на календарном принципе – составляется график проведения работ с указанием сроков и объёма мероприятий.

Существует два типа профилактических мероприятий:

- активное. Выполняется чистка отдельных компонентов или всей системы, проверка на наличие вирусов, резервное копирование информации, проверка поверхности жёстких дисков, дефрагментация файлов;
- пассивное. Выполняется защита компьютера от внешних неблагоприятных воздействий, установка защитных устройств в сети электропитания, поддержание микроклимата в помещении.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Обосновать положения:

- При заземлении компьютерной системы нельзя использовать батарею центрального отопления
- Компьютерная система подключается к источнику электропитания через сетевой фильтр или блок бесперебойного питания
- В приводах нельзя оставлять носители информации
- Оборудование, принесённое с мороза, нельзя включать сразу
- Слишком высокая или слишком низкая температура, а также слишком высокая или слишком низкая влажность отрицательно сказываются на качестве и продолжительности работы компьютерной системы
- Перед выполнением любых ремонтных работ следует всегда отключать компьютерную систему от источника электропитания
- Перед работой внутри системного блока необходимо снять с себя статическое электричество

2 Выполнить профилактическое обслуживание поверхности компонентов компьютерной системы.

3 Удалить пыль из системного блока и вентиляционных отверстий блока питания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Чем лучше очищать окисленные контакты печатной платы?
- 2 Для каких целей используется антистатический браслет?
- 3 Что означает термин ESD?
- 4 Какой эффект возможен, если оставить системный блок открытым?
- 5 Какой тип огнетушителя необходимо использовать для тушения электрооборудования?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18

Тема учебной программы: Техническое обслуживание.

Тема работы: Диагностические программы

Цель работы: выполнять диагностику компьютерной системы с использованием стандартных и специализированных программных средств

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; программы тестирования компьютера; видеоролик «Проводим диагностику компьютера – программа Everest»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Производительность компьютерной системы зависит от технических характеристик составляющих её устройств. В случае возникновения сбоя в работе компьютера или перед его модернизацией необходимо проводить тестирование различных компонентов. Тестовые программы позволяют без вмешательства в устройство компьютера определить его отдельные компоненты, а также оценить производительность и сравнить результаты тестирования с эталоном.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Посмотреть информацию об установленных драйверах, используя возможности операционной системы
- 2 Выполнить тестирование системной платы. Определить частоты процессора, системной шины, шины периферийных устройств.
- 3 Выполнить тестирование оперативной памяти.
- 4 Определить основные параметры системы и указать их характеристики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Как можно посмотреть информацию от датчиков мониторинга?
- 2 Работоспособность какого компонента компьютера напрямую зависит от качества его охлаждения?
- 3 Пояснить особенности технологии S.M.A.R.T.
- 4 Что такое микродиагностика?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19

Тема учебной программы: Программные неисправности

Тема работы: Сбой в операционной системе

Цель работы: ознакомление со способами восстановления операционной системы, использование и создание точек отката; создание загрузочного диска

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; видеоролики «Контрольные точки восстановления», «Создание образа раздела», «Создание загрузочного диска»

Количество часов: 4

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

- 1 Проблема при загрузке операционной системы. Возможны варианты:
 - система не может найти ни одного загрузочного диска;
 - система обнаружила критическую ошибку на загрузочном диске, продолжение загрузки невозможно. При этом на экран выводится соответствующее текстовое сообщение;
 - компьютер зависает на определённом этапе загрузки или загрузка прекращается с выводом на экран сообщения об ошибке (или без него).
- 2 Проблема при работе операционной системы. Возможны варианты:
 - загружается слишком медленно;
 - загружается, но сразу появляется сообщение о критической ошибке или компьютер зависает;
 - загружается нормально, но при запуске разных программ выводится сообщение об ошибке или компьютер зависает;
 - загружается нормально, но не работают некоторые программы и функции, оборудование.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Указать результаты нажатия клавиш при загрузке операционной системы:

<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

- 2 Создать точку отката на сегодняшнее число.
- 3 Загрузить систему в безопасном режиме. Определить, драйвера каких устройств работают в этом режиме.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие три фактора следует принимать во внимание при обновлении операционной системы?
2. Для чего предназначен безопасный режим запуска операционной системы?
3. В каких случаях следует активизировать запуск в пошаговом режиме с подтверждением?
4. Какие функции BIOS нужно отключить при проведении обновления операционной системы?
5. Как настроить автоматическое обновление для операционной системы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 20

Тема учебной программы: Программные неисправности

Тема работы: Сбой в программном обеспечении

Цель работы: определить причину появления сбоя в работе программы; устранить неисправности в работе прикладных программ

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; программное обеспечение

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Надёжность программного обеспечения – свойство сохранять заданные характеристики при определённых условиях эксплуатации. При анализе надёжности выполнения компьютерной системой заданных функций компьютер следует рассматривать как единый комплекс программных и аппаратных средств и учитывать, что его надёжность зависит также от надёжности программ. Надёжность ПО определяется его безотказностью и восстанавливаемостью.

Безотказность ПО – его свойство сохранять работоспособность в процессе обработки информации, которую можно определить вероятностью работы без отказов при определённых условиях внешней среды в течение заданного периода наблюдения.

Отказ программы – недопустимое отклонение характеристик процесса функционирования программы от требуемых. Определённые условия внешней среды – совокупность входных данных и состояния компьютерной системы.

Заданный период наблюдения обычно соответствует необходимому числу прогонов программы для решения задачи.

Безотказность ПО можно охарактеризовать также средним временем между двумя отказами в процессе выполнения программы T (при условии, что обой аппаратных средств отсутствует). С точки зрения надёжности принципиальное отличие программных средств от аппаратных состоит в том, что программы не изнашиваются и не подвержены физическому старению в процессе работы.

Поэтому характеристики надёжности ПО зависят от тщательности разработки и отладки, а также от условий хранения носителей программ. Безотказность ПО определяется его корректностью, а значит целиком зависит от наличия в нём ошибок, внесённых на этапе создания и хранения, в то время как безотказность аппаратных средств зависит в основном от случайных отказов, связанных с физическими изменениями параметров элементов. Над обрабатываемых данных не влияет на аппаратуру, но может привести к отказам ПО.

Интенсивность отказов ПО с течением времени уменьшается, так как в процессе эксплуатации обнаруживаются и устраняются его скрытые ошибки.

Восстанавливаемость программы может быть оценена сравнительной продолжительностью устранения ошибки в программе и восстановления ее работоспособности. Восстановление после отказа может заключаться в корректировке текста программы, исправлений данных, внесении изменений в организационно вычислительного процесса. Восстанавливаемость зависит от сложности структуры комплекса программ, от алгоритмического языка, от качества документации и т.д. Можно также говорить об устойчивости ПО, понимая под этим способностью ограничивать последствия собственных ошибок и противостоять неблагоприятным условиям внешней среды. Устой-

чивость ПО может быть повышена с помощью разных форм структурной, информационной и временной избыточности, позволяющей иметь дублирующие модули программ, альтернативные пути для решения одной задачи, позволяющих осуществлять контроль за процессом исполнения программ (защипливание, блокировка и т.д.).

Причины отказов ПО:

- ошибки, скрытые в самой программе;
- искажение входной информации, подлежащей обработке;
- неверные действия пользователя (могут быть связаны с некорректной документацией);
- неисправность аппаратуры, на которой реализуется вычислительный процесс.

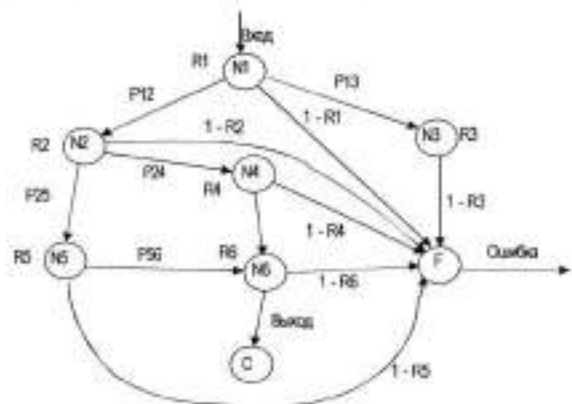
В зависимости от степени серьезности последствий ошибок в программе, отклонения выполнения программой заданных функций можно разделить следующим образом: полное прекращение выполнения функций на длительное или неопределенное время или кратковременное прекращение хода вычислительного процесса.

Симптомы проявления ошибки в программе:

- преждевременное окончание программы;
- увеличение времени выполнения программы (защипливание);
- потери или искажение накопленных данных;
- нарушение порядка вызова отдельных программ.

Для устранения ошибок программы необходимо предусмотреть специальные средства диагностики типа кодов завершения, вводить в ПО контрольные точки, обеспечить возможность рестарта с контрольных точек.

Для определения надежности больших программных комплексов используют марковские модели. В марковском процессе выбор следующего модуля зависит только от модуля, выполняемого в данный момент и не зависит от предистории. Структуру управления программой по марковской модели можно представить в виде направленного графа.



Каждое состояние программы может быть оценено вероятностью безотказной работы i -го модуля R_i . Вероятность перехода от i -го модуля к j -му показана величиной P_{ij} . Вероятность отказа равна $1 - P_i$. Таким образом можно составить матрицу переходных вероятностей:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} & 0 & 1 - P_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & P_{23} & \dots & \dots & 0 & 1 - P_{2n} \\ 0 & \dots & P_{34} & \dots & \dots & P_n & 1 - P_n \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Для каждого целого $k > 0$ $P_k(i, j)$ будет определять вероятность перехода из состояния i в состояние j за k шагов. Тогда матрица $T = I + P + P^2 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} P^k$ будет определять вероятность перехода из одного состояния в другое за произвольное число шагов.

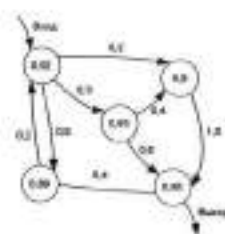
Вычеркнув из матрицы P две последние строки и два последних столбца, соответствующие успеху S и отказу F , получаем матрицу Q .

Пусть $S = I + Q + Q^2 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} Q^k$. Положив $W = I - Q$, имеем: $S = W^{-1} = (I - Q)^{-1}$, откуда надежность программного комплекса: $R = S(1, n) \cdot P_n$.

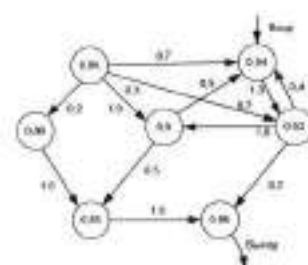
ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

Определить надежность комплекса программ, отображенных графом:

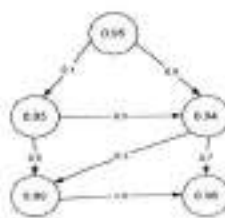
а)



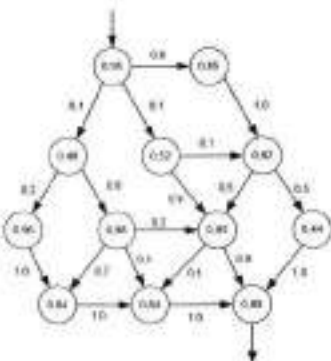
б)



в)



г)



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Перечислить основные характеристики надёжности программного обеспечения.
- 2 В чём особенность динамических библиотек?
- 3 Указать основные классы скрытых ошибок программного обеспечения.
- 4 Как запустить Диспетчер задач с помощью клавиатуры?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 21

Тема учебной программы: Программные неисправности

Тема работы: Сброс системного реестра

Цель работы: выполнять редактирование и очистку содержимого системного реестра; производить восстановление файлов системного реестра

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; программа Clean-Clear

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Системный реестр – основа операционной системы. Он содержит всю нужную для работы компьютера информацию: данные для первого запуска программ, параметры программ, константы и переменные и т.п.

При старте операционной системы реестр загружается в оперативную память, поэтому важным параметром является размер его файлов. Со временем объём хранящихся в реестре данных увеличивается, что требует дополнительного выделения памяти. Обычно это происходит из-за накопления ненужной и давно забытой информации, оставшейся после когда-то установленных (и уже удалённых) программ.

Бороться с захлаплением реестра можно двумя способами. Первый заключается в переустановке операционной системы, что не всегда является лучшим вариантом, учитывая количество установленных программ. Второй способ подразумевает использование специальных программ очистки реестра. Такие программы анализируют ключи реестра, определяя, к какому из них система обращалась давно и какие являются ошибочными.

Существует много различных программ очистки реестра.

1 Структура реестра

- Раздел HKEY_CLASSES_ROOT. В этом разделе содержится ключи двух главных типов. Первый тип ключей хранит информацию о расширении файла. Таким способом хранятся все трёхбуквенные расширения имён файлов (MP3, JPG), которые когда-либо использовались. Реестр также использует расширения для связи типа файла с определённым действием. Второй тип ключей представляет собой собственно ассоциацию. Расширение имени файла обычно указывает на файл данных определённого приложения. В разделе, описывающем ассоциацию, находятся ключи используемые в контекстном меню Проводник. Ассоциация также содержит информацию о том, какой значок выводить для данного типа файла.

- Раздел HKEY_CURRENT_USER содержит множество настроек программного обеспечения, в которых хранится информация о конфигурации рабочего стола и клавиатуры. Кроме того, в этом разделе есть информация о параметрах меню Пуск. Здесь – все настройки, специфичные для пользователя. Раздел HKEY_CURRENT_USER полностью посвящён настройкам текущего пользователя (пользователя, который в настоящий момент зарегистрирован в системе). Это отличается от пользовательской конфигурационной информации, которая хранится в других разделах реестра. Информация в этом разделе является динамической; информация в других разделах, которая относится к пользовательским настройкам, – статическая. Реестр копирует содержимое одного из подразделов из HKEY_USERS в данный раздел и по окончании работы обновляет раздел HKEY_USERS.

В HKEY_CURRENT_USER операционная система получает новую информацию о настройках системы, а также сюда помещаются любые изменения. Все, что здесь хранится, служит только для настройки системы для нужд пользователя, но никогда не содержит системной информации.

• Раздел HKEY_LOCAL_MACHINE. В этом разделе содержатся основные сведения об аппаратных средствах компьютера, включая драйверы устройств и конфигурационную информацию. Если информации о каком-либо устройстве здесь нет, то операционная система не сможет использовать его.

Раздел HKEY_LOCAL_MACHINE – для очень подробной информации об аппаратном обеспечении (содержит всю информацию, необходимую для PnP; предоставляет полный список драйверов устройств и их уровни ревизии; содержит информацию о ревизии самого аппаратного обеспечения).

Кроме того, в этом разделе имеется некоторая информация о программном обеспечении (32-разрядное приложение будет здесь хранить таблицу установок и форматов). Эта информация используется приложением во время установки. Некоторые приложения используют её во время изменений параметров их установки. В этом разделе содержится только информация глобального характера.

• Раздел HKEY_USERS содержит список всех пользователей данного файла реестра. Необходимости в изменении информации этого раздела никогда не возникает, но его можно использовать в справочных целях. Причина, по которой нужно следовать этим указаниям, проста: ни одно изменение не войдет в силу до тех пор, пока пользователь не зарегистрируется в системе следующей раз. Кроме того, изменение настроек для текущего пользователя является пустой тратой времени, потому что операционная система заменяет все данные в соответствующем разделе данными, которые содержатся в разделе HKEY_CURRENT_USER, во время завершения сеанса или при завершении работы системы.

Существует еще одна проблема, связанная с использованием этого раздела в качестве единственного источника информации. На самом деле Windows поддерживает несколько копий реестра в многопользовательской среде, в некоторых случаях отдельную копию для каждого пользователя. По этой причине никогда нельзя быть уверенным, где именно можно найти информацию об определенном пользователе. Windows отслеживает эту информацию; необходимость поиска такой информации это головная боль для администратора.

Когда пользователь регистрируется в системе, Windows копирует информацию из его профиля в раздел реестра HKEY_CURRENT_USER. Когда пользователь выходит из системы или завершает работу, Windows заменяет информацию в разделе, соответствующему данному пользователю, информацией из раздела HKEY_CURRENT_USER.

• Раздел HKEY_CURRENT_CONFIG представляет собой самую простую часть реестра. Он содержит два главных раздела: Display и System. По существу эти разделы используются программным интерфейсом GDI API для конфигурации монитора и принтера.

Раздел Display имеет два подраздела: Fonts и Setting. Fonts определяет шрифты, которые Windows 98 использует для вывода на экран. Setting содержит текущее разрешение экрана и количество битов на пиксель. Количество битов на пиксель определяет доступное количество цветов (4 бита на пиксель – 16 цветов, 8 битов на пиксель – 256 цветов). Три шрифта, перечисленных в этом разделе, являются шрифтами по умолчанию, которые система использует для отображения значков и меню приложений. Эти настройки можно изменить в диалоговом окне свойств экрана.

Раздел System производит впечатление чего-то запутанного. Однако только один подраздел этого раздела имеет смысл для пользователя – Printers, который содержит список принтеров, подключенных к системе. Этот список не включает принтеры, которые используются по сети.

• Раздел HKEY_DYN_DATA содержит два подраздела: Config Manager и PerfStats. Просмотреть статус ключа Config Manager можно при помощи вкладки Устройства диалогового окна свойств системы. Значения ключей из раздела PerfStats отображаются в интерфейсе утилиты System Monitor.

2 Программа RegCleaner.

Главное окно программы содержит семь вкладок, каждая из которых отображает разную информацию: списки программ для деинсталляции, автозагрузки, зарегистрированных и добавленных расширений и т.д. Дополнительно можно работать с системными библиотеками, установленными устройства, реестром и т.д.

Программа позволяет очищать реестр в двух режимах: ручном и автоматическом. При первом можно самостоятельно выбирать, что нужно удалить, а что оставить. В автоматическом режиме программа сама анализирует записи в реестре и выводит все подозрительные данные на экран.

Все механизмы работы с реестром и другими данными доступны из меню Задачи.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Выполнить сохранение файлов реестра.
- 2 Используя программу CleanClear:
 - просмотреть список программ, установленных в системе;
 - выполнить очистку от ссылок на несуществующие файлы.
- 3 Выполнить восстановление файлов реестра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 В каком режиме восстановления нельзя восстановить поврежденный системный реестр?
- 2 Можно ли редактировать файлы системного реестра по отдельности?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 22

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Сигналы POST

Цель работы: определять неисправность компьютерной системы по сигналам POST

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

При каждом включении компьютера автоматически запускается подпрограмма BIOS – POST (Power On Self Test) – диагностическая программа самотестирования. POST проверяет важнейшие компоненты компьютера: работоспособность процессора, исправность чипсета, оперативной памяти (RAM), видеокарты и т.д.

На экране монитора последовательно появляются сообщения о нормальной загрузке.

В конце процесса тестирования выдвигается сводная таблица, содержащая основную информацию о компьютере, прочитать которую можно после нажатия клавиши \rightarrow . После окончания процесса тестирования выводится стартовая надпись или же графическая заставка операционной системы.

POST является первым постом, позволяющим определить неисправность компьютера. Более того, порой это единственный способ определения неполадок, особенно если нет дополнительного оборудования.

POST может выдавать сообщения следующими способами:

- звуковой сигнал. Каждая конкретная неисправность имеет свою серию звуковых сигналов, которые выводятся в ходе тестирования устройств. Этот способ является основным;

- текстовое сообщение. На экране появляется сообщение, кратко описывающее неисправность и код ошибки, по которой неполадку можно изучить подробно, воспользовавшись документацией к системной плате или к BIOS. Этот способ используется как дополнение к звуковым сигналам при неисправности видеосистемы компьютера. Главный плюс такого способа – неисправность компьютера незначительна.

- шестнадцатеричные коды в конкретный порт по определенному адресу. Данный способ используется независимо от того, выдвигаются ли звуковые или текстовые сообщения. Для чтения этих кодов, необходимо иметь POST-карту.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Определить причину возникновения сбоя по время начальной загрузки компьютера:

Звуковой сигнал	Описание неисправности	Рекомендации по устранению неисправности
Сигналов нет		
Непрерывный		
Постоянные короткие		
Один длинный и пустой экран		
Постоянные короткие		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. О чём свидетельствуют неполадки во время самотестирования системы?

2. Какая последовательность звуковых сигналов свидетельствует о корректном завершении процедуры POST?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 23

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей компонентов системного блока

Цель работы: определять характер возникновения неполадки в работе компьютера и степень её влияния; устранить неисправность в работе компонентов системного блока

Материально-техническое оснащение: конспект лекций, целевой компьютер, мультиметр

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Первое, что необходимо сделать в случае поломки компьютера, – определить характер и причину неисправности. При этом выделяют категории:

- влияние факторов внешнего окружения: воздействие прямых солнечных лучей; в помещении происходит резкое перепады температуры или повышенная влажность; в помещении работают устройства с циклической нагрузкой;
- компьютер не включается: обзудить CMOS-память; очистить от пыли блок питания; заменить предохранители и т.п.;
- проблемы при прохождении программы диагностики POST: отсутствуют звуковые сигналы и текстовые сообщения; звучит сигнал или выдётся сообщение.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Используя мультиметр проверить:

- напряжение в блоке питания;
- целостность соединительных кабелей;
- напряжение батарейки.

2 Открыв системный блок, визуально определить неисправные компоненты.

3 Включив компьютер, определить возможную причину неисправности. Устранить неисправность и проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что необходимо проверить в первую очередь, если система не включается?
- 2 Какие параметры, максимально зависящие от аппаратного обеспечения, проверяют в первую очередь?
- 3 Что предварительно нужно сделать для проверки выпрямителя блока питания, расположенного на диодной сборке?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 24

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей устройства хранения данных

Цель работы: определять характер неисправности в работе накопителей на жёстких и оптических дисках; устранить неисправность в работе накопителей

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; приводы CD/DVD; видеоролик «Дефрагментация диска»; видеоролик «Тестируем локальный диск на наличие ошибок – программа HDD Life»

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройства хранения оказывают значительное влияние на эффективность функционирования компьютерной системы в целом. Накопители на жёстких и оптических дисках обеспечивают постоянное и удобное хранение программного обеспечения и данных пользователя и высокую скорость доступа к ним.

Любое устройство хранения состоит из компонентов:

- накопитель;
- носитель;
- контроллер;
- обслуживающие программы – драйверы.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Ознакомиться с методом ремонта HDD методом перекоммутации.

2 Ознакомиться с методом программного «ремонта» HDD.

3 Выполнить дефрагментацию диска.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие неисправности возникают при длительном перегреве жёсткого диска?
- 2 Как можно извлечь оптический диск из привода без подачи электропитания?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 25

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей устройств отображения данных

Цель работы: определить характер неисправности в работе мониторов и проекционного аппарата; устранить неисправность в работе устройств отображения данных

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; CRT- и LCD-монитор; цифровой проектор

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время используют два основных типа мониторов: с электронно-лучевой трубкой и жидкокристаллический.

Монитор выходит из строя достаточно редко. Неисправности в мониторе возникают, как и в других изделиях электронной техники по следующим причинам:

- некачественное изготовление;
- нарушение правил эксплуатации;
- естественное старение электронных компонентов;
- ремонт неквалифицированным персоналом

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Монитор подключен к видеокарте, установленной в порт AGP, но система изображение не выводит. Как можно устранить подобную неисправность?

2 Ознакомиться с критериями исправной работы тракта обработки видеосигнала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Почему монитор может ограничивать количество выводимых цветов?
- 2 Какие меры безопасности необходимо соблюдать при ремонте и диагностике монитора?
- 3 Какие виды сигналов подаются на вход монитора и какова их характеристика?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 26

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей устройств интерактивного взаимодействия

Цель работы: определять характер неисправности в работе клавиатуры, манипуляторных устройств, сканера; устранять неисправность в работе накопителей

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; клавиатура; манипулятор «мышь»; измерительный переходник

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Компьютерная клавиатура – устройство неприхотливое, однако и у неё бывают разные неисправности: «залипание» клавиш, неисправность разъёма и т.п., таким образом, клавиатура является одним из факторов риска.

Манипулятор используется для управления курсором на экране компьютера. К числу основных отказов манипулятора мышь относятся: загрязнение, поломка кнопок, излом проводов кабеля. Перед проведением любых ремонтных работ мышь необходимо отключить от компьютера, иначе может «сгореть» порт, через который она подключена к компьютеру.

Сканер – высокоточное устройство, предназначенное для качественного сканирования любых изображений. Устранять неисправности следует осторожно, так как попытки устранить некоторые неисправности могут привести к полной разбалансировке оптики сканера, при этом восстановить её становится невозможно.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 При перемещении курсора мыши, он движется беспорядочно. Что можно сделать для исправления неполадки?

2 Объяснить принцип действия оптической «мышки».

3 Линейка сканера движется, но когда приложение запрашивает просмотр, появляется сообщение об ошибке. В чём проблема?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какова роль контроллера i8048 в управлении клавиатурой?
- 2 В чём заключается назначение микросхемы LS138 в клавиатуре?
- 3 Какие порты служат для обращения к контроллеру клавиатуры?
- 4 Каким образом строится взаимодействие манипулятора «мышь» с системной платой?
- 5 Какие порты служат для обращения к контроллеру манипулятора?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 27

Тема учебной программы: Аппаратные неисправности

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей устройств вывода на печать

Цель работы: определить характер неисправности в работе принтера; устранить неисправность в работе печатающего устройства

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; клавиатура; манипулятор «мышь»; измерительный переходник

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; целевой компьютер; принтеры разных технологий печати; инструмент для сборки и разборки; 3-5% раствор аммиака

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Принтеры выходят из строя часто. Неисправности могут быть как незначительными (засорение печатающей головки), так и весьма серьезными (выход из строя фотобарабана). Впрочем, многих проблем можно легко избежать, если постоянно следить за состоянием принтера.

Ошибки в процессе печати могут возникать как из-за аппаратных, так и из-за программных неисправностей. В каждом конкретном случае нужно тщательно изучить ситуацию.

Очень часто пользователь устанавливает драйверы принтера, похожего на свой или совместимого с ним. Это также может вызывать различные программные ошибки.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Провести заправку картриджа лазерного принтера, выполнив предварительную чистку. Установить в принтер и проверить работоспособность.

2 Определить неисправность лазерного принтера. Устранить собой в работе. Подключить к компьютеру и проверить работоспособность.

3 Определить неисправность струйного принтера. Устранить собой в работе. Подключить к компьютеру и проверить работоспособность.

4 Описать решение ситуации:

- * за месяц принтер ломается четвертый раз, изнашивается механизм подачи бумаги;
- * при печати лист не распечатывается до конца;
- * на листе, отпечатанном на лазерном принтере, в некоторых местах тонер осыпается;
- * при печати на лазерном принтере, изображение постепенно становится бледным.

Картридж был недавно заменён;

* при печати струйный принтер одну строку печатает нормально, а следующую – белым (пустая).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Назвать три проблемы, являющиеся общими для матричных, лазерных и струйных принтеров?

2 Где нужно проверить неисправность, если принтер производит ошибку подачи бумаги при попытке напечатать?

3 Что необходимо проверить в первую очередь, если лазерный принтер выдаёт пустые страницы?

4 Какие неполадки возникают при использовании некачественного тонера в лазерном принтере?

5 Почему нельзя использовать растворитель для прочистки сопел в струйном принтере?

6 Как можно увеличить скорость вывода на печать?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 28

Тема учебной программы: Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Тема работы: Внутренние компоненты портативного компьютера

Цель работы: определять конфигурацию портативного компьютера

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; портативный компьютер

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Конфигурация компьютерной системы определяется визуально или с помощью средств операционной системы или специализированных программ.

Для обоих методов определения конфигурации определяют элементы:

- тип процессора;
- тактовая частота процессора;
- тип BIOS;
- количество подключённых накопителей;
- размер ОЗУ и кэш-памяти;
- параметры контроллера клавиатуры;
- наличие дополнительных контроллеров и адаптеров;
- тип системной и локальной шины и их характеристики.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Определить конфигурацию портативного компьютера визуально. Составить формуляр компьютерной системы.

2 Определить конфигурацию портативного компьютера с помощью средств операционной системы. Составить формуляр компьютерной системы.

3 Выполнить сравнение точности визуального и программного методов определения конфигурации портативного компьютера.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие компоненты влияют на дизайн портативных компьютеров?
- 2 Почему для портативного компьютера технологии теплоотвода являются актуальными?
- 3 Какие модули оперативной памяти устанавливают в портативный компьютер?
- 4 В чём заключаются сложности модернизации портативного компьютера?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 29

Тема учебной программы: Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Тема работы: Подключение внешних устройств к портативному компьютеру

Цель работы: проводить установку внешних устройств с портативными компьютерами

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; портативный компьютер, принтер; сканер

Количество часов: 2

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Описать типы разъемов, установленные на портативном компьютере.
- 2 Подключить сканер и установить соответствующий драйвер устройства.
- 3 Выполнить сканирование документа.
- 4 Подключить принтер и установить соответствующий драйвер устройства.
- 5 Произвести печать тестовой страницы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие преимущества обеспечивает док-станции при подключении внешних устройств?
- 2 В чём особенность реализации проводных и беспроводных сетей в портативных компьютерах?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 30

Тема учебной программы: Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Тема работы: Профилактическое обслуживание портативного компьютера

Цель работы: изучить способы профилактического обслуживания портативного компьютера

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; кабели разных категорий

Количество часов: 2

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Определить условия пассивного профилактического обслуживания портативного компьютера.
- 2 Удалить пыль из корпуса и вентиляционных отверстий портативного компьютера.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие преимущества обеспечивает использование док-станции при профилактическом обслуживании?
- 2 Какой тип крепежных деталей используется в портативном компьютере?
- 3 Перечислить правила эксплуатации портативного компьютера.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 31

Тема учебной программы: Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Тема работы: Диагностирование портативного компьютера

Цель работы: проведение диагностики портативного компьютера с использованием стандартных и специализированных программных средств

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; программы тестирования

Количество часов: 2

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Посмотреть информацию об установленных драйверах, используя возможности операционной системы
- 2 Выполнить тестирование системной платы. Определить частоты процессора, системной шины, шины периферийных устройств.
- 3 Выполнить тестирование оперативной памяти.
- 4 Определить основные параметры системы и указать их характеристики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Пояснить особенность использования встроенных программ диагностики.
- 2 Какие параметры нельзя определить в процессе диагностирования?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 32

Тема учебной программы: Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей в работе портативного компьютера

Цель работы: определить неисправность в работе портативного компьютера с помощью аппаратных и программных средств

Материально-техническое оснащение: конспект лекций, кабели разных категорий

Количество часов: 6

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Используя мультиметр проверить:
 - напряжение в блоке питания;
 - целостность соединительных кабелей;
 - напряжение батарейки.
- 2 Открыв системный блок, визуально определить неисправные компоненты.
- 3 Включив компьютер, определить возможную причину неисправности. Устранить неисправность и проверить работоспособность системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что проверяют в первую очередь, если компьютер не включается?
- 2 Понять особенности использования POST-карты.
- 3 Как определить неисправность во время самотестирования портативного компьютера?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 33

Тема учебной программы: Обслуживание компьютерных сетей

Тема работы: Профилактическое обслуживание сетевого оборудования

Цель работы: проводить профилактику сетевого оборудования

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; локальная сеть; приборы для тестирования оборудования

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью выполнения любого профилактического мероприятия является продление срока безотказной работы компьютера и сетевого оборудования. Большинство мероприятий сводятся, главным образом, к периодической чистке как всей системы, так и отдельных её компонентов.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

- 1 Проверить корректность подключения разъемов электропитания.
- 1 Выполнить перестыковку разъемов.
- 2 Провести очистку активного сетевого оборудования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие мероприятия обеспечивают защиту компьютерной сети от внешних неблагоприятных воздействий?
- 2 От чего зависит периодичность профилактического обслуживания?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 34

Тема учебной программы: Обслуживание компьютерных сетей

Тема работы: Контроль за работоспособностью компьютерной сети

Цель работы: определять сетевые протоколы

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; кабели разных категорий

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для мониторинга за работой в сетях используется пункт Сетевое подключение.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Используя свойства протокола Internet заполнить таблицу

IP адрес	
Маска подсети	
Основной шлюз	
Предпочитаемый DNS-сервер	
Альтернативный DNS-сервер	

Сетевая плата	
Используемые протоколы	
IP-адрес	
Маска подсети	
Доменное имя компьютера	
DNS-сервер(ы)	
Шлюз	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Для чего используется маска подсети?
- 2 Пояснить назначение и принцип работы сервиса ARP.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 35

Тема учебной программы: Обслуживание компьютерных сетей

Тема работы: Диагностика компьютерной сети

Цель работы: проводить диагностику работоспособности компьютерной сети

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; кабели разных категорий

Количество часов: 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для диагностики сети можно использовать штатные средства операционной системы – командную строку. Команды:

- ipconfig – проверяет состояние оборудования и наличие подключения кабеля;
- ping – проверяет сетевое оборудование;

Также общую информацию можно получить, если воспользоваться трассировкой – команда tracert.

Для диагностики сети обязательно проводят тестирование отдельных протоколов – программа Telnet.

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Проверить состояние оборудования. Заполнить таблицу

Сетевой адаптер	
DHCP	
IP адрес	
Маска подсети	
Тип сети	
Основной шлюз	
DNS-серверы	

2 Проверить доступность своего оборудования и оборудования провайдера в последовательности:

- свой компьютер;
- шлюз Internet;
- свой IP у провайдера;
- DNS-сервер;
- IP любого рабочего хоста в сети;
- URL любого сайта.

3 Выполнить трассировку сайта yandex.ru.

4 Выполнить тестирование сетевых портов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какова суть тестирования с трассировкой?
- 2 Для чего проводят тестирование отдельных протоколов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 36

Тема учебной программы: Обслуживание компьютерных сетей

Тема работы: Поиск и устранение неисправностей в локальной сети

Цель работы: определить неисправность в сети с помощью аппаратных и программных средств

Материально-техническое оснащение: конспект лекций, кабели разных категорий

Количество часов: 4

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Поиск неисправностей в сети аппаратными средствами

Оборудование для диагностики и поиска неисправностей делит на основные группы:

- приборы для сертификации кабельных систем – определяют затухание, отношения сигнал-шум, импеданс, ёмкости и активного сопротивления;
- сетевые анализаторы – измеряют затухание в линии и её характеристики;
- кабельные сканеры – определяют длину кабеля, затухание, импеданс, схему разводки, уровень электрических шумов;
- тестеры (мультиметры) – определяют непрерывность кабеля.

Внимание!

Тестер позволяет определить повреждение кабеля, но не обозначает, где произошёл сбой.

2 Поиск неисправностей в сети утилитами TCP/IP

Запуск утилит осуществляется из Командной строки меню Пуск.

- Ping – проверяет возможность соединения с удалённым компьютером:
Ping sn.dn.fio.ru
- Pathping – отражает маршрут прохождения и предоставляет статистику потери пакетов на промежуточных маршрутизаторах: Pathping sn.dn.fio.ru

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Последовательно подключая тестовые сетевые кабели к сетевой карте компьютера заполнить прозвонку кабеля, используя омметр. Результаты измерения занести в таблицу

Номер тестового кабеля	Результат измерения пар кабеля, Ом	Вывод о состоянии кабеля
1		
2		
3		

2 Используя сетевой тестер определить вариант разводки кабеля и проверить правильность. Результаты измерения занести в таблицу

Номер тестового кабеля	Тип разводки
1	
2	

3 Провести поиск места неисправности в кабеле сети с использованием сетевого радара.

4 Используя утилиту Ping проверить соединение рабочих станций с сервером.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 В каких случаях использование сетевого радара является предпочтительным?

2 Заполнить таблицу

Неисправность	Возможная причина	Последствия для сети	Решение проблемы	Меры предотвращения
Выход из строя коммутатора				
Выход из строя модема (точки доступа)				
Выход из строя сервера				
Выход из строя рабочей станции				
Выход из строя сетевого кабеля				

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 37

Тема учебной программы: Обслуживание компьютерных сетей

Тема работы: Обслуживание серверов и рабочих станций

Цель работы: определить конфигурацию TCP/IP

Материально-техническое оснащение: конспект лекций; кабели разных категорий

Количество часов: 6

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Утилиты TCP/IP

• Route – показывает и позволяет изменять конфигурацию локальной таблицы маршрутизации: `route print`

• Tracert – отслеживает маршрут, по которому пакеты перемещаются к пункту назначения: `tracert sn.dn.flo.ru`

• Netstat – показывает текущую информацию сетевого соединения TCP/IP. Например, информацию о подключенном хосте и номера используемых портов. `netstat Netstat -a Netstat -t Netstat -e Netstat -s`

• Ipconfig – показывает текущую конфигурацию TCP/IP на локальном компьютере.

Ключи утилиты:

`/release` – освобождает полученный от DHCP IP-адрес;

`/renew` – получает от DHCP новый IP-адрес;

`/all` – показывает всю информацию о TCP/IP конфигурации;

`/flushdns` – очищает кэш локального распознавателя DNS;

`/registerdns` – обновляет адрес в DHCP и перерегистрирует его в DNS;

`/displaydns` – показывает содержание кэша распознавателя DNS.

• `Hostname` – показывает локально настроенное имя узла TCP/IP;

• `Arp` – показывает и позволяет изменять кэш протокола ARP (Address Resolution Protocol).

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ

1 Просмотреть таблицу маршрутизации сервера.

2 Отследить маршрут до сервера.

3 Получить информацию о подключенном сервере и используемых портах.

4 Определить информацию о подключенном хосте и номерах используемых портов.

5 Определить текущую конфигурацию TCP/IP.

6 Проверить IP-адрес рабочей станции и получить новый адрес от DHCP-сервера.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 В чём особенность MAC-адреса?
- 2 Перечислить виды IP-адреса?
- 3 Для каких целей используется кэш DNS?

Романова Любовь Владимировна

Методические указания по выполнению практических работ
по междисциплинарному курсу
**Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**
для обучающихся по специальности
09.02.01

Ответственный за выпуск: Романова Л.В.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж им. С.И. Мосина**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы**

**по междисциплинарному курсу
МДК.03.01 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ**

**профессионального модуля
ПМ.03 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

**специальности
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы**

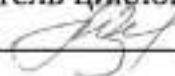
Тула 2022

УТВЕРЖДЕНЫ

цикловой комиссией информационных технологий

Протокол от 13 сентября 2022г. № 6

Председатель цикловой комиссии

 И. В. Милаева

1 Общие положения

Курсовая работа – форма контроля учебной работы студентов, применяемая на заключительном этапе изучения учебной дисциплины, модуля..

Методические указания по выполнению курсовой работы составлено в соответствии с рабочей программой и позволяет правильно выполнить курсовую работу.

Дидактическими целями курсовой работы являются:

- углубление, обобщение, систематизация и закрепление знаний, полученных студентами за время изучения дисциплины;
- приобретение опыта диагностирования средств вычислительной техники;
- усвоение методов и технологий выявления причины появления неисправности;
- проведение технического обслуживания и программной настройки аппаратных компонентов компьютерной системы;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- комплексная проверка уровня знаний и умений;
- развитие навыков работы с технической документацией, научной и справочной литературой.

Курсовую работу студенты выполняют по индивидуальным заданиям (Приложение А), которые носят характер учебной задачи, сформулированной таким образом, что в ней отражено конкретное производственное содержание.

Результатом выполнения курсовой работы по *МДК 03.01 Техническое обслуживание и ремонт компьютерных систем и комплексов* является формирование у студентов общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций.

Код	Наименование результат обучения
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчинённых), результат выполнения заданий

Код	Наименование результат обучения
<i>ОК 8</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ОК 9</i>	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности
<i>ОК 10</i>	Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)
<i>ПК 3.1</i>	Проводить контроль параметров, диагностику и восстановление работоспособности компьютерных систем и комплексов
<i>ПК 3.2</i>	Проводить системотехническое обслуживание компьютерных систем и комплексов
<i>ПК 3.3</i>	Принимать участие в отладке и технических испытаниях компьютерных систем и комплексов; инсталляции, конфигурировании программного обеспечения

Работа над курсовой включает ряд последовательных этапов:

- описание конструкции, принципов работы и технических характеристик периферийного устройства;
- анализ периодичности и материально-технического обеспечения технического обслуживания периферийного устройства;
- определение возможных неисправностей в работоспособности периферийного устройства и способов их устранения;
- обеспечение предотвращения появления неисправностей периферийного устройства;
- описание программной настройки работоспособности периферийного устройства.

Пояснительная записка по курсовой работе должна быть оформлен в соответствии с ГОСТ, содержать анализ условий задачи, материалы по выполнению этапов проведения профилактического и технического обслуживания периферийного устройства. В пояснительной записке представляются таблицы, рисунки и схемы, наглядно поясняющие конструкцию и принцип действия периферийного устройства. Курсовая работа подлежит защите, по результатам которой выставляется дифференцированная оценка.

Критерии оценки работы:

- самостоятельность выполнения курсовой работы
- правильность описания конструкции и принципов работы периферийного устройства;
- последовательность и стилистическая грамотность проведения алгоритма поиска неисправностей;
- достаточная полнота и обоснование составленного анализа возможных неисправностей;
- достоверность и наглядность инсталляции периферийного устройства;

- обоснование предлагаемых способов устранения неисправностей в работоспособности периферийного устройства;
- выводы по результатам работы;
- соблюдение стандартов при оформлении материала;
- достаточная полнота и формулировка ответов на собеседовании.
- сдача в установленные сроки.

1.1 Состав курсовой работы

Курсовая работа состоит из аналитической и проектной части. Аналитическая часть курсовой работы выполняется студентом на основании его знаний об основных узлах конкретного периферийного устройства, принципах его работы, с привлечением имеющихся у него знаний об основных неисправностях компонента и способов их устранения. Проектная часть содержит структурную схему конкретного периферийного устройства и блок-схему последовательности поиска неисправности.

Курсовая работа должна содержать:

- Титульный лист
- Бланк задания
- Содержание
- Введение
- 1 Техническое описание
- 2 Техническое обслуживание
- 3 Программная настройка
- 4 Техника безопасности при проведении ремонтно-профилактических работ
- Заключение
- Список использованных источников
- Приложение А. Структурная схема
- Приложение Б. Блок-схема неисправностей и способов их устранения
- Приложение В. Глоссарий

1.2 Содержание курсовой работы

Курсовая работа должна содержать:

- 1 Титульный лист – является первым листом курсовой работы и оформляется стандартным образом;
- 2 Бланк задания – выдаётся каждому студенту индивидуально и оформляется руководителем курсовой работы;
- 3 Содержание – включает наименование всех разделов и подразделов работы с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала;
- 4 Введение – должно содержать оценку современного состояния темы и обоснование её важности, связь темы курсовой работы с другими актуальными темами в данной области, а также формулировку целей работы;
- 5 Основная часть – состоит из четырёх разделов:
 - первый раздел – содержит описание периферийного устройства; основные узлы, принцип действия, технические характеристики;

– второй раздел – содержит периодичность технического и профилактического обслуживания периферийного устройства; описание типовых неисправностей, определение причин их появления и особенности устранения;

– третий раздел – содержит описание особенности программной настройки периферийного устройства;

– четвёртый раздел – содержит описание техники безопасности при проведении ремонтно-профилактических работ;

6 заключение – должно содержать выводы по результатам проделанной работы;

7 список использованных источников – содержит перечень литературы, которая была использована в ходе создания курсовой работы и должен иметь 5-7 наименований;

8 приложения – должны содержать структурную схему периферийного устройства, блок-схему поиска неисправностей, глоссарий.

1.3 Входные и выходные данные курсовой работы

В курсовой работе предусматривается поэтапное выполнение следующих действий:

1 В качестве основных источников информации рекомендуется изучать научно-техническую литературу, периодические издания, патентные материалы. Использованный источник информации помечается в библиографическом описании. Студент должен составить словарь основных терминов и понятий, привести необходимые таблицы, схемы и другой справочный материал.

2 В соответствии с заданием описать структурную схему периферийного устройства и принцип действия.

3 Определить периодичность и материально-техническое обеспечение технического и профилактического обслуживания периферийного устройства.

4 Описать технические характеристики периферийного устройства.

5 Указать типовые неисправности периферийного устройства, возможные причины возникновения и способы их устранения.

6 Рассмотреть возможности программной настройки работоспособности периферийного устройства.

7 Указать правила техники безопасности при проведении ремонтно-профилактического обслуживания.

2 Выполнение курсовой работы по этапам

2.1 Анализ источников информации

На основании полученного задания студент представляет и описывает конкретное периферийное устройство. Основываясь на этом представлении, студент определяет периодичность и материально-техническое обеспечение технического и профилактического обслуживания периферийного устройства.

В материалах исследования должны содержаться данные об основных узлах периферийного устройства, принципе его работы и основных технических характеристиках.

При составлении структурной схемы, указывается расположение основных компонентов и даётся их краткое описание. Пример конструктивной схемы лазерного принтера приведён на рисунке 1.

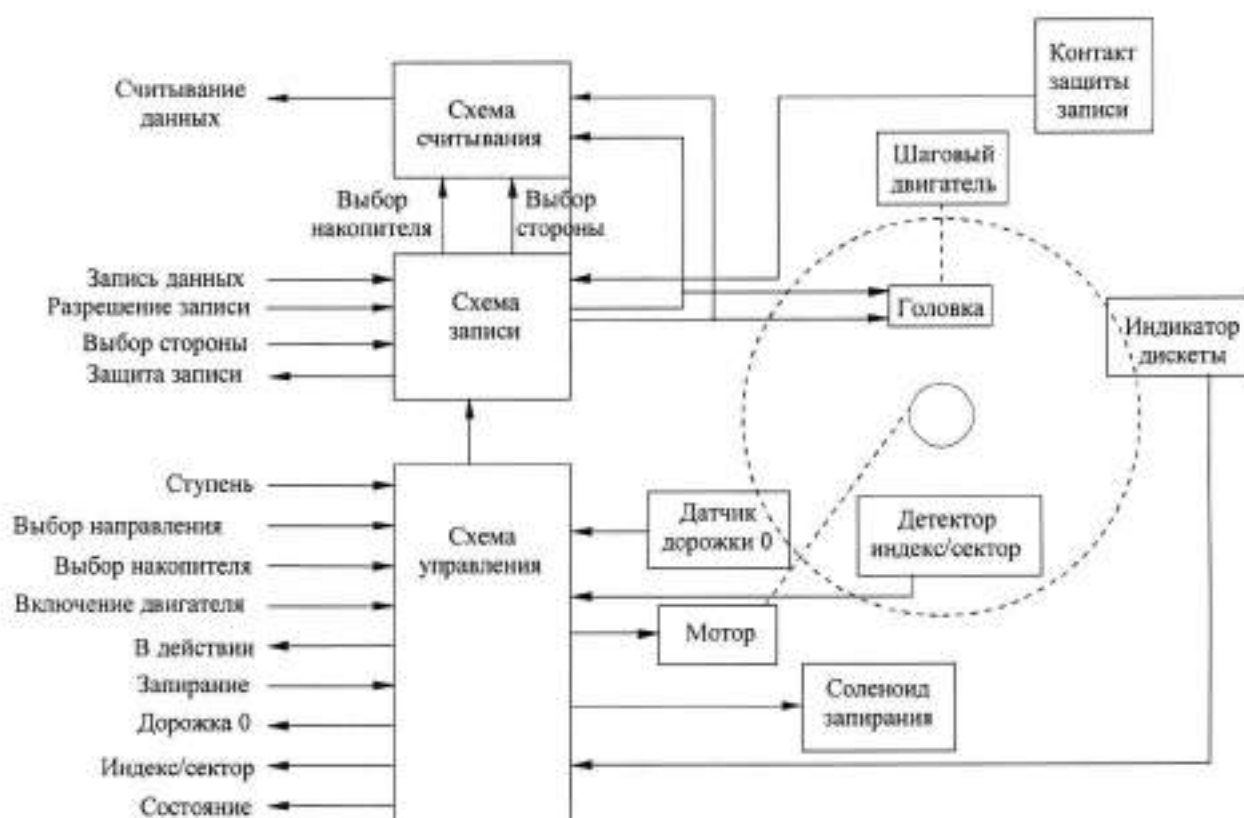


Рисунок 1 – Структурная схема накопителя на гибких магнитных дисках

2.2 Описание неисправностей работоспособности

Описать типичные неисправности компонента компьютерной системы, указать способы устранения неисправностей и возможные причины появления неисправностей. При описании возможных неисправностей компонента и способ их устранения составить блок-схему.

Последовательность поиска и устранения неисправностей накопителя на гибких магнитных дисках приведён на рисунке 2.

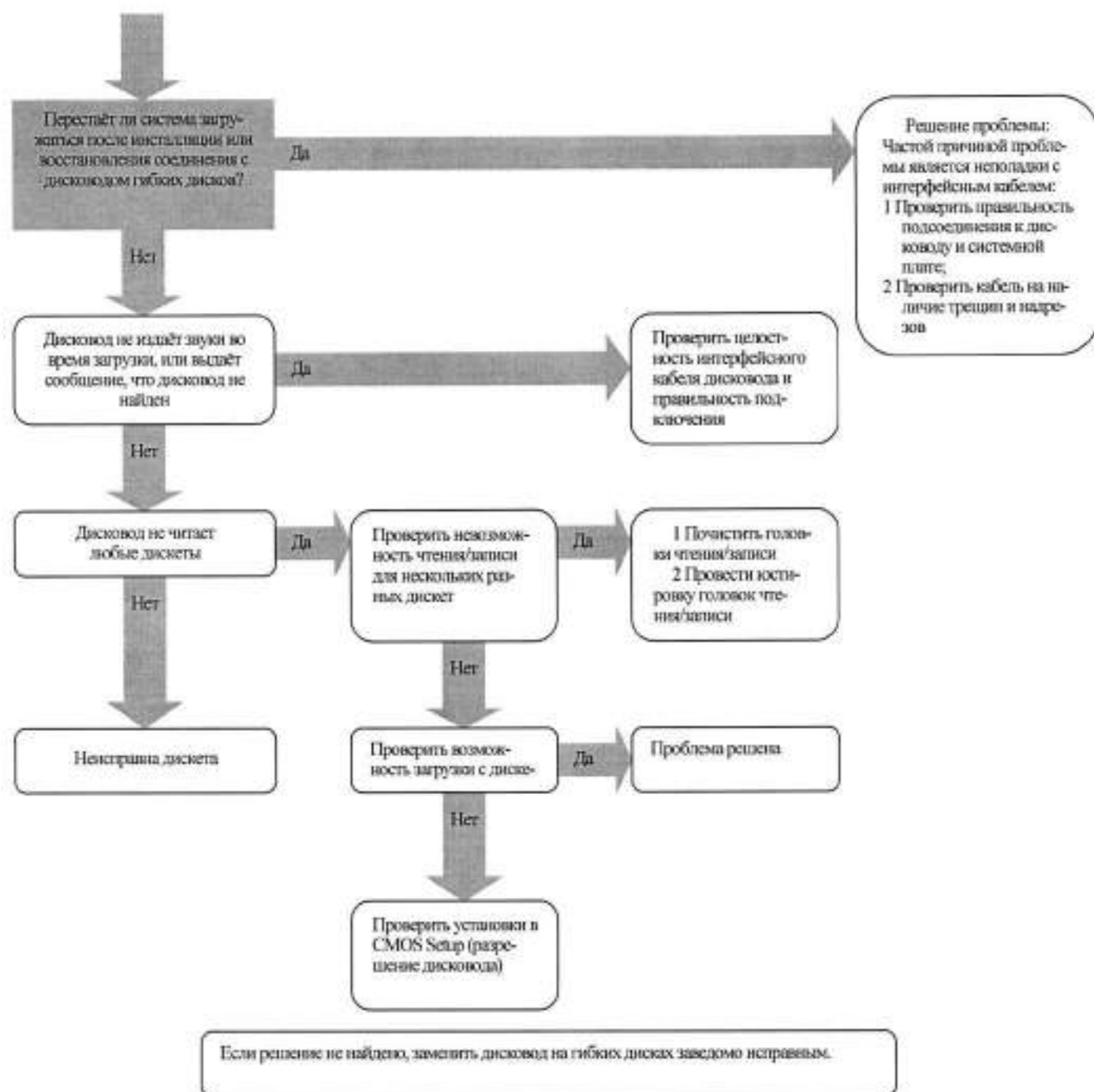


Рисунок 2 – Последовательность поиска и устранения неисправностей накопителя на гибких магнитных дисках

Блок-схема последовательности поиска и устранения неисправностей компонента компьютерной системы оформляется в виде приложения.

Кроме того, предусмотреть особенности замены неисправного компонента компьютерной системы.

2.3 Программная настройка

В рамках курсовой работы следует привести перечень программных средств, обеспечивающих работоспособность периферийного устройства. Необходимо указать возможности программной настройки для поддержания работоспособности конкретного компонента.

2.4 Глоссарий

В рамках курсовой работы необходимо составить глоссарий – основные понятия, определения и термины, используемые при описании темы курсовой работы. Глоссарий оформляется в алфавитном порядке, сначала указываются английские термины, а затем русские.

Глоссарий оформляется в виде приложения. Пример оформления глоссарий приведён на рисунке 3.

Bad sector – дефектный сектор. Область на магнитном диске, которая не может использоваться для хранения данных из-за производственного дефекта или случайного повреждения. Операционная система обнаруживает, отмечает и изолирует дефектные секторы, причём пользователь может даже не знать о наличии дефектных секторов на диске.

CAV (Constant Angular Velocity) – постоянная угловая скорость. В жёстких дисках устройство считывания перемещается с постоянной угловой скоростью относительно диска (поскольку число оборотов диска в единицу времени постоянно). Это означает, что на внутренних дорожках диска достигается максимальная плотность размещения секторов. По мере перемещения головки чтения/записи к внешнему краю диска, длина сектора увеличивается, а скорость обмена данными снижается.

Время доступа – интервал времени между запросом информации с диска и её получением запрашивающим устройством. Время доступа к диску – время, необходимое для перемещения головки чтения/записи к области диска, содержащей запрашиваемые данные. Время доступа к жёсткому диску не превышает 10 миллисекунд.

Дорожка записи (Track) – каждое из концентрических колец диска, на котором записаны данные.

Рисунок 3 – Пример оформления глоссария
для темы «Накопитель на жёстких магнитных дисках»

3 Требования к оформлению пояснительной записки

3.1 Общие требования

Пояснительная записка к курсовой работе выполняется в печатном виде и оформляется на одной стороне писчей бумаги формата А4 (270x297 мм) в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 «Отчёт о научно-исследовательской работе».

Общий объём пояснительной записки – 30-35 страниц печатного текста. Повреждение листов, помарки текста или иллюстраций не допускаются.

Размеры полей при оформлении пояснительной записки: левое поле – 30 мм, верхнее поле – 20 мм, правое поле – 10 мм, нижнее поле – не менее 10 мм.

При наборе текста используется гарнитура Times New Roman с размером кегля 14 пунктов и полуторным межстрочным интервалом. Абзацы в тексте начинают с отступом 1,25 см.

Нумерация страниц пояснительной записки сквозная. Первой страницей является титульный лист, на котором номер страницы не проставляют. Нумерацию страниц проставляют арабскими цифрами по центру верхнего поля.

Все материалы сшивают в папку.

Материал излагается по разделам в соответствии с содержанием, для наглядного представления процесса и результатов проектирования необходимо использовать экранные иллюстрации, которые должны быть включены в текст. Все цитаты и заимствованные факты должны иметь ссылки на источники.

Текст пояснительной записки должен быть кратким, чётким и не допускать различных толкований. Наименования команд, режимов и сигналов в тексте выделяют произвольным рубленным шрифтом, без кавычек.

3.2 Оформление титульного листа

Титульный лист является первым листом курсовой работы и оформляется в соответствии с приложением Б.

3.3 Оформление содержания

В содержании приводят наименование всех разделов и подразделов, имеющих заголовки, а также приложения с указанием страниц, на которых размещается начало материала, соответствующих разделов, подразделов и приложений.

Кегль листа содержания понижается на 1 пункт по сравнению со шрифтом основного текста, с сохранением гарнитуры.

Слово СОДЕРЖАНИЕ набирают прописными буквами. Названия разделов выделяют прописными буквами. Остальные рубрики оформляют строчными буквами, первая прописная, и печатают с отступом. К рубрикам проставляют отточия, которые должны быть выровнены по вертикали.

3.4 Оформление разделов и подразделов основного текста

Каждый раздел оформляют с новой страницы. Разделы нумеруют в пределах всей пояснительной записки арабскими цифрами. Точку после цифры не ставят. Разделы ВВЕДЕНИЕ и ЗАКЛЮЧЕНИЕ не нумеруют. Заголовки разделов оформляют прописными буквами по центру рабочей строки, точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, то между ними ставится точка. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Подразделы имеют нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела точку не ставят.

1.1 }
1.2 } Нумерация подразделов первого раздела
1.3 }

Заголовки подразделов оформляют с прописной буквы с абзачного отступа, точку в конце заголовка не ставят.

Заголовки разделов и подразделов отделяют пропущенной строкой.

Подразделы могут быть разбиты на пункты, которые имеют нумерацию в пределах каждого подраздела.

4.1.1 }
4.1.2 } Нумерация пунктов первого подраздела четвертого
4.1.3 } раздела

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

3.5 Оформление списка использованных источников

Список использованных источников содержит библиографические описания печатных и электронных источников информации, оформленных в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание.

При составлении списка использованных источников необходимо соблюдать последовательность в их перечислении. Структура списка может быть следующей:

- 1 Источники;
- 2 Нормативно-методические издания;
- 3 Литература;
- 4 Периодическая печать;
- 5 Справочные и информационные издания.

Список имеет единую валовую нумерацию.

Источники располагают в следующей иерархии видов: законодательство, нормативно-правовые источники, статистические источники.

В пределах своего вида законодательные и нормативно-правовые акты размещают в хронологической последовательности.

Все остальные виды источников группируют по алфавиту фамилий авторов.

В разделе Нормативно-методические издания принят следующий порядок их расположения: стандарты и методические указания по их применению, технические условия, патентные документы, каталоги, правила, инструкции и т.д. Внутри каждой группы – по времени издания.

В разделе Литература приводят сведения о монографиях, статьях, очерках, которые использовались при подготовке дипломной работы. Литературу перечисляют по

алфавиту авторов, а издания без индивидуального автора – по алфавиту заглавия. После литературы на русском языке указывают литературу на иностранных языках.

Раздел Периодическая печать выделяют в том случае, если в курсовой работе автор использовал комплекты изданий журналов или газет. Сведения об отдельных статьях журналов и газет приводят в разделе Литература.

В разделе Справочные и информационные издания указывают сведения об энциклопедиях, словарях, справочниках, каталогах выставок и т.д. Их располагают по видам изданий или в алфавитном порядке.

Таблица – Примеры библиографического описания различных видов

Вид издания	Пример библиографического описания
Законодательный материал	Конституция Российской Федерации. – М.: Приор, 2001. – 32 с.
Постановление	О дальнейшем стимулировании творческой активности молодых учёных: Пост. Совета Министров СССР от 26 янв. 1991 года № 231 // Собр. Законодательства РФ. – 1991. - № 6. – Ст.117.
Инструкция	Инструкция по крашению изделий из натурального меха: утв. Упр. хим. чистки и крашения М-ва быт. обслуж. РСФСР 12.11.83. – М., 1994. – 16 с.
Государственный стандарт	ГОСТ Р 51771-2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ.2002-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – IV, 27 с.
Книга одного автора	Аверин А.К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А.К.Аверин. – 7-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1991. – 303 с.
Книга двух, трёх авторов	Зверев М.П. Технологическая оснащённость в машиностроении / М.П.Зверев, Э.В.Рыжов, А.В.Аверченков. – Минск : Наука и техника, 1992. 443 с.
Книга четырёх и более авторов	Изменяющаяся подача / Г.М.Шейнин [и др.]. – М.: Наука, 1992. – 40 с.
Книга, описанная на заглавие	Правоохранительные органы Российской Федерации : учебник / под ред. В.П.Божьева. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Спарк, 1997. – 63 с.
Описание тома из многотомного издания	Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т.1. Механика. Молекулярная физика: учеб. пособие / И.В.Савельев. – 21-е изд., перераб. – М. : Наука, 1992. 432 с.
Статья из книги	Двигания Г.С. Комплимент: Коммуникативный статус или стратегия в дискурсе / Г.С.Двигания // Социальная власть языка: сб.науч.тр. / Воронеж. Межрегион. Ин-т обществ. Наук, Воронеж. Гос. Ун-т, Фак. Романо-герман. Истории. – Воронеж, 2001. – С.101-106.
Статья из журнала	Дементьев А.А. Эффективность научных исследований / А.А.Дементьев // Изв. Вузов. Машиностроение. – 1991. – № 6. – С.4-9.
Каталог	Винтовой холодильный компрессор ВХ 1400-7-3: каталог / Центр. ин-т НТИ и техн.-экон. исслед. по хим. и нефт. Машиностроению. – М., 1993. – 2 с.

Вид издания	Пример библиографического описания
Отчет о НИР	Проведение испытаний и исследований: отчёт о НИР (промежуточ.) / Всесоюз. заоч. ин-т пищ. пром-ти; рук. Попов В.А.; исполн.: Алешин Г.П. [и др.]. – М., 2001. – 75 с.
Книга на иностранном языке	Sosodia M.N. Microwave circuits and passive devices / M.N.Sosodia, D.S. Raghuvanshi. – New York : Wiley, 1991. – 240 p.
Статья из иностранного журнала	Parker SuSan T. What's new in metallcuttin research / Parker SuSan T. // Amer.Mach. – Vol.129, № 7. – P.75-77.
Справочные и информационные издания	Центральный государственный архив древних актов СССР: путеводитель. В 4 т. – М., 1991. – 596 с.
Электронный ресурс	Всемирная история в лицах [Электронный ресурс] / РАН, Рос. акад. образования. – Электронные текстовые данные. М. : НТЦ «Прогресс», 1996. – 12 электрон. опт. дисков (CD-ROM) Коганов А.В. Время и энтропия: Реферативный обзор семестра [Электронный ресурс] / А.В.Коганов // Изучение феномена времени: Материалы круглого стола / НИИСИ РАН. – Электрон. дан. (1 файл). – http:// www/chronos.linia.ru/reports/koganov_tezisy.html

Раздел СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ оформляют после раздела ЗАКЛЮЧЕНИЕ в виде пронумерованного списка библиографических описаний использованных источников и литературы.

3.6 Оформление иллюстрационного материала

Иллюстрации – рисунки, схемы, диаграммы – помещают в работу для лучшего понимания текста. На иллюстрации должна быть ссылка в тексте.

Иллюстрацию располагают непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые или на следующей странице, а при необходимости, в приложении.

3.7 Оформление приложений

Материал, дополняющий текст работы, размещают в приложениях. Приложениями могут быть таблицы, схемы, диаграммы, чертежи, расчеты и т.д.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Каждое приложение начинают с новой страницы. Вверху первой страницы каждого приложения посередине рабочей строки прописными буквами печатают слово ПРИЛОЖЕНИЕ и его обозначение. Приложение должно иметь заголовок, который оформляют по центру рабочей строки с прописной буквы отдельной строкой.

Текст каждого приложения может быть разделён на разделы, подразделы, пункты. Все составные части текста, а также иллюстрации, таблицы, формулы нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение приложения.

- 1 Рисунок Б.1
- 2 Таблица Г.3
- 3 Для раздела текста – Д.1

Приложения должны иметь общую с остальной частью работы нумерацию страниц.

В тексте на все приложения должны быть даны ссылки. При ссылках следует писать: ... в соответствии с приложением А, (приложение Г), ... согласно приложению Д. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте работы.

Все приложения должны быть перечислены в содержании с указанием их обозначений и заголовков.

3.8 Сокращения

В машинописных работах допускаются следующие сокращения:

– оформляют с цифровыми значениями:

с. – страница;

г. – год; гг. – годы;

мин. – минимальный;

макс. – максимальный;

абс. – абсолютный;

отн. – относительный;

– общепринятые сокращения:

т.е. – то есть;

т.д. – так далее;

т.п. – тому подобное;

и др. – и другие;

пр. – прочее;

см. – смотри;

св. – свыше;

номин. – номинальный;

наим. – наименьший;

наиб. – наибольший;

а также другие сокращения, установленные правилами русской орфографии.

В работе можно установить особую систему сокращения слов или наименований. В этом случае перечень сокращений приводится в структурном элементе работы **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**.

4 Сдача курсовой работы

В установленные сроки выполненная курсовая работа представляется руководителю для составления отзыва, в котором определяется соответствие работы теме, уровень, качество и полнота разработки поставленных вопросов.

Сдача курсовой работы включает:

- представление пояснительной записки;
- представление презентации;
- высказывание руководителя по поводу качества выполнения работы;
- выставление оценки.

Оценка за курсовую работу выставляется с учётом качества её выполнения и оформления.

Основными критериями оценки курсовой работы является:

- раскрытие темы – полнота и глубина описания основных узлов и принципа действия компонента компьютерной системы, логика рассуждений при определении возможных неисправностей и способов их устранения, сделанные выводы;
- наглядность конструктивной схемы – правильность указания основных компонентов и принципов их взаимодействия;
- метод поиска неисправностей – наличие алгоритма, позволяющего определять возможные неисправности;
- программная настройка – правильность выбора приложения, отвечающего за работоспособность оборудования; наличие скриншотов
- практическая значимость выводов и их обоснованность для обеспечения предотвращения появления неисправностей оборудования;
- соблюдение стандартов при оформлении работы – наличие всех разделов пояснительной записки, соблюдение требований к оформлению пояснительной записки;
- презентация – достаточная полнота и наглядность представления темы;
- сдача в установленные сроки;
- достаточная полнота и формулировка ответов на собеседовании.

Курсовая работа оценивается по пятибалльной системе. Положительная оценка выставляется при успешной защите курсовой работы на оценку не ниже оценки «удовлетворительно».

Для оценки курсовой работы необходимо представить пояснительную записку и конструктивную схему компонента компьютерной системы.

5 Список рекомендуемых источников

Основные источники

1 Новожилов, О. П. Архитектура компьютерных систем в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 276 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10299-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456521>

2 Новожилов, О. П. Архитектура компьютерных систем в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 246 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10301-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456522>

Дополнительные источники

1 Гребенников, В. Ф. Архитектура средств вычислительной техники. Общие сведения об ЭВМ. Процессоры и устройства управления : учебное пособие / В. Ф. Гребенников, В. А. Овчеренко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4003-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98695.html>

2 Сети и телекоммуникации : учебник и практикум для среднего профессионального образования / К. Е. Самуйлов [и др.] ; под редакцией И. А. Шалимова, Д. С. Кулябова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 363 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-0480-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456638>

Периодические издания

1 Системный администратор : [журнал]. - Москва, 2020

2 Программирование : научный журнал / учредители : ФГБОУ ВО МГУ им. М.В.Ломоносова, РАН, Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН. - Москва : Наука, 2020 - . - ISSN 0132-3474. - Текст : электронный // НЭБ eLibrary [сайт]. — URL: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7966

3 Информационно-управляющие системы : научный журнал / учредитель : ООО «Информационно[управляющие системы]». - Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 2020 - . - ISSN 1684-8853. - Текст : электронный // НЭБ eLibrary [сайт]. — URL: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=25785

Интернет-ресурсы

1 НЭБ eLibrary. – URL: <http://elibrary.ru/>

2 ЭБС BOOK.ru. – URL: <https://www.book.ru/>

3 ЭБС IPRBooks. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

4 ЭБС Лань. – URL: <https://e.lanbook.com/>

5 ЭБС Юрайт. – URL: <https://urait.ru/>

6 Сайты фирм-производителей компьютерной техники.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Варианты индивидуальных заданий

CRT монитор
LCD-монитор
Беспроводные устройства
Блок питания
Дигитайзер
Дисковые массивы
Звуковоспроизводящие и звукозаписывающие устройства
Интерактивная доска
Источник бесперебойного питания
Коммуникационные устройства
Многофункциональное устройство
Накопитель на жёстких магнитных дисках
Оптический привод
Плоскопанельные мониторы
Плоттер
Принтеры ударного типа
Проекционные аппараты
Сенсорная панель
Системная плата
Сканер
Струйные принтеры
Терминальные и манипуляторные устройства
Термические принтеры
Фотоэлектронные принтеры
Цифровые фото- и видеокамеры

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Форма титульного листа

Минобрнауки России
ФГОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж им.С.И.Мосина

КУРСОВАЯ РАБОТА

по междисциплинарному курсу
**«ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ»**

на тему

« _____ »

Автор работы,
студент(ка) гр.4-090201

подпись

И.О.Фамилия

расшифровка подписи

Руководитель,
преподаватель

подпись

Л.В.Романова

расшифровка подписи

Романова Любовь Владимировна

**Методические указания
по выполнению курсовой работы
по междисциплинарному курсу
Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

для студентов специальностей
09.02.01

**Компьютерные системы и комплексы
(базовая подготовка)**

Ответственный за выпуск Романова Л.В.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж им. С.И. Мосина**

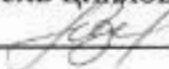
**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению самостоятельных работ**

**по междисциплинарному курсу
МДК.03.01 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

**профессиональный модуль
ПМ.03 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

**специальности
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы**

Тула 2022

УТВЕРЖДЕНЫ
цикловой комиссией информационных технологий
Протокол от 13 января 2022г. № 6
Председатель цикловой комиссии
 И. В. Милыева

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общее положение	4
2	Содержание заданий.....	6
3	Список рекомендуемых источников.....	8
4	Критерии оценок.....	9

1 Общее положение

Самостоятельные внеаудиторные работы проводятся с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Задания для внеаудиторной работы разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины.

Форма самостоятельной деятельности может быть в виде:

- реферат;
- проект.

Для оценки внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся используется:

- сдача на бумажном носителе или в виде файла;
- защита в устной форме;
- ответ на дополнительные вопросы преподавателя;
- опрос присутствующих обучающихся.

1.1 Реферат

Реферат – краткое изложение в письменном виде основной общепринятой точки зрения определённой темы. Материал реферата должен освещать конкретный вопрос, по сути, пересказывать его. Материал реферата должен полно и логично раскрывать конкретный вопрос, подтверждаться достоверной информацией об исторических справках и текущих событиях, содержать необходимые примеры, сравнения и экспертные оценки.

Материал реферата должен иметь структуру:

- титульный лист;
- описание темы;
- список использованных источников.

Описание темы может состоять из нескольких разделов и содержать рисунки, схемы, таблицы. Список использованных источников должен содержать 4-7 позиций – нормативные акты, книги, печатную периодику, Internet-ресурсы.

Реферат оформляется с использованием прикладных программ с соблюдением стандарта ГОСТ 7.32.

Критерии оценки работы:

- полнота раскрытия темы;
- наличие графического и табличного материала;
- соблюдение стандартов при оформлении материала;
- наличие списка использованных источников;
- сдача в установленные сроки.

1.2 Проект

Проект выполняется в виде курсовой работы по конкретной теме по варианту, соответствующему номеру обучающегося в журнале теоретического обучения.

Этапы выполнения проекта приведены в «Методических указаниях по выполнению курсовой работы».

Критерии оценки работы:

- самостоятельность выполнения проекта;
- правильность описания основных компонентов в конструкции и принципов работы оборудования;
- последовательность и стилистическая грамотность составления последовательности выявления причины и способов устранения неисправностей;
- достаточная полнота и обоснование методов предотвращения появления возможных неисправностей;
- достоверность и наглядность программной настройки аппаратных компонентов компьютерной системы;
- выводы по результатам работы;
- соблюдение стандартов при оформлении материала;
- достаточная полнота и формулировка ответов на собеседовании.
- сдача в установленные сроки.

Работа, сделанная не по своему варианту или копирующая работу другого обучающегося, не засчитывается вне зависимости от качества её выполнения.

2 Содержание заданий

2.1 Перечень тем рефератов

Введение

Этапы развития компьютерных систем

Раздел 1. Компоненты компьютерной системы

Корпуса с улучшенными характеристиками
Отрицательное напряжение в блоке питания
Поколения чипсет
Тестирование быстродействия процессора
Увеличение объёма оперативной памяти
Графическая API
Трёхмерный звук
Сетевые адаптеры для беспроводной передачи данных

Раздел 2. Конфигурирование компьютерной системы

Минимальная конфигурация
Перепрошивка BIOS

Раздел 3. Модернизация компьютерной системы

Конфликты при установке оборудования
Ограничения разгона компьютерной системы
Особенности работы фоновых программ

Раздел 4. Операционные системы

Критерии выбора операционной системы
Правила определения разрешений доступа в операционной системе
Настройка интерфейса операционной системы

Раздел 5. Техническое обслуживание

Программы поддержания работоспособности компьютерной системы
Микродиагностика

Раздел 6. Программные неисправности

Деструктивное влияние компьютерных вирусов
Библиотеки DLL

Раздел 7. Аппаратные неисправности

Рекомендации по эксплуатации периферийных устройств

Раздел 8. Обслуживание и ремонт портативных компьютеров

Особенности форм-фактора портативного компьютера
Док-станция

Раздел 10. Обслуживание компьютерных сетей

Рекомендации по эксплуатации сетевого оборудования

2.2 Проект

Проект выполняется по индивидуальным заданиям, которые содержат наименование конкретного средства вычислительной техники.

В процессе выполнения проекта необходимо:

- описать конструкцию и принцип работы оборудования;
- выполнить анализ периодичности и материально-технического обеспечения технического обслуживания оборудования;
- выбрать подходящие методы диагностирования аппаратных компонентов;
- разработать таблицу описания возможных неисправностей оборудования и способов их устранения;
- определить меры, предотвращающие появление неисправностей в работе оборудования;
- описать особенности программной настройки оборудования.

3 Список рекомендуемых источников

Основные источники

1 Новожилов, О. П. Архитектура компьютерных систем в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 276 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10299-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456521>

2 Новожилов, О. П. Архитектура компьютерных систем в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 246 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10301-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456522>

Дополнительные источники

1 Гребенников, В. Ф. Архитектура средств вычислительной техники. Общие сведения об ЭВМ. Процессоры и устройства управления : учебное пособие / В. Ф. Гребенников, В. А. Овчеренко. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4003-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98695.html>

2 Сети и телекоммуникации : учебник и практикум для среднего профессионального образования / К. Е. Самуйлов [и др.] ; под редакцией И. А. Шалимова, Д. С. Кулябова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 363 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-0480-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456638>

Периодические издания

1 Системный администратор : [журнал]. - Москва, 2020

2 Программирование : научный журнал / учредители : ФГБОУ ВО МГУ им. М.В.Ломоносова, РАН, Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН. - Москва : Наука, 2020 - . - ISSN 0132-3474. - Текст : электронный // НЭБ eLibrary [сайт]. — URL: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7966

3 Информационно-управляющие системы : научный журнал / учредитель : ООО «Информационно[управляющие системы]». - Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, 2020 - . - ISSN 1684-8853. - Текст : электронный // НЭБ eLibrary [сайт]. — URL: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=25785

Интернет-ресурсы

1 ЭБС Юрайт. - Интернет- ссылка <https://urait.ru/>

2 ЭБС BOOK.ru. - Интернет- ссылка <https://www.book.ru/>

3 ЭБС Лань. - Интернет-ссылка <https://e.lanbook.com/>

4 ЭБС IPRBooks. - Интернет- ссылка <http://www.iprbookshop.ru/>

5 НЭБ eLibrary. - Интернет-ссылка <https://www.elibrary.ru/>

4 Критерии оценок

Оценка 5 «отлично» – работа оформлена аккуратно, в соответствии с требованиями. Тема изложена обстоятельно и с достаточной полнотой, даны точные определения, приведены необходимые примеры и наглядный материал. Даны правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка 4 «хорошо» – работа оформлена аккуратно, но допущены некоторые неточности, оказывающие влияние на внешний вид документа. Тема изложена с достаточной полнотой, но имеются единичные ошибки в формулировке понятий, наглядный материал приведён не в полной мере, отсутствуют необходимые примеры. Даны правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка 3 «удовлетворительно» – в оформлении допущены неточности и небрежность, оказывающие влияние на внешний вид документа. Изложение темы не соответствует настоящему времени, аргументированность суждений слабая, формулировка понятий нечёткая, в наглядном материале отсутствуют имеющие значение элементы, необходимые примеры отсутствуют. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя допущены ошибки.

Оценка 2 «неудовлетворительно» – работа оформлена небрежно. Изложение темы не соответствует настоящему времени, допущены неточности в формулировке понятий, приведён наглядный материал не по существу рассматриваемого вопроса или вообще не приведён, отсутствуют необходимые примеры. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя обнаружено незнание или непонимание большей части материала.

Романова Любовь Владимировна

**Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся
по междисциплинарному курсу
МДК.03 Техническое обслуживание и ремонт
компьютерных систем и комплексов**

для обучающихся по специальности
09.02.01

Ответственный за выпуск: Романова Л.В.

Минобрнауки России

ФГОУ ВО «Тульский государственный университет»

Технический колледж им.С.И.Мосина



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине

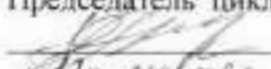
Безопасность жизнедеятельности

специальности 09.02.01

Компьютерные системы и комплексы

Тула 2022

Утверждено:
на заседании цикловой комиссии
обще профессиональных дисциплин
Председатель цикловой комиссии

 Овчинникова А.Я.
«13» *сентября* 20 *11* г. протокол № *6*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА МЕТОДОМ СОМАТОГРАФИИ

1. Цель и задачи работы

Цель работы: выполнить эргономическую оценку организации рабочего места оператора системы СЧМ с точки зрения её соответствия антропометрическим характеристикам человека методом соматограмм.

Задачи работы: на примере рабочего места пользователя персонального компьютера научиться строить соматограммы рабочего места, оценивать соответствие организации рабочего места требованиям эргономики, разрабатывать рекомендации по улучшению эргономических показателей рабочего места.

2. Общие положения (теоретические сведения)

Соматография – это технико-антропометрический анализ статики и динамики рабочих поз человека, заключающийся в совместном изображении человеческого тела и элементов технического устройства в ортогональных плоскостях методами технического черчения.

Под рабочей позой понимается расположение кинематических звеньев тела в рабочем пространстве в ходе выполнения операций контроля и управления. Рабочая поза зависит от размещения средств контроля и управления относительно оператора и в этой связи может быть удобной или неудобной. Степень удобства рабочей позы определяется соматическими и биомеханическими возможностями человека при данном размещении названных средств. И наоборот, удобное размещение средств контроля и управления определяет правильную рабочую позу. В этой связи существенной характеристикой рабочего места является сенсомоторная доступность (достижимость) средств контроля и управления зрительному (слуховому) восприятию и моторным воздействиям оператора. Оценка сенсомоторной доступности в разных рабочих позах определяет удобство этих поз, а также удобство размещения средств на рабочем месте. Таким образом, *соматография имеет целью охарактеризовать рабочие позы совместно с размещением средств контроля и управления на рабочем месте как удобные или неудобные путем оценки сенсомоторной достижимости этих средств.*

Основным приемом соматографии является схематическое изображение человеческого тела совместно со средствами и орудиями труда (индикаторы, органы управления, пульты, табло) в виде проекций рабочего пространства на ортогональные плоскости (вид сбоку, сверху, сзади). Такие изображения называются соматограммами. Соматограмма может отображать отдельную рабочую позу в статике или несколько рабочих поз в динамике.

При схематизации человеческого тела используют объемные и палочковые муляжи. Объемные муляжи необходимы при соматографии оператора в специальной рабочей одежде. Палочковые муляжи достаточный в остальных случаях, причем вместо муляжа, обычно используют его схему на соматограмме. Палочковую схему тела человека строят из элементов, изображенных на рис. 1, в масштабе 1:10. Размеры элементов палочковой схемы человека для отечественной популяции представлены в табл. 1, где понятиям низкий, средний, высокий соответствует рост, см:

	низкий	средний	высокий
мужчины	156	168	180
женщины	145	156	168

Требования к рабочему месту пользователя персонального компьютера (ПЭВМ) с учетом критерия сенсомоторной досягаемости средств контроля и управления установлены нормативным документом СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, основные из которых приведены ниже.

*Требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
к рабочему месту пользователя ПЭВМ*

высота стола	680-800 мм
размеры столешницы	1400*800 мм
высота свободного пространства для ног	не менее 600 мм
ширина свободного пространства для ног	не менее 500 мм
глубина свободного пространства для ног	не менее 650 мм
высота поверхности сидения стула	400-550 мм
ширина сидения стула	не менее 400 мм
глубина сидения стула	не менее 400 мм
высота опорной поверхности спинки стула	не менее 300 мм
ширина опорной поверхности спинки стула	не менее 380 мм
угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов	

Экран ВДТ должен располагаться в пределах 600-800 мм от глаз пользователя, а уровень верхней кромки экрана ВДТ – на уровне лба.

Угол наклона клавиатуры должен регулироваться в пределах, позволяющих кистям рук находиться в плоскости, параллельной столешнице.

Расстояние от края столешницы до оси тела человека должно быть не менее 150-200 мм.

Рабочий стул должен быть снабжен подъемно - поворотным устройством, обеспечивающим регулицию высоты сидения и спинки. Его конструкция должна предусматривать также изменение угла наклона спинки и наличие подлокотников. Конструкция спинки стула должна быть такой, чтобы поддерживать спину пользователя.

На рабочем месте необходимо предусматривать подставку для ног на случай, если высота стула не позволяет доставать ногами пол. Его высота – 50-150 мм.

Желательно соблюдать также углы между частями тела пользователя, которые должны быть близкими к 90 градусам.

В настоящее время на практике реализуются несколько вариантов рабочих мест, оборудованных ПЭВМ. В работе предлагаются два из них: специализированное типовое рабочее место оператора с выдвижной клавиатурой и рабочее место на базе обычной офисной мебели. На рис. 2 – 5 приведены соматограммы рабочего места пользователя (* отмечены элементы, размеры которых могут существенно варьировать в зависимости от используемых элементов рабочего места).

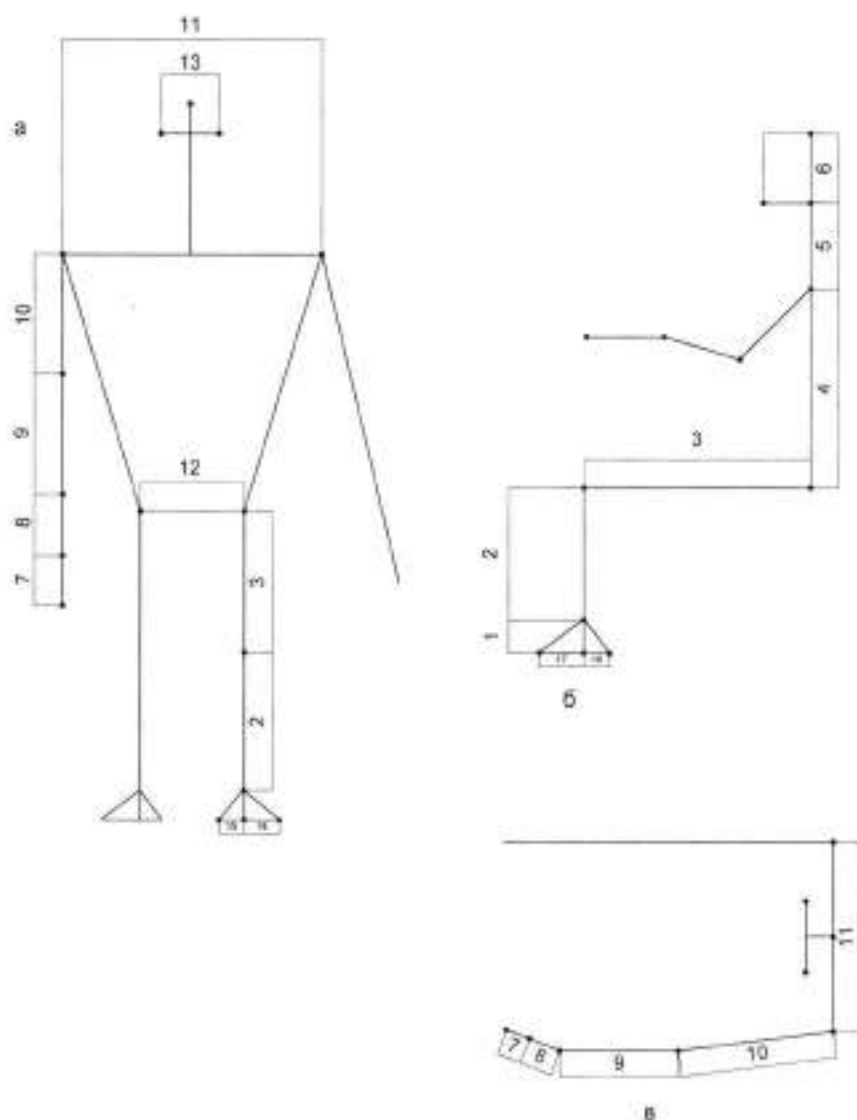


Рис. 1. Соматограмма человека при использовании палочковой схемы:

а – поза стоя, вид спереди;

б – поза сидя, вид сбоку;

в – поза стоя, вид сверху.

(цифры 1-19 расшифрованы в табл.1)

Таблица 1

Размеры элементов палочковых схем человека

Номер на рисунке	Название элемента	Усредненные размеры, мм					
		для мужчин			для женщин		
		низ.	ср.	выс.	низ.	ср.	выс.
1	Высота ступени	64	71	78	59	65	71
2	Длина голени	344	380	416	306	340	374
3	Длина бедра	407	450	493	388	430	472
4	Длина выпрямленного корпуса	448	472	496	424	446	464
5	Расстояние от плечевой точки до уровня глаз	180	184	192	171	177	183
6	Расстояние от уровня глаз до темени	118	121	124	105	109	113
7	Длина пальцев рук	85	94	103	81	90	99
8	Длина ладони	82	90	98	79	87	95
9	Длина предплечья	227	250	273	210	230	250
10	Длина плеча	290	320	350	265	290	315
11	Расстояние между плечевыми точками	343	379	415	318	349	380
12	Расстояние между тазобедренными точками	164	175	188	160	170	185
13	Расстояние между глазами	57	64	71	57	64	71
14	Расстояние от оси тела до глаз	79	84	89	69	76	84
15	Расстояние от оси ноги до внутренней стороны ступни	34	37	40	30	34	38
16	Расстояние от оси ноги до внешней стороны ступни	55	60	67	49	57	63
17	Расстояние от проекции лодыжки до носка	187	198	209	140	155	170
18	Расстояние от проекции лодыжки до пятки	54	56	62	40	45	50
19	Расстояние от тазобедренной точки до сиденья	84	114	144	82	114	146

3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Объект исследования - специализированное рабочее место человека-оператора.

Оборудование, материалы – измерительный инструмент (сантиметр) для замера антропометрических параметров тела человека и основных размерных показателей рабочего места.

4. Задание на работу (рабочее задание)

Провести эргономическое проектирование рабочего места, оборудованного ПЭВМ, в соответствии с исходными данными, представленными в табл. 2.

Антропометрические параметры тела человека принимаются по табл. 1.

Размеры элементов рабочего места принимаются по табл. 3.

5. Ход работы (порядок выполнения работы)

1. Для заданного преподавателем варианта выполнить постановку задачи.

2. Построить в масштабе 1:10

а) соматограмму рабочего места пользователя ПЭВМ;

б) наложить на полученную соматограмму другим цветом соматограмму человека.

3. Проанализировать соответствие параметров рабочего места антропометрическим характеристикам человека-пользователя и сделать заключение о выполнении эргономических требований при предложенной компоновке рабочего места.

Размеры элементов рабочего места следует считать соответствующими требованиям, если отклонение не превышает 10% от рекомендуемого значения.

4. В случае несоответствия рабочего места пользователя ПЭВМ эргономическим требованиям рекомендовать необходимые изменения в его организации.

Будьте внимательны!!! Не забывайте, что изменение размеров одних элементов рабочего места может повлечь за собой изменение размеров других элементов.

5. Построить в масштабе 1:10 новую совмещенную соматограмму рабочего места и человека с учетом рекомендованных изменений. Показать, что предложенный вариант отвечает перечисленным выше требованиям к рабочему месту пользователя ПЭВМ.

Таблица 2

Варианты заданий

Номер варианта	Оператор		Размеры стола, мм в д ш	Сиденье		Расположение клавиатуры
	Пол	рост		Тип	высота, мм	
1	ж	в	680*1000*800	кресло вр.	400	на столе
2	м	с	750*1300*900	табурет вр.	300	на столе
3	м	в	710*1400*800	стул	380	выдвижная
4	ж	н	700*1700*700	кресло	450	на столе
5	ж	с	740*1300*600	кресло вр.	400	выдвижная
6	м	н	690*1400*700	стул	430	на столе
7	м	с	670*1600*600	табурет	460	выдвижная
8	ж	в	750*1700*900	кресло	390	на столе
9	м	в	680*1400*650	стул	420	на столе
10	м	н	730*1000*500	кресло вр.	400	на столе
11	ж	в	700*1700*700	стул	430	выдвижная
12	ж	н	750*1300*900	кресло вр.	360	на столе
13	м	в	680*1000*800	стул	380	на столе
14	ж	с	690*1400*700	кресло	390	выдвижная
15	м	н	740*1300*600	табурет	420	на столе
16	ж	в	730*1000*500	кресло	450	на столе
17	ж	н	750*1700*900	стул	400	выдвижная

Номер варианта	Оператор		Размеры стола, мм			Сиденье		Расположение клавиатуры
	Пол	рост	в	д	ш	Тип	высота, мм	
18	м	с	710	1500	550	стул	430	выдвижная
19	м	в	670	1600	600	табурет	460	на столе
20	ж	в	700	1700	700	кресло вр.	400	на столе
21	ж	н	670	1600	600	табурет	460	на столе
22	м	н	700	1700	700	стул	430	выдвижная
23	ж	с	670	1600	600	табурет	420	выдвижная
24	м	в	730	1000	500	кресло	450	на столе
25	м	с	680	1000	800	стул	380	на столе

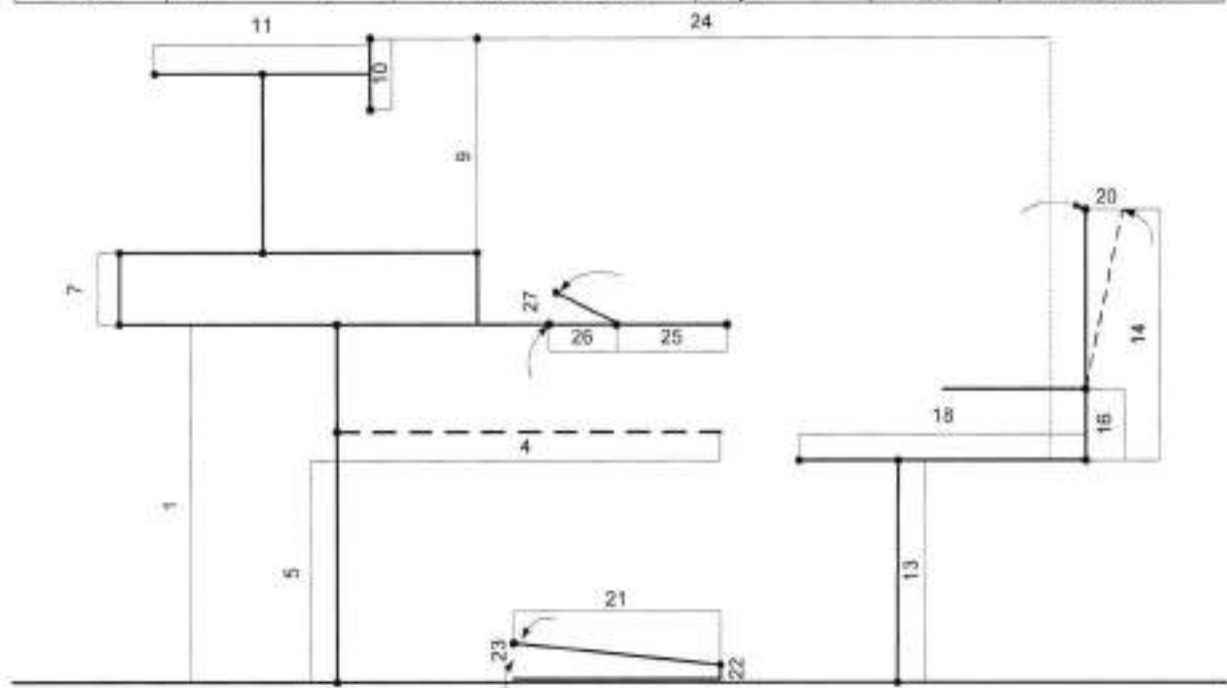


Рис. 2. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ (клавиатура на столе, вид сбоку)

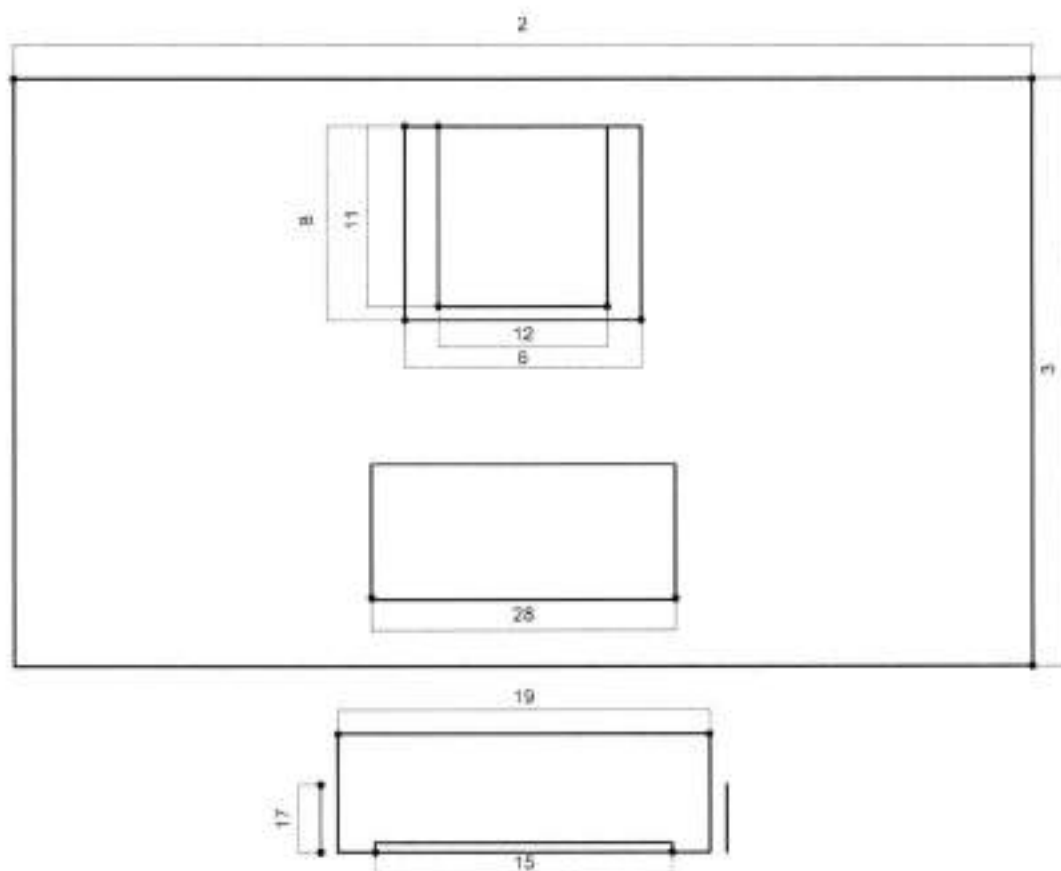


Рис. 3. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ
(клавиатура на столе, вид сверху)

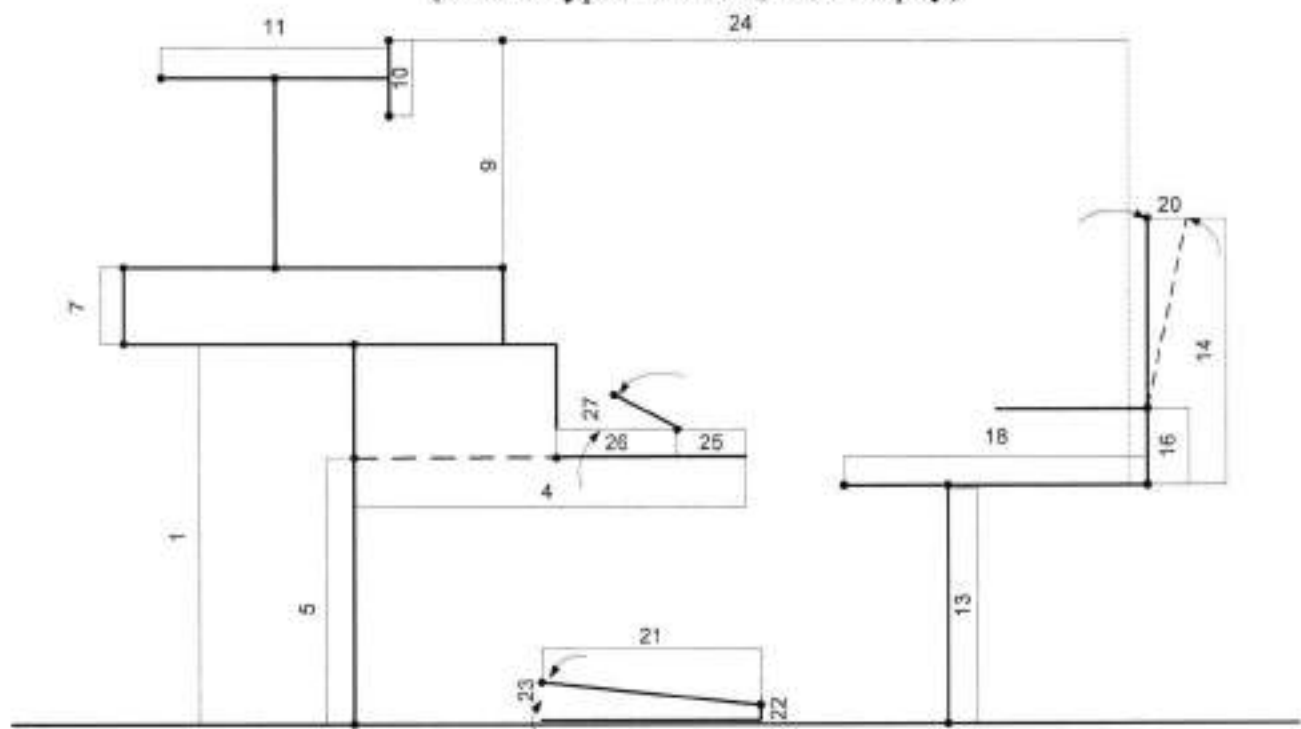


Рис. 4. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ
(клавиатура выдвигаемая, вид сбоку)

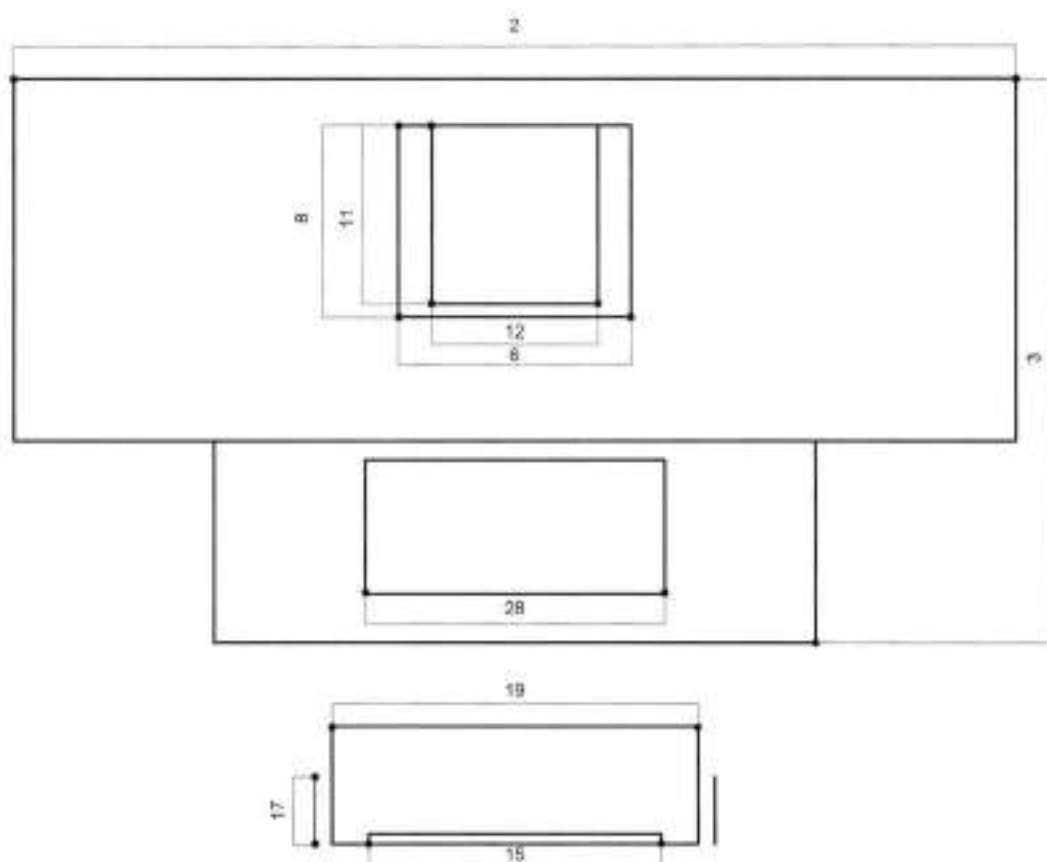


Рис. 5. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ
(клавиатура выдвигная, вид сверху)

Таблица 3

Размеры элементов палочковых схем рабочего места
пользователя ПЭВМ

Номер на рисунке	Название элемента	Размер, мм
1	Высота стола	720*
2	Длина столешницы	1600*
3	Ширина столешницы	900*
4	Глубина свободного пространства для ног	650
5	Высота свободного пространства для ног	600
6	Ширина системного блока	360
7	Высота системного блока	165
8	Длина системного блока	410
9	Высота монитора	360
10	Высота экрана монитора	220
11	Длина монитора	380
12	Ширина монитора	360
13	Высота поверхности сидения стула	450*

14	Высота спинки стула	400
15	Ширина спинки стула	380
16	Расстояние от сидения стула до подлокотника	210
17	Длина подлокотника	230
18	Глубина поверхности сидения стула	380
19	Ширина поверхности сидения стула	400
20	Угол наклона спинки стула, град.	10
21	Длина подставки для ног	300
22	Высота подставки для ног	50
23	Угол наклона подставки для ног, град.	10
24	Расстояние от экрана монитора до глаз человека	700
25	Расстояние от края стола до клавиатуры	150
26	Ширина клавиатуры	160
27	Угол наклона клавиатуры, град.	10
28	Длина клавиатуры	460
29	Высота выдвижной панели клавиатуры	100

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

название работы;

постановку задачи с исходными данными варианта;

совмещенную соматограмму рабочего места и человека в масштабе 1:10 для предложенного варианта рабочего места и выводы в соответствии его организации нормативным требованиям;

в случае выявленного несоответствия – рекомендации по изменению элементов рабочего места;

совмещенную соматограмму рабочего места и человека в масштабе 1:10 с учетом рекомендованных изменений и подтверждение (выделение цветом с проставлением размеров позиций 1,2,3,4,5,13,14,15,18,19,24 табл.2) соответствия рабочего места нормативным требованиям.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с методами расчета искусственного освещения в рабочих помещениях, на строительных площадках, на рабочих местах.

1. Основные теоретические сведения

При проектировании отдельных установок основное внимание уделяется созданию оптимальных условий для зрительной работы. С этой целью проводятся светотехнические расчеты, позволяющие определить рациональные световые решения в соответствии с действующими нормами и правилами.

Искусственное освещение проектируется общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (к общему добавляется местное).

Для освещения помещений, как правило, предусматриваются газоразрядные лампы низкого давления (ЛД, ЛБ, ЛДЦ), лампы высокого давления (ДРЛ, металлогалогенные, натриевые). В случае невозможности или нецелесообразности применения газоразрядных ламп допускается применение ламп накаливания. Для освещения промышленных и строительных площадок, территорий населенных пунктов применяются прожектора заливающего света, газоразрядные лампы высокого давления.

При выборе типа ламп учитываются требования экономичности, безопасности обслуживания, правильности цветопередачи. Противопоказаниями для применения люминесцентных ламп являются увеличение высоты подвеса, усложнение доступа для обслуживания, температура окружающей среды. При наличии быстровращающихся деталей в светильниках местного освещения люминесцентные лампы не применяются во избежание стробоскопического эффекта.

Важным моментом проектирования искусственного освещения является выбор светильников, осуществляющих требуемое перераспределение светового потока лампы. Маркировка светильников включает в себя буквенные обозначения источников света, способа установки, основного назначения, мощности ламп и т. п.

Каждому светильнику за исключением светильников специального назначения и для установки на транспорте присваивается шифр. Структура шифра такова:

$$\boxed{1} \quad \boxed{2} \quad \boxed{3} \quad \boxed{4} - \boxed{5} \times \boxed{6} - \boxed{7} - \boxed{8},$$

где 1 – буква, обозначающая источник света, 2 – буква, обозначающая способ установки, 3 – буква, обозначающая основное назначение светильника, 4 – двузначное число, обозначающее номер серии, 5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых число 1 не обозначается и знак X не ставится), 6 – число, обозначающее мощность ламп в ваттах, 7 – трехзначное число, обозначающее номер модификации, 8 – обозначение климатического исполнения.

Буквы, обозначающие источник света: Н – лампы накаливания, Л – люминесцентные трубчатые лампы, Р – лампы типа ДРЛ (ртутные лампы высокого давления). Буквы, обозначающие способ установки: С – подвесные, П – потолочные, В – встраиваемые в подвесные потолки, Б – настенные. Буквы, обозначающие основное применение светильника: П – для промышленных предприятий, У – для наружного освещения, О – для общественных зданий, Р – для рудников и шахт, В – для бытовых помещений.

При выборе светильника учитывается его класс. К классу прямого света (П) относятся светильники, у которых доля светового потока нижней полусферы превышает 80%. Эти светильники используются при большой высоте подвеса и для создания локализованного освещения. В светильниках преимущественно прямого света (Н) поток нижней полусферы составляет 60-80%, рассеянного света (Р) – 40-60%, преимущественно отраженного света (В) – 20-40%, отраженного света (О) – менее 20%.

Светильники классов П и Н имеют более высокий КПД потока нижней полусферы. Их применение при общем освещении позволяет получить более высокие значения коэффициента использования светового потока.

Направленность излучения светильников определяется кривой силы света (КСС). В соответствии с ГОСТ 17677–82 светильники делятся на группы с типовыми формами КСС. Типовые КСС обозначаются: М – равномерная, Д – косинусная, Г – глубокая, К – концентрированная, Л – полуширокая, Ш – широкая, С – синусная (рис. 1).

Во взрывоопасных помещениях применяются стационарные взрывозащищенные светильники двух исполнений: взрывонепроницаемые (с маркировкой “В”) – тип ВЗГ и повышенной надежности против взрыва (с маркировкой “Н”) – типы НОГЛ, НОДЛ.

Например, светильник НСП01×100/ДОЗ-01. Светильник с лампой накаливания (Н), подвесной (С), прямого света (П), мощность лампы 100 Вт. Светильник РСП01×125/ДОЗ-07 – светильник ртутный с лампами типа ДРЛ, подвесной, прямого света серии 01, с мощностью лампы 125 Вт.

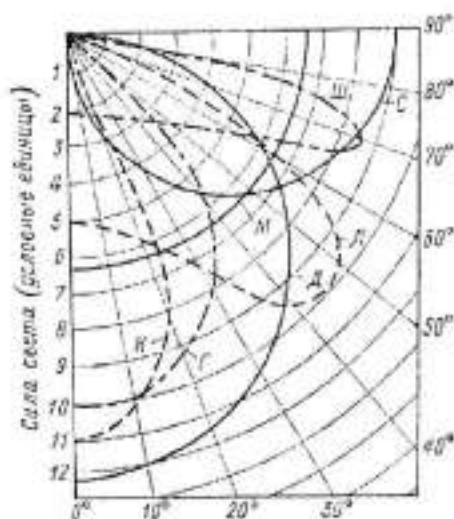


Рис. 1 Типовые кривые силы света

2. Выбор освещенности

Нормирование освещенности производится в люксах. Шкала нормированных значений освещенности выглядит так: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000.

Согласно СНИП 23–05–95 минимальные значения освещенности при искусственном освещении выбираются в зависимости от минимального размера объекта различения d (в мм) при расстоянии от предмета различения до глаз l менее 0,5 м или отношения d/l при $l > 0,5$ м, контраста объекта различения с фоном, характеристики фона и системы освещения. Все зрительные работы разделяются на 8 разрядов. Разряды I–V и VIII разделяются на подразряды. В разряде VIII деление на подразряды обусловлено характером наблюдения за ходом технологического процесса: а) постоянное, б) периодическое при постоянном пребывании людей в помещении и в) периодическое при периодическом пребывании людей в помещении. В разрядах I–V деление на подразряды обусловлено сочетанием качественных характеристик контраста и фона. Минимальные значения освещенности принимаются по табл. 1.

Таблица 1

Минимальные значения освещенности при искусственном освещении
по СНИП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	Р	%
						сего	в том числе от общего освещения			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	–	20	10
				Малый	Средний	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10
				Малый	Светлый	2500	300	750	20	10
				Средний	Средний	2000	200	600	10	10
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	–	20 10	10 10
				Малый	Средний	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10
				Малый	Светлый	2000	200	500	20	10
				Средний	Средний	1500	200	400	10	10
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15
				Малый	Средний	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15
				Малый	Светлый	750	200	300	40	15
				Средний	Средний	600	200	200	20	
			г	Большой	Светлый	400	200	200	40	
				Большой	Светлый					
				//	Средний					
				//	Средний					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Средней чности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20
			б	Малый	Средний	500	200	200	40	20
				Средний	Темный	500	200	200	40	20
			в	Малый	Светлый	400	200	200	40	20
Средний	Средний	Темный								
г	Средний	Светлый	//	-	-	200	40	20		
Большой	Средний									
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20
			б	Малый	Средний	-	-	200	40	20
				Средний	Темный					
			в	Малый	Светлый	-	-	200	40	20
Средний	Средний	Темный								
г	Средний	Светлый	//	-	-	200	40	20		
Большой	Средний									
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20
Общее наблюдение за ходом производ-		VIII	а	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20

ственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении общее наблюдение за инженерными коммуникациями		б	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	75	40	20
		в	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	50	–	–
		г	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	20	–	–

При использовании ламп накаливания нормированное значение освещенности E_n следует снижать на одну ступень: в системах комбинированного освещения при $E_n > 750$ лк, в системах общего освещения для разрядов I–V и VIII, при этом освещенность, создаваемая лампами накаливания, не должна превышать 300 лк. Для разрядов VI и VIII значения E_n снижаются на две ступени.

Величину $E_{н}$ следует повышать на одну ступень:
 если работа I–IV разрядов выполняется в течение полной смены;
 при повышенной опасности травматизма;
 при работе и производственном обучении подростков, если $E_{н} < 300$ лк для систем общего пользования.

При работе со светящимися объектами размером менее 0,5 мм их следует относить к подразряду “в” соответствующих разрядов.

В системах комбинированного освещения доля общего освещения должна составлять не менее 10% от $E_{н}$. При этом значение максимальной и минимальной освещенности от светильников общего освещения должны составлять соответственно 750 и 150 лк для люминесцентных ламп, 300 и 50 лк – для ламп накаливания.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, определяется по табл. 2.

Таблица 2

Значения освещенности, создаваемой светильниками общего искусственного освещения в системе комбинированного освещения

Разряд зрительной работы	Освещенность, лк	
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания
Ia	600	300
Iб, IIa	500	300
Iв, IIб	400	300
Iг	200	150
IIв, IIIa	300	200
IIг, IIIб,		
IIIв, IIIг,		
IV, Va, Vб	200	100

3. Светотехнические расчеты

Светотехнические расчеты могут выполняться методами: методом коэффициента использования светового потока, точечным методом и др.

3.1. Расчет общего освещения методом коэффициента использования светового потока

Коэффициент использования светового потока η равен отношению светового потока, падающего на расчетную поверхность, ко всему потоку осветительной установки. Он определяется геометрией помещения, коэффициентами отражения потолка $\rho_{п}$, стен $\rho_{с}$, расчетной поверхности $\rho_{р}$, типом КСС источника света.

Геометрия помещения учитывается индексом помещения

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \quad (1)$$

где a и b – длина и ширина помещения, м;

h – расчетная высота (высота подвеса над расчетной поверхностью), м.

При расчете общего освещения следует выбрать тип КСС светильника, размещение по площади потолка и общее количество светильников (ламп). При большой расчетной высоте и малых значениях $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{с}}$ следует отдавать предпочтение КСС типа Г, К и Д. Для малых высот предпочтительнее светильники с КСС типа М и Л, создающие более равномерное освещение. Учитывая требования равномерности освещения, размещать светильники необходимо исходя из значений предельных отношений l/h , где l – расстояние между светильниками. Максимально допустимые значения l/h приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры КСС и относительного расположения светильников									
Тип КСС	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2
l_0	159,2	233,4	333,5	377,3	503,0	670,7	894	1192	1583
η	0	0,78	1,04	1,10	1,29	1,51	1,76	2,04	2,37
l/h	1,4	1,3	0,96	0,91	0,77	0,66	0,57	0,49	0,42

Значение коэффициентов использования в зависимости от характеристик помещения приведены в табл. 4.

Необходимый поток каждого светильника (лампы) определяется по формуле

$$\Phi = \frac{100 E S K_3 z}{N \eta}, \quad (2)$$

где E – нормативное значение освещенности, определяемое по табл. 1, 2;

S – площадь помещения, м^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока за счет запыленности светильника;

z – коэффициент неравномерности ($E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$);

N – число светильников (ламп);

η – коэффициент использования светового потока.

Величину z принимают равной 1,1 для люминесцентных ламп и 1,5 для ламп накаливания и ДРЛ. Величина K_3 для светильников с люминесцентными лампами выбирается равной 1,7 для литейного и плавильного производства, ковочных и полировочных изделий, 1,6 – для гальванических и модельных отделений, 1,5 – для цехов обработки металлов резанием, слесарных и разметочных отделений, 1,8 – для сварочных и окрасочных отделений.

Значения K_3 для светильников с лампами накаливания и ДРЛ снижают на 0,2 по сравнению с вышеуказанными значениями.

При выборе освещенности к разряду $I_{\text{в}}$ следует относить разметочные отделения, $II_{\text{б}}$ – полировальные работы, $III_{\text{а}}$ – слесарные и модельные отделения, сборочные цеха, $III_{\text{б}}$ – литейные цеха, $III_{\text{в}}$ – малярные отделения, $III_{\text{г}}$ – заготовительные отделения, $IV_{\text{а}}$ – плавильные отделения, $IV_{\text{в}}$ – диспетчерские пульты.

Рассчитав по формуле (2) световой поток лампы, в приложении 1, 2 выбирают ближайшую стандартную лампу. Допускается отклонение потока выбран-

ной лампы от расчетного до -10% и $+20\%$. В противном случае необходимо изменить планировку светильников. Определив тип лампы и ее мощность, в приложении 3-5 выбирают тип светильника. Для люминесцентных ламп общий поток светильника выбирается с учетом количества ламп. При выборе типа светильника необходимо учитывать требования их взрывоопасности.

Таблица 4

Значения коэффициентов использования светового потока в процентах

ρ_n	ρ_c	ρ_p	i	Тип КСС									
				М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2	
0,7	0,5	0,3	0,6	35	36	44	49	58	64	70	74	75	
			0,8	50	50	52	60	68	74	77	83	84	
			1,25	61	58	68	75	82	85	84	90	95	
			2	73	72	84	90	96	95	90	96	104	
			3	83	81	93	101	102	100	94	100	108	
			5	95	90	103	106	109	105	99	106	115	
0,7	0,3	0,1	0,6	26	28	33	42	48	57	62	65	67	
			0,8	36	40	43	52	60	66	69	73	75	
			1,25	46	49	56	69	73	76	76	81	84	
			2	56	59	74	78	84	84	81	86	93	
			3	67	68	80	73	90	83	84	89	97	
			5	80	74	46	76	94	91	85	90	100	
0,5	0,5	0,3	0,6	32	36	42	45	55	63	68	70	72	
			0,8	45	48	51	56	66	72	73	78	80	
			1,25	55	57	65	65	80	83	81	86	91	
			2	67	66	71	78	92	91	87	92	99	
			3	74	76	90	76	98	96	91	96	103	
			5	84	85	85	84	103	100	94	100	108	
0,5	0,3	0,1	0,6	23	27	33	41	48	57	62	64	68	
			0,8	36	40	42	48	58	65	68	73	74	
			1,25	45	48	52	64	72	75	74	80	84	
			2	56	55	69	76	83	83	81	86	92	
			3	65	65	75	70	86	86	83	88	93	
			5	75	73	86	88	93	90	85	90	99	
0,3	0,1	0,1	0,6	17	27	28	35	43	53	61	62	68	
			0,8	29	35	36	45	54	62	65	71	72	
			1,25	38	42	48	60	68	73	72	77	80	
			2	46	52	63	73	79	80	78	83	89	
			3	58	61	75	68	85	84	81	86	93	
			5	67	68	81	77	90	86	83	88	97	

3.3. Точечный метод.

Точечный метод применяется для расчета общего, местного и наружного освещения. освещенность точки может быть определена по формуле:

$$E = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (5)$$

где I_a – сила света в направлении луча,

$\cos \alpha$ – косинус угла наклона направления луча.

Выражение в числителе может рассматриваться как самостоятельная функция и при значениях высоты подвеса светильника $h=1$ м можно получить освещенность на условной плоскости, отстоящей от светильника на 1 м (рис. 4, 5). Если принять начальную силу света $I_0=100$ кд, то можно построить график условной горизонтальной освещенности для целого ряда светильников с различными типовыми КСС. Значения I_0 , h , I/h для типовых КСС приведены в табл. 3.

Суммарное действие ближайших светильников создает в контрольной точке освещенность $\sum \epsilon$. Действие остальных источников света учитывается коэффициентом $\mu=1,1 \dots 1,2$. Тогда для получения в данной точке заданной освещенности E световой поток каждого светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{1000 E K_z}{\mu \sum \epsilon}. \quad (6)$$

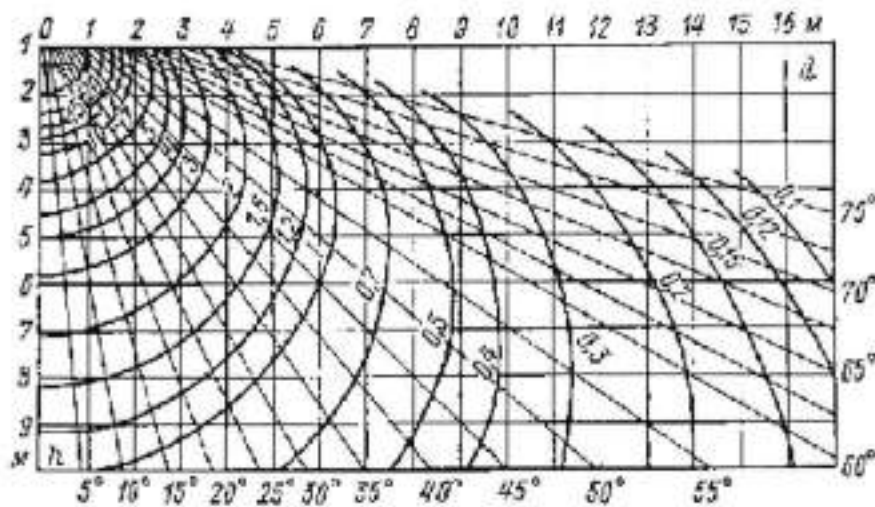


Рис. 4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности

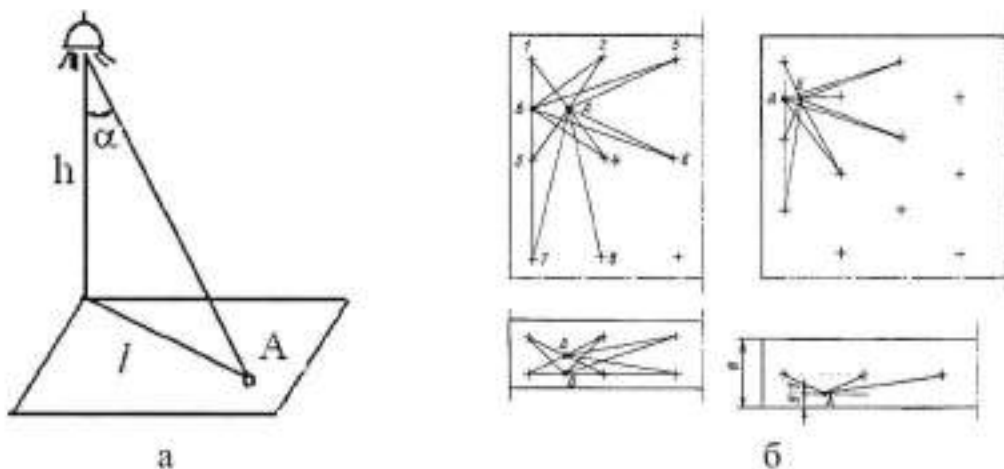


Рис. 5. Схема относительного расположения светильника и контрольной точки (а), то же на плане (б)

По величине Φ производится выбор светильника.

Формула (6) может быть использована для расчета освещенности E при известном Φ . Обычно в качестве контрольной точки при расчете общего освещения выбирают центр углового поля или середину его длинной стороны (точка А, Б на рис. 5б).

Точечный метод позволяет определить характеристики и провести выбор светильников местного освещения в системе комбинированного. В этом случае величина E в формуле (6) определяется как разность нормативной освещенности для комбинированного освещения (табл. 1) и освещенности, создаваемой светильниками общего освещения (табл. 2). Расчетная точка располагается на краю рабочего поля. Требование равномерности освещения достигается выбором рациональной высоты подвеса, исходя из типа КСС светильника местного освещения и отношения размера рабочей зоны к высоте l/h (табл. 3).

Пример расчета 2.

В помещении, часть которого показана на рис. 5б, требуется обеспечить освещенность $E=50$ лк при $K_3=1,3$. Светильники УПД подвешены на высоте 3 м. Размеры полей 6×4 м.

Расстояние d определяем обмером по масштабному плану, расчет сводим в таблицу 5.

Таблица 5

Точка	Номера светильников	Расстояние, d , м	Условная освещенность, лк		Сумма
			от одного светильника	от всех светильников	
А	1,2,3,4	3,6	5,6	22,4	
	5,6	6,7	0,4	0,8	
	7,8	9,2	0,1	0,2	$\sum E = 23,4$
Б	1,3	3	8,0	16	
	2,4	5	1,8	3,6	
	5,6	8,5	0,15	0,3	
	7,8	9	0,1	0,1	$\sum E = 20,0$

Наихудшей оказывается точка Б, по освещенности которой определяем необходимый поток, принимая $\mu=1,1$ (формула 6):

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{1,1 \cdot 20,0} = 2950 \text{ лм.}$$

По таблице Приложения 1 выбираем лампу 200 Вт.

При расчете наружного освещения линейными источниками (освещение полосы дороги, коммуникаций и т. п.) также может быть применен точечный метод с использованием пространственных изолюкс.

Пример расчета 3.

Полоса шириной $b=10$ м освещается установленными по ее краю на высоте 8 м светильниками СПО-2-200 с лампами 200 Вт, 2800 лм. Определить

пролет L , при котором на противоположном краю полосы создаются $E=0,5$ лк при $K_3=1,4$ (рис. 6).

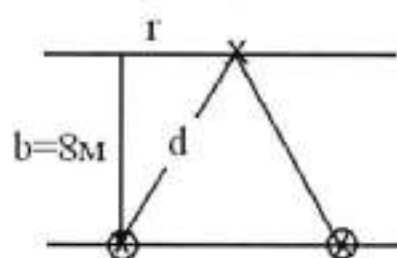


Рис. 6. Схема к примеру 3.

Из выражения (6) находим

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 1,4}{2800} = 0,25 \text{ лк.}$$

Контрольная точка на противоположной стороне полосы освещается по крайней мере двумя светильниками, следовательно, значение условной освещенности необходимо разделить пополам.

По графику на рисунке 4 находим, что значение $\varepsilon=0,125$ лк при высоте подвеса 8 м отвечает значению $d=17$ м. Значение d является гипотенузой в треугольнике, величину r находим по теореме Пифагора:

$$r = \sqrt{d^2 - b^2} = \sqrt{298 - 64} = 15 \text{ м.}$$

Следовательно, расстояние между опорами подвеса равно 30 м.

Приложение 1

Параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп

Лампы накаливания		Люминесцентные лампы	
Тип	Световой поток, лм	Тип	Световой поток, лм
Б 215-225-60	715	ЛДЦ	820
Б 215-225-100	1350	ЛД-20	920
Б 215-225-150	2100	ЛБ-20	1180
Б 215-225-200	2920	ЛДЦ-40	2100
Г 215-225-300	4610	ЛД-40	2340
Г 215-225-500	8300	ЛБ-40	3120
Г 215-225-1000	18600	ЛДЦ-80	3740
Г 215-225-1500	29000	ЛД-80	4070

Параметры ламп накаливания для светильников местного освещения

Тип	Световой поток, лм	Тип	Световой поток, лм
МО 12-15	200	МОЗ 36-40	350
МО 12-25	380	МОЗ 36-60	650
МО 12-40	620	МОЗ 36-100	1200
МО 12-60	850	МОД 12-25	270
МО 36-25	300	МОД 12-40	480
МО 36-40	600	МОД 12-60	810
МО 36-60	800	МОД 36-25	240
МО 36-100	1550	МОД 36-40	400
МОЗ 12-40	400	МОД 36-60	720
МОЗ 12-60	660	МОД 36-100	1380

Примечание. В маркировке ламп накаливания первые два числа обозначают диапазон напряжения, В; третье – мощность, Вт.

МОЗ – зеркальная лампа-светильник;

МОД – лампа-светильник с диффузным отражающим слоем.

Приложение 2

Лампы ртутные дуговые высокого давления

Тип	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм
ДРЛ-125	125	6000
ДРЛ-250	250	13000
ДРЛ-400	400	23000
ДРЛ-700	700	39000
ДРЛ-1000	1000	55000

Типы светильников и ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	Тип КСС светильника						
	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-3	Г-4	К-1
60	НСП 03	НПП 03	НПО 01	-	-	-	-
	КГО 20	НПО 16	-	-	-	-	-
	НБО 06	ПСХ	-	-	-	-	-
100	НСП 02	ВЗГ100А	НСП 01	-	-	-	-
	НПО 20	НПО 18	“Астра”	-	-	-	-
	НБО 06	НПО 30	ИСП 21	-	-	-	-
	НСП 18	ПП 07	-	-	-	-	-
	НСП 11	-	-	-	-	-	-
150	НСО 02	-	-	Н4БН150	-	-	-
	НПО 20	-	-	-	-	-	-
200	НСП 18	ППД	ВЗГ/В4А	НВО 07	НВО 04	-	-
	НСП 04	ВЗГ/В4А	НСП 21	-	-	-	-
	НСП 09	“	“	-	-	-	-
300	Н4В300М	СК300	-	НВО 087	НВО 04	-	-
	Н4Т2Н300	-	-	-	-	-	-
500	НСП 18	ППД	НСП 22	УПД	-	НСП 17	-
	НСП 11	-	-	УП 24	ССП 17	-	-
1000	-	-	НСП 22	УПД	-	ГС	ГК
1500	-	-	НСП 22	-	-	ГСУ	РСП 08

Типы светильников с люминесцентными лампами

Мощность лампы, Вт	Кол-во ламп в светил.	Тип КСС светильника				
		М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2
20	2	-	Л2010М	ЛПБ 10	-	-
	4	-	ЛПО 025	ВЛВ, ЛБОО5	-	-
40	1	Н4 Т5Л	ПВЛМ	-	НОГЛ	-
		НОДЛ	ЛСП 12	-	Н4 Т4Л	-
		РВЛМ	-	-	-	-
		РПЛ	-	-	-	-
	2	НОДЛ	ПВЛ 1, ПВЛП	ЛД, ОДР, ЛСП 02	НОГЛ	ЛСО 02, ЛСП 13
		Н4ТБЛ	ЛПО 09, Л2010М, ПВЛМ, ЛПО 025	УСП, ЛВО 03, ЛПБ 10	Н4Т4Л	-
	4	-	ЛПО 01	УСП, ЛВО 05	ЛВП 33, ЛВП 02, ЛВП 04, ЛВП 31	ЛСО 2, ЛПО 02, ЛВО 31
	6	-	-	-	-	ЛПО 02, ЛВО 31
80	1	Н4ТБ5Л	ПВЛМ, ЛСП 12	-	НОГЛ, Н4Т4Л	-
	2	Н4ТБЛ	ПВЛМ, ЛСП 12	ЛД, ОДР, ЛСПО2, УСП, ЛВО 03	НОГЛ, Н4Т4Л	-
	4	-	-	ЛВО 03, ЛВО 05	ЛВПО 02, ЛВП 31, ЛВП 04, ЛВП 33	ЛПО 02, ЛВО 31
	6	-	-	-	-	ЛПО 02

Приложение 5

Мощность лампы, Вт	Тип КСС светильника								
	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2
125	-	-	-	СД2, ДРЛ	РСП 18	-	-	-	-
250	ППР ДРЛ	-	ПШД ДРЛ	СД2ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	-	-	РСП 05 РСП 08	ЖСП 17	-	-
400	-	РСП 11	-	СД2 ДРЛ	РСП18	С3 РЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 05	ЖСП 01	-	-
	-	-	-	РСП 16	-	РСП 08	ЖСП 17	-	-
700	-	-	-	СД2 ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 05	ЖСП 17	-	-
	-	-	-	РСП 17	-	РСП 08	-	-	-
1000	-	-	-	СД2 ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 12	-	РСП 05	ЖСП 17	-	-
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 08	-	-	-

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА В ПОМЕЩЕНИИ. РАСЧЕТ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

Цель работы: выработать знания у студентов по оценке шумового режима в помещениях, выбору и расчету средств защиты от шума

1. Основные теоретические сведения

Уровни шума в помещениях обусловлены акустическими характеристиками источников шума, их количеством и размещением, акустическими свойствами помещений.

Основными характеристиками, используемыми в практике борьбы с шумами, являются:

для источников шума – уровни звуковой мощности, L_p , дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right),$$

где P – звуковая мощность источника, Вт; P_0 – пороговая звуковая мощность, равная 10^{-12} Вт;

для расчетных точек – уровни звукового давления, L_p , дБ, на тех же среднегеометрических частотах

$$L_p = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right),$$

где p – звуковое давление на рабочем месте, Па; p_0 – пороговое звуковое давление, равное $2 \cdot 10^{-5}$, Па.

Оценка звукового режима помещения проводится на основе расчетов ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках и сравнения их с допустимыми по нормам значениям. В качестве мер по снижению шума в помещениях могут быть предусмотрены акустические средства, включающие звукопоглощающие облицовки ограждающих конструкций зданий, звукоизолирующие конструкции (звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кожухи, кабины и др.)

В настоящей работе студентам предлагается выполнить акустический расчет:

ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке помещения; звукоизолирующего ограждения, звукопоглощающей облицовки.

2. Задание к работе

Дано. В рабочем помещении длиной A м, шириной B м, и высотой H м размещены источники шума – ИШ₁, ИШ₂, ..., ИШ_{*n*} с уровнями звуковой мощности L_1, L_2, \dots, L_n (рис. 1). Источник шума ИШ₁ с заключен в кожух. В конце цеха находится помещение вспомогательных служб, которое отделено от основного

цеха перегородкой с дверью площадью $S_{дв}=2,5 \text{ м}^2$. Расчетная точка находится на расстоянии r_1 от источников шума.

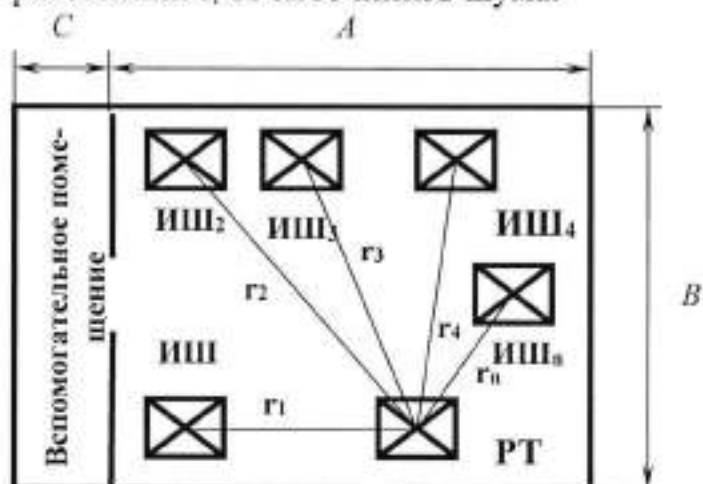


Рис. 1. Схема расположения оборудования – ИШ на участке и расчетной точки - РТ.

РАССЧИТАТЬ:

1. Уровни звукового давления в расчетной точке – РТ, сравнить с допустимыми по нормам, определить требуемое снижение шума на рабочих местах. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.1.

2. Звукоизолирующую способность перегородки и двери в ней, подобрать материал для перегородки и двери. Расчеты производить в соответствии с п. 3.2.

3. Звукоизолирующую способность кожуха для источника ИШ₁. Источник шума установлен на полу, размеры его в а плане – (а x b) м, высота – h м. Подобрать материал для кожуха. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.3.

4. Снижение шума при установке на участке цеха звукопоглощающей облицовки. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.4.

Акустические расчеты проводятся в восьми октавных полосах на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Однако, в связи с повторяемостью и трудоемкостью, расчеты в практической работе студенты проводят не по всем частотам, а по указанию преподавателя (2-3 частоты).

3. Методика расчетов

3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и требуемого снижения уровней шума

Если в помещении находится несколько источников шума с разными уровнями излучаемой звуковой мощности, то уровни звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц в расчетной точке следует определять по формуле

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{\chi_i \Phi_i \Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (1)$$

Здесь:

L – ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке, дБ;

χ – эмпирический поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения расстояния r от расчетной точки до акустического центра к максимальному габаритному размеру источника l_{\max} , рис. 2. Акустическим центром источника шума, расположенного на полу, является проекция его геометрического центра на горизонтальную плоскость;

$\Delta_i - 10^{0,1L_{pi}}$ – определяется по табл. 1;

L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

Φ – фактор направленности; для источников с равномерным излучением принимается $\Phi=1$;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку. В расчетах принять $S=2\pi r^2$, где r – расстояние от расчетной точки до источника шума;

Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 3) в зависимости от отношения постоянной помещения V к площади ограждающих поверхностей помещения $S_{огр}$. ($S_{огр}=S_{\text{пол}}+S_{\text{стен}}+S_{\text{потолка}}$);

V – постоянная помещения в октавных полосах частот, определяемая по формуле $V=B_{1000} \mu$, где B_{1000} – постоянная помещения на частоте 1000 Гц, м^2 , определяемая в зависимости от объема и типа помещения на частоте 1000 Гц (табл.2); μ – частотный множитель, определяемый по табл.3.;

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке, для которых $r_i < 5r_{\min}$, где r_{\min} – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

n – общее количество источников шума в помещении с учетом коэффициента одновременности их работы.

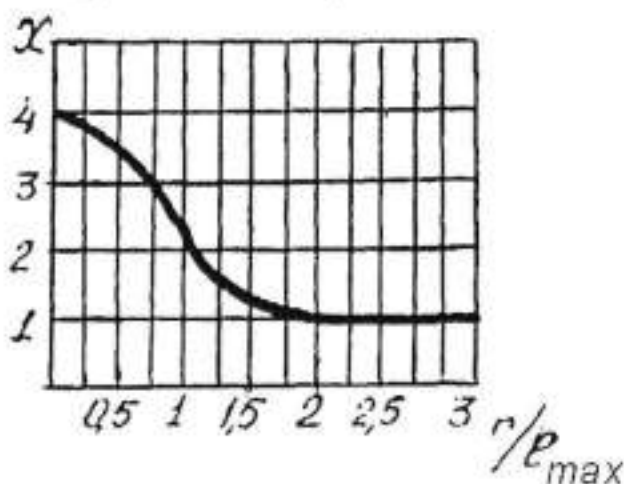


Рис. 2. График для определения коэффициента χ

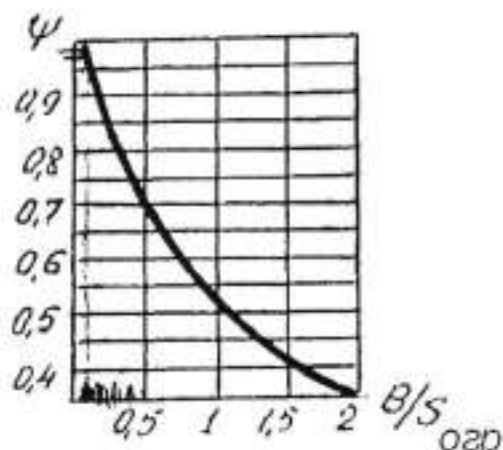


Рис. 3. График для определения коэффициента ψ

Таблица 1

Определение величины $\Delta_i = 10^{0,11} p_i$

Десятки	Единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
4	$1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
5	$1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$
6	$1 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$
7	$1 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$
8	$1 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$
9	$1 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$
10	$1 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$
11	$1 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^{11}$
12	$1 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$8 \cdot 10^{12}$

Примечание: при пользовании таблицей величину L_{p_i} следует округлять до целых значений децибел.

Пример. Найти величину Δ_i для $L_i = 89,5$ дБ.

Решение: в столбце «Десятки» находим число 8, в строке «Единицы» находим число 9. Искомая величина $\Delta_i = 8 \cdot 10^8$

Таблица 2

Значение постоянной помещения V_{1000}

Характеристика помещения	$V_{1000}, \text{ м}^2$
небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.)	$V/20$
жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.)	$V/10$
большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории и т.п.)	$V/6$

ПРИМЕЧАНИЕ. V – объем помещения

Таблица 3

Значение коэффициента μ

Объем помещения, м^3	Значение μ на среднегеометрических частотах октавных полос							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,8	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
$V = 200 - 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке для восьми октавных полос следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{треб}} = L_{\text{расч}} - L_{\text{доп}} \quad (2)$$

где:

$\Delta L_{\text{треб}}$ – требуемое снижение уровней звукового давления, дБ;

$L_{\text{расч}}$ – полученные расчетом октавные уровни звукового давления, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимые по нормам октавные уровни звукового давления, дБ.

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (табл. 4).

Допустимые уровни шума на рабочих местах

Вид трудовой деятельности	Условия звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Предприятия, учреждения и организации								
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность.	71	61	54	49	45	42	40	38
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.	79	70	63	58	55	52	50	49
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа.	83	74	68	63	60	57	55	54
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.	91	83	77	73	70	68	66	64
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производстве и на территории предприятия.	95	87	82	78	75	73	71	69

3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок.

Звукоизолирующие ограждения, перегородки применяются для отдаления «тихих» помещений от смежных «шумных» помещений; выполняются из плотных, прочих материалов. В них возможно устройство дверей, окон. Подбор материала конструкций производится по требуемой звукоизолирующей способности $R_{\text{треб}}$, дБ, величина которой определяется по формуле

$$R_{\text{треб}} = L_{\text{сум}} - L_{\text{доп}} - 10 \lg V_{\text{и}} + 10 \lg S_{\text{г}} + 10 \lg m, \quad (3)$$

где:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{\text{р}_i}} - \text{суммарный октавный уровень звуковой мощности}$$

излучаемой всеми источниками и определяемый с помощью табл. 1;

$L_{\text{доп}}$ – допустимый октавный уровень звукового давления в изолируемой от шума помещении, дБ, табл. 4;

$V_{\text{и}}$ – постоянная изолируемого помещения, м²;

m – количество элементов в ограждении (сплошная перегородка – $m=1$, перегородка с окном или дверью – $m=3$).

Если звукоизолирующее ограждение включает окно, дверь, то требуемая звукоизолирующая способность $R_{\text{треб}}$ рассчитывается для каждого элемента. Материал конструкций выбирается по табл. 5 и 6.

Таблица 5

Звукоизолирующая способность стен, перегородок, дБ

Материал конструкции	Толщина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка с двух сторон	1 кирпич	36	41	44	51	58	64	65	65
	2 кирпича	45	45	52	59	65	70	70	70
Железобетонная стена	50 мм	28	34	35	35	41	48	55	55
	100 мм	34	40	40	44	50	55	60	60
	200 мм	40	42	44	51	59	65	55	55
Гипсобе-тонная плита	80 мм	-	28	33	37	36	44	44	42
Керамзито-бетонная плита	80 мм	-	33	34	39	47	52	54	-
Шлакобетонная панель	250 мм	-	30	45	52	56	64	64	-
Древ. стружечная плита	20 мм	-	23	26	26	26	26	26	23
Фанера	3 мм	7	11	14	19	23	26	27	26
	5 мм	9	13	17	21	25	28	26	29
	10 мм	13	17	21	25	28	25	29	23
Стеклопластик	3 мм	9	13	17	21	25	29	31	32
	5 мм	12	16	20	24	28	31	31	34
	10 мм	17	21	25	28	31	31	34	38
Стальн. панели с ребрами жесткости	1 мм	13	17	21	25	28	32	35	35
	3 мм	19	23	27	31	35	37	30	39
	5 мм	22	26	30	34	37	32	36	42
	10 мм	26	30	34	36	32	36	42	46

Таблица 6

Звукоизолирующая способность окон и дверей, дБ

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм 6 мм	Без уплотняющих прокладок	8	12	16	18	20	22	20	20
		12	18	18	20	23	25	25	25
Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками из резины	22	27	26	28	30	28	27	27
		27	33	33	36	38	38	38	38
Двойное остекление со стеклами толщиной 4мм и 7мм и воздушным зазором: 200 мм 300 мм	То же	-	27	36	42	47	49	55	55
		-	32	39	43	47	51	55	55
Обыкновенная филленчатая дверь	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	7	12	14	16	22	22	20	20
		12	18	19	23	30	33	32	32
Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	17	22	23	24	24	24	23	23
		12	27	27	32	35	34	35	35

3.3. Звукоизолирующие кожухи

Применяются для снижения уровней звуковой мощности отдельных, наиболее шумных источников. Кожухи полностью закрывают источник шума, изготавливаются из листовых материалов (сталь, дюралюминий и др.). Внутренние поверхности стенок кожуха обычно облицовывают звукопоглощающим материалом. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формулам:

для необлицованных кожухов

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\psi}{V} \right) - L_{\text{доп}} + 5; \quad (4)$$

для кожухов со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\psi}{V} \right) - L_{\text{доп}} + 5 - 10 \lg \alpha_{\text{обл}}; \quad (5)$$

где:

$L_{\text{доп}}$ – допустимые октавные уровни звукового давления, дБ;

$\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;

Остальные обозначения такие же, как в формуле (1).

Выбор материала кожуха следует производить от $R_{\text{треб}}$ по справочникам или табл. 7.

3.4. Звукопоглощающие облицовки.

Применяются для снижения интенсивности отраженных звуковых волн. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и в верхних частях стен помещения. Для достижения максимально возможного поглощения звука рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей.

Выбор звукопоглощающей облицовки (материал, конструкция, коэффициент звукопоглощения и т.д.) следует производить по данным табл. 8 в зависимости от требуемого снижения шума $\Delta L_{\text{треб}}$. При этом реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки $\alpha_{\text{обл}}$ должен иметь максимальные значения в тех октавных полосах частотного диапазона, где наблюдается наибольшее превышение ожидаемых уровней звукового давления над допустимыми значениями.

Таблица 7

Звукоизолирующая способность кожуха со стенками плоской формы, дБ

Конструкция	Толщина листа, мм	Размер листа, мм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стальной лист, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД – 17 – 58 толщиной 4 мм	0,7	2x2	20	24	28	33	37	39	42	45
Стальной лист, покрытие из минераловатных плит толщиной: 70 мм	1,5	1x1	-	20	26	35	39	40	46	48
Дюралюминиевый диск, покрытие из минераловатных плит толщиной: 80 мм 70 мм	2	2x2	20	15	20	28	36	43	50	53
	3	2x2	-	20	25	38	45	51	51	57
Стальной лист	1,2 – 2	2x2	26	23	28	33	38	44	48	30
		1x1	21	29	25	30	35	41	44	30
		0,5x0,5	18	25	31	29	33	37	40	30
		4x2	27	25	30	35	40	46	48	31
	3 – 4	2x1	22	30	28	33	37	42	44	31
		3x3	23	28	33	27	42	45	33	42
		2x2	28	25	30	35	41	44	33	42
		3x1,5	27	33	31	36	41	44	34	43
2x1	23	32	29	35	41	43	34	43		
Сплав	1,5x2	2x2	18	15	20	25	30	35	38	23
		1x1	15	21	17	27	27	32	35	22
		2x1	13	21	19	24	29	32	33	20

Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

Толщина звукопоглощающего материала, мм	Воздушный зазор, мм	Реверберационный коэффициент звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плиты ПА/О минераловатные акустические, размер 500x500 мм									
20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
20	50	0,02	0,03	0,42	0,93	0,90	0,79	0,45	0,20
Плиты «Акмигран» минераловатные размером 300x300 мм									
20	0	0,01	0,04	0,30	0,59	1	0,93	0,81	0,70
20	50	0,03	0,25	0,66	0,91	0,93	1	0,90	0,80
Маты из супертонкого волокна									
50	0	0,1	0,4	0,85	0,98	1	0,93	0,97	1
Супертонкое волокно с оболочкой из стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией									
100	0	0,9	0,66	1	1	1	0,96	0,7	0,5
Отходы капронового волокна, сетка из стеклоткани марки СЭ, покрытие из перфорированного металлического листа									
100	0	0,02	0,15	0,46	0,82	0,92	0,83	0,93	0,93
Плиты «Силакнор» размерами 450x450 мм									
45	0	0,10	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
«Винипор» полужесткий									
35	0	-	-	0,07	0,12	0,19	0,45	0,89	0,89
Теплоизоляционный материал									
25	0	0,10	0,12	0,21	0,44	0,77	0,90	0,92	0,90
	50	0,11	0,16	0,40	0,83	0,94	0,82	0,92	0,80
Плиты ПП – 80, ППМ, ПММ звукопоглощающие полужесткие									
30	0	-	0,08	0,30	0,64	0,89	0,95	0,83	0,73
	50	-	0,21	0,40	0,72	0,98	0,79	0,75	0,75
50	0	-	0,14	0,52	0,92	0,99	0,42	0,82	0,78
	50	-	0,20	0,61	0,90	0,94	0,92	0,78	0,76

Величина возможного максимального снижения уровней звукового давления в расчетной точке при применении выбранных звукопоглощающих конструкций определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{V_1 \Psi}{V \Psi_1}, \quad (6)$$

где:

V – постоянная помещения до установки в нем звукопоглощающей облицовки, m^2 ; определяется так же, как в формуле (1);

V_1 – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций, m^2 ; определение ее рассматривается ниже;

Ψ и Ψ_1 – коэффициенты, определяемые по графику на рис. 3, соответственно до и после установки звукопоглощающих конструкций.

Постоянную помещения V_1 следует определять по формуле

$$V_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (7)$$

где:

$A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}})$ – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей не занятых звукопоглощающей облицовкой, м^2 ;

α – средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей облицовки; определяется по формуле

$$\alpha = \frac{V}{(V + S_{\text{огр}})}; \text{ где } S_{\text{огр}} - \text{общая площадь ограждающих поверхностей поме-}$$

щения, м^2 ;

$S_{\text{обл}}$ – площадь звукопоглощающих облицовок, м^2 ;

ΔA – величина добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, м^2 ; определяется по формуле

$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}$, где $\alpha_{\text{обл}}$ – реверберационный коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки в октавной полосе частот; определяемый по табл. 8.

α_1 – средний коэффициент звукопоглощения помещения со звукопоглощающими конструкциями, определяемый по формуле

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{\text{огр}}}.$$

Выбранная звукопоглощающая облицовка будет обеспечивать необходимое снижение уровня шума в октавных полосах частот в том случае, если в результате расчетов получено $\Delta L_{\text{макс}} \geq \Delta L_{\text{треб}}$.

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать наименование работы, ее цель, исходные данные, расчеты, выводы по результатам расчетов. Результаты расчетов свести в таблицу 9.

5. Исходные данные для расчета

Работа выполняется по вариантам, которые согласовываются с преподавателем.

Уровни звуковой мощности источников шума выбирают по табл. 11 в соответствии с порядковыми номерами, указанными в табл. 10 по вариантам.

Исходные данные и результаты расчетов по варианту _____

Величина	Ссылка на рис., табл., формулу	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
		63	124	250	500	1000	2000	4000	8000

Расчет ожидаемых уровней звукового давления		
L ₁	табл. №11	
L ₂	табл. №11	
L ₃	табл. №11	
L ₄	табл. №11	
L ₅	табл. №11	
L	(1)	
L _{доп}	табл. №4	
ΔL _{треб}	(2)	
Расчет звукоизолирующей перегородки с дверью		
L _{сум}	(3)	
L _{доп}	табл. №4	
R _{перег}	(3)	
R _{двери}	(3)	
и т. д.		

Таблица 10

Варианты заданий уровней звуковой мощности источников шума.

Вариант	Номер источников шума из табл. 11	Вариант	Номер источников шума из табл. 11
1	27*, 1, 2, 3, 4	14	24*, 4, 8, 12, 16
2	28*, 5, 6, 7, 8	15	31*, 20, 23, 19
3	26*, 9, 10, 11, 12	16	32*, 3, 7, 11, 23
4	30*, 13, 14, 15, 23	17	25*, 2, 6, 10, 14
5	31*, 17, 18, 19, 24	18	30*, 9, 13, 17, 21
6	25*, 16, 20, 21, 25	19	32*, 4, 7, 12, 15
7	33*, 1, 5, 9, 13	20	33*, 3, 6, 11, 14
8	32*, 2, 6, 17, 21	21	27*, 2, 5, 10, 13
9	27*, 10, 14, 18, 22	22	28*, 13, 15, 18, 20
10	24*, 3, 7, 11, 15	23	29*, 1, 6, 11, 16
11	25*, 4, 8, 19, 23	24	30*, 4, 7, 10, 12
12	26*, 12, 16, 20, 24	25	33*, 8, 11, 13, 14
13	29*, 5, 7, 14, 19		

* – уровни звуковой мощности для источника шума ИШ₁

Уровни звуковой мощности оборудования L_{p_i} , дБ

№ по порядку	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	89	90	87	92	91	87	82	80
2	96	94	95	98	90	89	87	85
3	94	96	96	97	92	89	89	87
4	91	90	95	95	96	97	98	91
5	93	92	90	90	86	82	78	76
6	81	84	92	93	92	87	79	75
7	85	86	92	97	94	83	92	96
8	98	96	94	99	96	94	86	84
9	88	91	93	97	98	89	85	86
10	86	85	92	96	85	82	80	84
11	87	91	94	97	87	82	78	75
12	87	85	91	94	86	79	78	74
13	94	95	97	92	96	87	89	92
14	93	89	92	90	94	92	87	85
15	89	96	100	99	95	91	86	82
16	89	94	99	97	91	88	87	84
17	87	84	95	94	86	87	78	76
18	89	86	82	82	84	86	89	90
19	91	87	87	84	88	88	90	92
20	89	92	95	98	91	90	89	85
21	87	91	93	100	98	89	86	82
22	90	92	96	98	102	102	98	94
23	89	90	95	100	101	101	95	93
24	93	112	99	105	122	106	110	114
25	109	110	109	112	120	121	108	85
26	112	103	108	116	118	123	112	95
27	103	114	115	117	112	107	101	98
28	98	110	103	100	102	98	102	97
29	95	98	104	108	110	109	103	100
30	100	98	100	106	110	97	98	92
31	102	105	113	118	112	99	102	96
32	107	103	112	104	107	106	103	94
33	103	114	115	120	114	112	98	89

Габаритные размеры участка цеха, кабины, источника шума ИШ₁,
размещение оборудования

Ва- ри- ант	А, м	В, м	С, м	Н, м	Г ₁ , м	Г ₂ , м	Г ₃ , м	Г ₄ , м	Г ₅ , м	l _{шум} , м	а, м	б, м	с, м	А _к , м	В _к , м	Н _к , м
1	30	20	7	8	6	9	6,5	8	13	1,5	1,5	1,5	2	4	3	2,5
2	30	15	6	8	6	8	6	7	12	1,2	1,6	1,8	1,5	3	5	2,6
3	30	12	5	7	6	7	5	6	10	1,2	1,4	1,7	1,2	4	4	2,7
4	32	16	7	7	6,5	9	7	8	14	1,5	1,3	1,9	1,1	3	6	2,8
5	32	18	6	7	7	10	7,5	9	13	1,4	1,2	1,0	1,3	4	5	2,9
6	35	20	8	9	7,5	11	8	9,5	14	1,5	1,7	1,4	1,4	3	4	3,0
7	35	18	7	8	8	10	9	9	13	1,5	1,3	1,2	1,5	3	5	2,5
8	28	15	6	8	6	8	7	8	12	1,1	1,6	1,3	1,5	4	4	2,6
9	26	15	7	6	5	7	6	7,5	10	1,0	1,5	1,8	1,2	3	6	2,7
10	28	16	6	7	6,5	7,5	7	8	11	1,2	1,6	1,4	1,5	4	5	2,8
11	26	18	7	8	7	8	6	9	12	1,1	1,2	1,5	1,1	3	4	2,5
12	34	20	8	9	7	9	8	9,5	10	1,2	1,8	1,6	1,2	4	6	2,6
13	36	15	9	9	8	11	8,5	10	14	1,5	1,7	1,4	1,6	3	6	2,5
14	36	18	9	8	7	10	8	11	15	1,2	1,6	1,8	1,5	5	3	2,7
15	28	17	6	7	6	9	7	8	12	1,3	1,2	1,9	1,1	6	4	2,6
16	28	20	7	8	7	8	9	7	10	1,1	1,5	1,6	1,2	4	6	2,5
17	34	18]	9	10	8	10	9	11	14	1,3	1,6	1,7	1,3	3	5	2,7
18	34	22	8	9	9	11	10	9	15	1,4	1,4	1,5	1,6	5	3	2,8
19	29	17	7	8	6	8	7	8,5	13	1,2	1,3	1,8	1,2	3	4	2,8
20	32	19	6	9	7,5	12	8	9	12	1,3	1,2	1,7	1,5	4	4	2,0
21	45	22	7	9	7	8	9	10	13	1,4	1,6	1,3	1,6	4	5	2,5
22	35	24	9	9	8	9	10	9	14	1,5	1,7	1,4	1,4	4	6	2,8
23	29	16	5	8	6	8	6,5	7	12	1,3	1,2	1,2	1,7	5	3	2,9
24	31	17	7	9	7	9	7,5	8	11	1,2	1,3	1,4	1,8	5	6	2,5
25	32	18	6	7	6	8	7	9	12	1,1	1,5	1,6	1,3	6	3	3,0

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ТОКОМ В ТРЁХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Цель работы:

Ознакомиться с приёмами исследования опасности поражения током в трёхфазных сетях переменного тока напряжением до 1000 В и изучить технические способы защиты от такого поражения.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с общими сведениями.
2. Оценить согласно варианту (табл. 1) по величине тока, проходящего через тело человека, опасность прикосновения к фазе двух типов трёхфазных электросетей:

- четырёхпроводной с глухозаземлённой нейтралью
- трёхпроводной с изолированной нейтралью

В каждой сети рассмотреть с использованием эквивалентных схем по два случая прикосновения:

- с учётом сопротивления обуви ($R_{об}$) и пола ($R_{пол}$);
- без учёта сопротивления $R_{об}$ и $R_{пол}$ (принять их равными нулю) и сделать вывод о влиянии этих сопротивлений на степень поражение электрическим током.

3. Сравнить между собой трёхфазные электросети по степени опасности поражения человека током.

4. Ознакомиться и законспектировать сведения о причинах поражения электрическим током и технических способах и средствах защиты от поражения ими.

Общие сведения

Известно, что электрическая энергия удобнее и безопаснее любой из известных форм энергий. Однако и при её использовании существуют определённая вероятность поражения человека током.

Все случаи поражения человека током являются результатом замыкания электрической цепи через его тело, или, иначе говоря, результатом прикосновения человека к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение. Опасность такого прикосновения оценивается силой тока (I_h), проходящего через тело человека. Величину силы тока определяет закон Ома:

$$I_h = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где U - напряжение, под которое попал человек, В;

R - полное сопротивление участка цепи, элементом которой стал человек, Ом.

Из формулы (1) видно, что сила зависит от двух величин – напряжение и сопротивления. Такая зависимость подсказывает два главных подхода в обеспе-

чении безопасности человека от поражения током – снижение напряжения и увеличение сопротивления. Однако, это самые общие соображения.

Углубляясь же в анализ условий поражения человека током, можно отметить, что степень поражения человека электрическим током зависит от того:

- в какую электрическую сеть он включился;
- каким оказалось включение.

В системе энергоснабжения используются два вида электросетей:

- трёхфазная электросеть с глухозаземлённой нейтралью (4-х проводная);
- трёхфазная электросеть с изолированной нейтралью (3-х проводная).

Глухозаземлённой нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (2 – 8 Ом).

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая через аппараты, компенсирующие ёмкостный ток в сети, трансформатор напряжения или другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

Прикосновение (включение) к токоведущим элементам в трёхфазных сетях может быть однофазным и двухфазным.

Однофазное включение – это прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением.

При этом электрическая цепь тока, проходящего через человека, включает в себя, кроме сопротивления тела человека (R_h), также сопротивление пола ($R_{пол}$), сопротивление обуви ($R_{об}$) и заземление нейтрали источника тока (R_0).

В случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с глухозаземлённой нейтралью ток будет:

$$I_k = \frac{U}{R} = \frac{U_\phi}{R} = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}(R_k + R_{об} + R_{пол} + R_0)}, \quad (2)$$

где U_ϕ - фазное напряжение, В = 220;

U_Δ - линейное напряжение, В = 380;

$R_0 = 4$ Ом.

А в случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с изолированной нейтралью ток будет:

$$I_k = \frac{U_\phi}{R_k + R_{об} + R_{пол} + R_u/\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где R_u - сопротивление изоляции проводов.

Двухфазное включение - это одновременное прикосновение к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением. При этом человек находится под линейным напряжением, которое в $\sqrt{3}$ раза больше фазного. Такое включение наиболее опасно. Силу тока, проходящего через тело человека, определяют при этом соотношением:

$$I_A = \frac{U}{R} = \frac{\sqrt{3} \times U_{\phi}}{R_k} = \frac{U_{\lambda}}{R_k}, \quad (4)$$

где, обозначения те же.

Задачи

№ 1. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к незаземленным токоведущим частям трёхфазной электросети с глухозаземлённой нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. После расчётов сделать вывод об их влиянии на степень поражения электрическим током.

№ 2. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к незаземленным токоведущим частям электросети с изолированной нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. По результатам расчётов сделать вывод о влиянии сопротивлений пола и обуви на степень опасности поражения током, а также сравнить по степени электробезопасности оба типа электросетей.

Таблица 1

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление тела человека, R_h (кОм)	1.2	0.9	1.1	1.0	1.3	0.8	0.9	1.25	1.5	1.35
Сопротивление изоляции проводов, R_w (кОм)	500	700	600	550	750	800	900	1200	850	1000
Сопротивление пола $R_{пол}$ (кОм)	1.4	1.6	2.2	2.0	1.8	1.5	2.5	2.4	3.0	3.5
Сопротивление обуви, $R_{об}$ (кОм)	1.5	7.5	5.5	6.0	2.5	3.0	4.0	1.9	5.0	4.8

Основные причины поражения человека электрическим током

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям электроустановки.
2. Прикосновение к незаземлённым корпусам машин и трансформаторов с повреждённой изоляцией.
3. Несоблюдение правил технической эксплуатации электроустановок.
4. Работа с неисправными ручными электроинструментами.

5. Работа без защитных изолирующих и предохранительных приспособлений.

6. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате обрыва токонесущего провода.

Технические способы защиты от поражения электрическим током.

1. **Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Суть заземления заключается в том, что все конструкции из металла, могущие оказаться под напряжением, соединяют с заземляющим устройством через малое сопротивление. Это сопротивление должно быть во много раз меньше, чем сопротивление человека ($R_{\text{ч}} = 1000$ кОм). В случае замыкания на корпус аппарата основная часть тока пройдёт через заземляющее устройство.

2. **Защитное зануление** - это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое электрическое соединение превращает всякое замыкание токоведущих частей на землю в однофазное короткое замыкание, а это обеспечивает срабатывание «защиты» (предохранителей, автоматов и пр.), отключение повреждённой установки от питающей сети.

3. **Защитное отключение.** При нём используют реле напряжения, соединённое с металлическими нетоковедущими частями оборудования, которые могут оказаться под напряжением. При замыкании фазы на корпус, при снижении сопротивления изоляции фаз или при появлении в сети более высокого напряжения происходит автоматическое отключение электроустановки от источника питания.

4. **Выравнивание потенциалов.** Для этого снижают напряжение (сближают потенциалы) между точками электрической цепи, к которым человек может прикоснуться и на которых может стоять.

5. **Малые напряжения** (не более 420 В) уменьшают опасность поражения человека электрическим током. Их используют для питания электроинструмента, светильников местного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

6. **Электрическое разделение сети.** Сеть разделяют на отдельные, не связанные между собой участки, с использованием отдельных трансформаторов (на каждый электроприёмник свой трансформатор). Эти трансформаторы электроприёмники от общей сети и, следовательно, предотвращают воздействие на них токов утечки, замыканий на землю. Тем самым исключаются условия, которые могут привести к электротравме.

7. **Изоляция** - обеспечивает недоступность к токоведущим частям электроустановки. Исправная изоляция – основное условие электробезопасности. Однако в процессе эксплуатации изоляция подвергается воздействиям, приводящим её к старению. Главное из них – нагревание её рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания или от посторонних источников. Нужен периодический контроль её состояния. Сопротивление изоляции не должно быть менее 0.5 мОм.

8. **Ограждение токоведущих частей** чаще всего предусматривается конструкцией электрооборудования. Корпуса, кожухи, щитки препятствуют случайным прикосновениям к ним. Голые провода, шины, открытые приборы и аппараты помещают в шкафы, ящики или закрывают сплошным или сетчатым ограждением (высотой 1,7 – 2 м).

9. **Блокировка** не позволяет открыть ограждения, когда электроустановка под напряжением и автоматически снимает напряжение при раскрытии ограждения.

10. **Сигнализация** световая и звуковая применяется в электроустановках в сочетании с другими мерами защиты от поражения электрическим током. Средства защиты при обслуживании электроустановок. К ним относятся: изолирующие штанги, измерительные и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки и инструменты с изолирующими ручками, а так же диэлектрические колпаки, галоши, коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности. Кроме перечисленных электробезопасных средств при необходимости применяются индивидуальные средства защиты (очки, каски, противогаз, рукавицы, предохранительные монтажные пояса, страховочные канаты).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1. Цель и задачи работы

Цель работы: ознакомиться с назначением, устройством и принципом действия средств пожарной сигнализации.

Задачи работы: изучить устройство, принцип действия и область применения различных типов огнетушителей.

2. Теоретические сведения

2.1. Общие положения

Горение – это физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, сопровождающийся выделением тепла и излучением света. Необходимым условием возникновения горения является наличие горючего материала, окислителя и теплового импульса.

Пожар – это неорганизованное и неуправляемое горение, в результате которого уничтожаются материальные ценности и создается угроза для жизни людей.

Опасными факторами, воздействующими на людей при пожаре, являются: открытый огонь; искры; повышенная температура воздуха, предметов и т.п.; токсичные продукты горения; дым: пониженная концентрация кислорода; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок; взрывы.

2.2. Пожарная связь и сигнализация

Электрическая пожарная сигнализация (ЭПС) – комплекс технических средств для обнаружения пожара и оповещения о месте его возникновения.

ЭПС состоит из четырех основных частей: 1) извещателей, устанавливаемых в цехах, отделениях, складах и т.п.; 2) приемной станции, находящейся в дежурной комнате пожарной команды; 3) линии связи; 4) источника постоянного тока для питания электросигнализации.

В зависимости от схемы соединения извещателей с приемной станцией ЭПС может быть лучевой (радиальной) или шлейфной (кольцевой).

В лучевой системе ЭПС каждый извещатель соединен с приемной станцией двумя проводами, образующими отдельный луч. При нажатии на кнопку одного из этих ручных извещателей или срабатывании автоматического извещателя на приемной станции возникает сигнал, указывающий номер луча, т.е. место пожара. Приемный аппарат (типа ТЛЮ-10) по устройству похож на телефонный коммутатор.

В шлейфной системе все извещатели соединены с приемной станцией последовательно одним общим проводником. При срабатывании извещателя, кроме звукового или светового сигнала тревоги, на ленте приемного аппарата записыва-

ется номер извещателя, время и дата поступления сигнала и производится автоматическая трансляция сигнала тревоги на центральную станцию. В случае возникновения повреждения в сети оно отмечается на станции особым сигналом. В последнее время значительно уменьшается производство установок пожарной сигнализации с ручным пуском, и из-за невысокой надежности прекратилось изготовление шлейфной системы ЭПС.

Пожарные извещатели представляют собой устройства для подачи электрического сигнала о пожаре на пункт охраны.

Выделяют следующие типы чувствительных элементов пожарных автоматических извещателей: *тепловые* – реагируют на повышение температуры (термоизвещатели); *световые* – реагируют на открытый огонь (искры, пламя); дымовые – реагируют на возникновение дыма.

Термоизвещатели по принципу действия делятся:

- максимальные – срабатывают при достижении контролируемых параметров (дыма, температуры, излучения) определенного значения;
- дифференциальные – реагируют на скорость изменения контролируемого параметра;
- максимально-дифференциальные – реагируют как на достижение контролируемого параметра заданной величины, так и на скорость его изменения.

2.3. Методы прекращения горения

Для прекращения горения должно быть обеспечено выполнение хотя бы одного из следующих условий:

- 1) изоляция очага горения от воздуха или снижение в воздухе концентрации кислорода путем введения в воздух негорючих газов;
- 2) охлаждение очага горения ниже температуры воспламенения (самовоспламенения);
- 3) интенсивное торможение (ингибирование) скорости химических реакций в пламени;
- 4) механический срыв пламени в результате воздействия на него струей воды или инертного газа.

2.4. Огнетушащие вещества

Огнетушащие вещества (ОВ) – это вещества, обладающие физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

В соответствии со способами прекращения горения огнетушащие вещества подразделяются на:

- охлаждающие,
- разбавляющие,
- изолирующие,
- ингибирующие.

Строго разделить огнетушащие вещества по этим признакам не представляется возможным, т. к. все они обладают комбинированным воздействием при наличии доминирующего свойства.

В настоящее время широко используются следующие огнетушащие вещества:

- вода,
- вода с добавками,
- пена (химическая или воздушно-механическая),
- огнетушащие порошки,
- углекислый газ,
- галоидированные углеводороды.

Вода – жидкость при температуре от 0 до 100 °С. Основным способом воздействия на горение – охлаждение. Обладает вторичным эффектом – при превращении в пар изолирует очаг пожара и снижает содержание кислорода в зоне горения.

Способы подачи: компактная или распыленная струя.

Вода с добавками. С целью улучшения свойств и повышения эффективности тушения в воду добавляют различные вещества. Для снижения поверхностного натяжения применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ): (пенообразователи, сульфанола и др.). Для повышения вязкости применяют загущающие добавки, например, натрий-карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ).

Пена – дисперсная система, состоящая из ячеек – пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Основным способом воздействия на горение – изоляция очага горения. Дополнительный – охлаждение за счет имеющейся воды.

По способу получения пены разделяются на химические и воздушно-механические. Химическая пена образуется в результате химической реакции между щелочной и кислотной частями заряда. Воздушно-механическая пена образуется в результате механического распыления раствора пенообразователя и его смешивания с воздухом в пеногенераторах

Пены разделяются по кратности (отношение объема пены к объему раствора, из которого она получена) на пены низкой кратности (до 10), средней (10-200), высокой (более 200).

Огнетушащие порошки – мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками. Основным способом воздействия на горение – ингибирование. Дополнительные эффекты: разбавление паров горючего топлива, создание условий огнепреграждения, охлаждение.

Огнетушащие порошки разделяются на порошки общего и специального назначения.

Огнетушащие порошки общего назначения применяются для тушения пожаров классов А, Б, С и электрооборудования под напряжением (за исключением ПСБ-3, который не предназначен для тушения пожара класса А).

Огнетушащие порошки специального назначения применяются для тушения пожаров горючих металлов. Способ воздействия – изоляция горячей поверхности от окружающего воздуха.

Углекислый газ – бесцветный газ без запаха и вкуса при 0 °С и 760 мм. рт. ст. Температура замерзания минус 56.6 °С. Критическая температура: минус 31 °С.

Основной способ воздействия на горение – разбавление парогазовоздушной смеси горючих паров и газов с воздухом (кислородом), дополнительный – охлаждение (твердый диоксид углерода).

Галогенированные углеводороды – вещества, основными компонентами которых являются бромистый этил, бромистый метил, дибромтетрафторэтан и др. Они состоят из атомов углерода, водорода, галогенов фтора, хлора, брома и йода. В практике пожаротушения применяются главным образом бромфторхлорпроизводные метана и этана, которые имеют промышленные названия *фреоны* или *хладоны*. Основной способ воздействия на горение – ингибирование, дополнительный – разбавление.

2.5. Огнетушители

Огнетушитель – это переносное или передвижное устройство для тушения очагов пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества.

Огнетушители подразделяются:

по способу транспортирования на:

- переносные (ручные и ранцевые),
- передвижные;

по виду огнетушащего вещества на:

- водные,
- пенные (воздушно-пенные и химические пенные),
- порошковые.
- углекислотные,
- хладоновые,
- комбинированные;

по способу создания избыточного давления:

- за счет сжатого газа, находящегося: а) в баллоне высокого давления; б) в корпусе огнетушителя (такие огнетушители получили название закачных);
- за счет сжатого газа, образующегося в результате химической реакции: а) компонентов газогенерирующего устройства; б) компонентов огнетушащего вещества (химические пенные огнетушители).

Огнетушитель состоит: из корпуса для хранения огнетушащего вещества или компонентов для его получения; устройства подготовки огнетушащего вещества и подачи его на очаг пожара; устройств, предохраняющих от превышения давления сверх допустимого и от случайного срабатывания; источника избыточного давления (сжатый газ может находиться в корпусе огнетушителя).

Общий принцип работы огнетушителей заключается в создании избыточного давления в корпусе (за исключением закачных), под действием которого огнетушащее вещество подается на очаг пожара.

Конструкция огнетушителя зависит от вида огнегасительного вещества и способа его вытеснения.

Огнетушитель химический пенный (ОХП-10): длина струи достигает 6 метров, продолжительность действия 60 с, масса огнетушителя – 14 кг, температурный режим эксплуатации: +5... +45 °С. Средний срок службы – 8 лет.

В качестве огнегасительного вещества в этом огнетушителе применяется химическая пена, получаемая в результате реакции взаимодействия щелочной и кислотной частей. После приведения огнетушителя в действие эти части заряда смешиваются, образуя большое количество мелких пузырьков углекислого газа, отделенных друг от друга тонкими пленками жидкости.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара, прочистить сливное отверстие гвоздиком (проволочкой).
2. Поднять рукоятку вверх и перекинуть до отказа.
3. Опрокинуть огнетушитель вверх дном и встряхнуть, направляя струю в огонь.

Особенности:

1. Замерзает и становится непригодным при температуре 0 °С.
2. Необходимо ежегодно перезаряжать.
3. Имеет невысокую огнетушащую способность.
4. Нельзя применять для тушения электроустановок под напряжением.
5. Следует предохранять от попадания прямых солнечных лучей и от действия нагревательных приборов.

Огнетушитель ОХП-10 уже снят с производства, но тем не менее такие огнетушители еще достаточно широко используются населением.

Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП-10): длина струи – 4 м, продолжительность действия – 45 с, масса огнетушителя с зарядом – 13 кг, температурный режим эксплуатации: +3...+ 50 °С. Эффективность действия в 2,5 раза выше, чем у ОХП-10. Средний срок службы – 8 лет

В качестве заряда в огнетушителях этого типа используется 5 %-ный раствор пенообразователя ПО-1, который в очаг пожара подается сжатым рабочим газом (диоксидом углерода, азота или воздухом), находящимся в баллоне внутри корпуса огнетушителя.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара.
2. Выдернув чеку, взять в руки шланг с насадкой и направить в огонь.
3. Нажать на спусковой рычаг (кнопку) и отпустить. Держать в строго вертикальном положении, *не переворачивать*.

Особенности:

1. Пенообразователь (комплект заряда) чувствителен к нефтепродуктам. Так при содержании в пенообразователе 1% керосина, бензина и т.п. пенообразующие свойства теряются.

2. Заряд обладает высокой коррозионной активностью.

3. Нельзя применять для тушения электроустановок под напряжением.

Огнетушитель углекислотный (ОУ-5): длина струи до 4,5 м, масса заряда –

3,5 кг, масса огнетушителя с зарядом – 13 кг, продолжительность действия – 15 с. Средний срок службы – 11 лет.

В качестве заряда в углекислотных огнетушителях применяют сжиженный диоксид углерода под давлением 7 МПа, заполняющий баллон на 3/4 объема, остальная часть заполнена газообразным диоксидом.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара.
2. Сорвать пломбу, выдернуть чеку, нажать на курок затвора (либо поднять рычаг кверху), затем повернуть маховичок вентиля до упора, одновременно направив в очаг пожара струю из раструба огнетушителя.

3. При тушении пожара огнетушитель держать строго в вертикальном положении, *не переворачивать*.

Особенности:

Необходимо соблюдать осторожность при выпуске заряда из раструба, т. к. температура его поверхности понижается до минус 60-70 °С.

На поверхности раструба может концентрироваться электростатическое напряжение, способное пробить диэлектрическую перчатку.

Предохранять от действия прямых солнечных лучей и нагревательных приборов.

Огнетушитель подлежит периодической проверке один раз в полгода на герметичность и соответствие веса паспортным данным. Если вес баллона ниже предусмотренного техническими характеристиками или истек срок освидетельствования баллона, он подлежит проверке и перезарядке на специализированной станции перезарядки и технического обслуживания

Огнетушитель порошковый (ОП-5, ОП-10, ОПУ-2): длина струи ОП-5 до 5 м, масса заряда ОП-5 – 5 кг, ОП-10 – 10 кг, время выброса ОП-5 – 15 с, ОП-10 – 20 с, ОПУ-2 – 8 с, температурный интервал эксплуатации: -40 ... + 50 °С. Средний срок службы в зависимости от марки и материала корпуса 5-10 лет.

Порошок из корпусов огнетушителей выбрасывается избыточным давлением рабочего газа (воздуха, азота, диоксида-углерода), находящихся в баллончике внутри огнетушителя.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожарам
2. Сорвать пломбу, выдернуть чеку.
3. Нажать на пусковой рычаг, направить на пламя.

Комбинированный огнетушитель (химический, воздушно-пенный ОХВП-10).

По своей конструкции, назначению и тактико-техническим параметрам аналогичен огнетушителю ОХП-10.

2.6. Тактические приемы применения огнетушителей

Успешное использование огнетушителей зависит от правильных тактических приемов применения. Переносные огнетушители содержат ограниченное количество огнетушащего вещества и, как правило, непрерывная подача производится в течение короткого промежутка времени; вследствие че-

го ошибки, допущенные при применении, исправить не представляется возможным.

Классификация пожаров приведена в Приложении 1.

Водные огнетушители применяются для тушения пожаров класса А.

Струю воды необходимо подавать в основание очага пожара, манипулируя насадком для охвата горячей поверхности; после того, как пламя сбито, можно приблизиться и продолжать манипулировать насадком и, подавая воду небольшими порциями, покрыть максимально возможную площадь, потушив отдельные очаги пожара.

После окончания тушения при наличии огнетушащего вещества следует продолжить подачу с целью охлаждения поверхности.

Пенные огнетушители применяются для тушения пожаров классов А и В.

При тушении пожаров класса А пену необходимо подавать так, чтобы создавался слой, покрывающий горящие поверхности.

При тушении пожаров класса В пена должна подаваться аккуратно, на горящую жидкость, которая при этом не разбрызгивается.

При тушении жидкости в емкости в первоначальный момент пену подают на задний внутренний борт, а затем с разных направлений, стремясь покрыть пеной всю площадь.

При тушении разлива подают струю на поверхность горения вокруг, создавая преграду для распространения огня.

Порошковые огнетушители применяются для тушения пожаров классов А (кроме огнетушителей с порошком ПСБ-3), В, С и электрооборудования под напряжением.

При тушении пожаров класса А огнетушащий порошок необходимо подавать в очаг пожара, перемещая струю из стороны в сторону с целью сбить пламя. После того как пламя сбито, надо приблизиться и покрыть все поверхности, горящего вещества и особенно отдельные очаги слоем порошка, подавая его прерывистыми порциями.

При тушении пожаров класса В струю порошка вначале подают на ближайший край, передвигая насадок из стороны в сторону для покрытия пожара по всей ширине. Подачу порошка производить непрерывно при полностью открытом клапане, передвигаясь вперед и не оставляя сзади и по бокам непотушенные участки, стремясь постоянно поддерживать в зоне горения порошковое облако.

При тушении пожаров класса С струю огнетушащего порошка необходимо направить в струю газа почти параллельно газовому потоку должна направляться непосредственно в источник пламени.

До начала тушения обесточить электрооборудование.

Углекислотные огнетушители применяются для тушения пожаров класса В и электрооборудования.

При тушении пожаров класса В раструб должен быть направлен в основание очага пожара, находящегося ближе всего к оператору. Во время тушения

оператору необходимо совершать движения раструбом из стороны в сторону, продвигаясь вперед.

При тушении электрооборудования тактика аналогична применению порошковых огнетушителей.

Хладонные огнетушители применяются для тушения пожаров класса В и электрооборудования.

Тактика их применения аналогична тактике применения углекислотных огнетушителей.

При применении всех типов огнетушителей необходимо соблюдать следующие общие правила безопасности:

- при обнаружении пожара подать сигнал тревоги и оповестить пожарную охрану;
- не проходить мимо пожара в поисках огнетушителя, так как тупиковое помещение может оказаться для вас ловушкой;
- при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением, необходимо, чтобы расстояние от электрооборудования до насадка (раструба) огнетушителя было не менее 1 метра;
- тушение производить с наветренной стороны;
- оставлять свободным путь эвакуации;
- при неудачном тушении немедленно покинуть помещение и ожидать помощи.

Ваше знание обстановки поможет пришедшим на помощь;

- при тушении одновременно несколькими огнетушителями не производить тушение струями огнетушащего вещества, направленными навстречу друг другу,
- после окончания тушения отход необходимо производить находясь лицом к очагу,
- при наличии запасного огнетушителя с огнетушащим веществом охлаждающего действия произвести обработку нагретых поверхностей с целью предупреждения повторного воспламенения.

Классификация пожаров по ГОСТ 27331-87

«Пожарная техника. Классификация пожаров»

Класс пожара	Символ класса пожара	Характеристика класса
A		Горение твердых веществ
B		Горение жидких веществ
C		Горение газообразных веществ (например, бытовой газ, водород, пропан)
D		Горение металлов
(E)		Горение электроустановок

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ (по ППБ-01-03)

1. При определении видов и количества первичных средств пожаротушения следует учитывать физико-химические и пожароопасные свойства горючих веществ, их отношение к огнетушащим веществам, а также площадь производственных помещений, открытых площадок и установок.

2. Асбестовые полотна, грубошерстные ткани и войлок размером не менее 1х1м предназначены для тушения небольших очагов пожаров при воспламенении веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха. В местах применения и хранения ЛВЖ и ГЖ размеры полотен могут быть увеличены (2 х 1,5; 2 х 2 м).

Каждое из перечисленных средств следует применять для тушения пожаров классов А, В, Д, (Е), из расчета одно на каждые 200 м² площади.

3. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009-83 бочки для хранения воды должны иметь объем не менее 0,2 куб. м и комплектоваться ведрами. Ящики для песка должны иметь объем 0,5; 1,0 и 3 куб. м и комплектоваться совковой лопатой по ГОСТ 3620 - 76.

4. Емкости для песка, входящие в конструкцию пожарного стенда, должны быть вместимостью не менее 0,1 м³. Конструкция ящика должна обеспечивать удобство извлечения песка и исключать попадание осадков.

5. Комплектование технологического оборудования огнетушителями осуществляется согласно требованиям технических условий (паспортов) на это оборудование или соответствующим правилам пожарной безопасности.

6. Комплектование импортного оборудования огнетушителями производится согласно условиям договора на его поставку.

7. Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара горючих веществ и материалов в защищаемом помещении или на объекте согласно ИСО № 3941-77:

класс А – пожары твердых веществ, в основном органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (древесина, текстиль, бумага);

класс В – пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ;

класс С – пожары газов;

класс Д – пожары металлов и их сплавов;

класс (Е) – пожары, связанные с горением электроустановок.

Выбор типа огнетушителя (передвижной или ручной) обусловлен размерами возможных очагов пожара. При их значительных размерах необходимо использовать передвижные огнетушители.

8. Выбирая огнетушитель с соответствующим температурным пределом использования, необходимо учитывать климатические условия эксплуатации зданий и сооружений.

9. Если возможны комбинированные очаги пожара, то предпочтение при выборе огнетушителя отдается более универсальному по области применения.

10. Для предельной площади помещений разных категорий (максимальной площади, защищаемой одним или группой огнетушителей) необходимо предусматривать число огнетушителей одного из типов, указанное в табл. 1 и 2 перед знаком «++» или «+».

11. В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должны размещаться не менее двух ручных огнетушителей.

12. Помещения категории Д могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 м².

При наличии нескольких небольших помещений одной категории пожарной опасности количество необходимых огнетушителей определяется согласно п. 17 и табл. 1 и 2 с учетом суммарной площади этих помещений.

14. Огнетушители, отправленные с предприятия на перезарядку, должны заменяться соответствующим количеством заряженных огнетушителей.

15. При защите помещений ЭВМ, телефонных станций, музеев, архивов и т.д. следует учитывать специфику взаимодействия огнетушащих веществ с защищаемыми оборудованием, изделиями, материалами и т.п. Данные помещения следует оборудовать хладоновыми и углекислотными огнетушителями с учетом предельно допустимой концентрации огнетушащего вещества.

16. Помещения, оборудованные автоматическими стационарными установками пожаротушения, обеспечиваются огнетушителями на 50 %, исходя из их расчетного количества.

17. Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 20 м для общественных зданий и сооружений; 30 м для помещений категорий А, Б и В; 40 м для помещений категорий В и Г; 70 м для помещений категории Д.

18. На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения.

Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале произвольной формы.

19. Каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен иметь порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заводят паспорт по установленной форме.

20. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезарядаться.

21. В зимнее время (при температуре ниже 1 °С) огнетушители необходимо хранить в отапливаемых помещениях.

22. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Их следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м.

23. Асбестовое полотно, войлок (кошму) рекомендуется хранить в металлических футлярах с крышками, периодически (не реже 1 раза в три месяца) просушивать и очищать от пыли.

24. Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории объектов должны оборудоваться пожарные щиты (пункты).

25. Использование первичных средств пожаротушения для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, не допускается.

Таблица 1

Нормы оснащения помещений переносными огнетушителями

Категория помещения (по НПБ 105-95)	Пределная защищаемая площадь, м ²	Класс пожара	Пенные и водные огнетушители вместимостью 10 л	Порошковые огнетушители вместимостью, л			Хладоновые огнетушители вместимостью 2(3)л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л	
				2	5	10		2	5 (8)
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	4+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	-	2+	1++	-	-	2++
В	400	А	2++	4	2+	1+	-	-	-
		Д	-	+	+	1++	-	-	2+
		Е	-	-	2+	1+	2+	4+	-
Г	800	В	2+	-	2+	1+	-	-	-
		С	-	4	+	1+	-	-	-
Г, Д	1800	А	2++	4	2+	1+	-	-	-
		Д	-	+	+	1++	-	-	-
		Е	-	2	2+	1+	2+	4+	2++
Общественные здания	800	А	4++	8	4+	2+	-	-	4+
		Е	-	+	+	2+	4+	4+	2++

Таблица 2

Нормы оснащения помещений передвижными огнетушителями

Категория помещения	Пределная защищаемая площадь, м ²	Класс пожара	Воздушно-пенные и огнетушители вместимостью 100 л	Комбинированные огнетушители (пена-порошок) вместимостью 100 л	Порошковые огнетушители вместимостью, 100 л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л	
						25	80
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		Е	-	-	1+	2+	1++
В (кроме горючих газов и жидкостей), Г	800	А	1++	1++	1++	4+	2+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		Е	-	-	1+	1++	1+

Примечания:

1. Для тушения очагов пожара различных классов порошковые огнетушители должны иметь соответствующие заряды:

для класса А – порошок типа АВСЕ;

для классов В, С и Е – типа ВСЕ или АВСЕ;

для класса Д – типа Д.

3. Знаком «++» отмечены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители; знаком «+» огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых или при соответствующем обосновании; знаком «-» огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

Таблица 3

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 – В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г невзрывопожароопасная	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д непожароопасная	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

3. Задание на работу

В отчете должны быть приведены данные о применяемых огнетушащих веществах с указанием основного и дополнительного тушащего эффекта и области применения каждого из них.

В соответствии с ППБ-01-03 (Приложение 2) определите количество огнетушителей для тушения возможного возгорания в помещении общественного здания площадью 180 м². Пожарная нагрузка – деревянные полы, хлопчатобумажные шторы, деревянные столы.

Подготовить письменные ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Что называется пожаром, горением?
2. Необходимое условие возникновения горения.
3. Системы электрической пожарной сигнализации.
4. Устройство лучевой и шлейфной ЭПС.
5. Достоинства и недостатки радиальной и кольцевой ЭПС.
6. Методы прекращения горения.
7. Огнетушащие вещества, область применения каждого из них.
8. Классификация огнетушителей по виду огнегасительного вещества.
9. Принцип действия огнетушителей: ОХП, ОВП, ОУ, ОП.
10. Классификация пожаров.
11. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ С ВЫБРОСОМ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ ЯДОВИТЫХ ВЕЩЕСТВ

1 Методика оценки химической обстановки.

Под химической обстановкой понимают масштабы и степень зараженности местности сильно действующими ядовитыми веществами (СДЯВ), оказывающие отрицательное влияние на деятельность объектов народного хозяйства, жизнедеятельность населения и окружающую среду. Оценка химической обстановки проводится с целью принятия необходимых мер и проведения наиболее целесообразных действий. Исключающих поражение людей. Исходными данными для оценки химической обстановки являются:

- тип и количество СДЯВ;
- условия хранения и характер выброса;
- метеоусловия (скорость ветра, температура воздуха, степень вертикальной устойчивости атмосферы);
- степень защищенности людей.

Оценка химической обстановки проводится методом прогнозирования с последующим уточнением прогноза химической разведкой.

Оценивая химическую обстановку, решают следующие задачи:

Определение площади зоны возможного и фактического заражения.

Определение продолжительности поражающего действия СДЯВ.

Определение возможных потерь людей, оказавшихся об очаге поражения.

При решении этих задач принимаются следующие допущения:

а) глубина зоны заражения в зависимости от физических свойств и агрегатного состояния СДЯВ рассчитывается для сжатых газов только по первичному облаку, для жидкостей - только по вторичному облаку, а для сжиженных - по первичному и вторичному облакам совместно;

б) расчет глубины зоны заражения ведется по пороговой токсодозе (за глубину зоны заражения принимается радиус пороговой зоны заражения);

в) при заблаговременном прогнозе за величину выброса СДЯВ принимается количество СДЯВ, хранящегося в наибольшей емкости, и наилучшие метеоусловия (скорость ветра, равная 1м/с, инверсия, температура воздуха 20°С);

г) при прогнозе обстановки после аварии принимаются конкретные данные о количестве выброшенного СДЯВ и реальные метеоусловия;

д) толщина слоя жидкости для СДЯВ, разлившихся свободно, принимается 0,05м;

е) толщина слоя жидкости для СДЯВ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется по формуле:

$$h = H - 0,2м,$$

где: Н - высота обваловки;

ж) при авариях на газо- и продуктопроводах величина выброса принимается равной максимальному количеству СДЯВ находящегося в трубопроводе между двумя автоматическими отсекающими (для аммиакопроводов $Q_0 = 275-500$ тонн);

з) предельное время правильности метеоданных, а, следовательно, и правильности прогноза - 4 часа.

Оценка химической обстановки проводится в следующей последовательности:

1.1 Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы.

Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию и конвекцию. При инверсии нижние слои воздуха холоднее верхних, что препятствует рассеиванию его по высоте и обеспечивает длительное сохранение высоких концентраций зараженного воздуха. Она наиболее характерна для пасмурной погоды. Изотермия также как и ин-

версия способствует длительному застою паров СДЯВ на местности, в лесу, и жилых кварталах населенных пунктов. Конвекция - это вертикальное перемещение слоев воздуха с одних высот на другие. Более тёплый воздух перемещается вверх, а более холодный - вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха, что способствует быстрому рассеиванию заражённого облака и уменьшению его поражающего действия. Степень вертикальной устойчивости атмосферы определяется по данным прогноза погоды с помощью следующей схемы.

Скорость ветра, (м/с)	НОЧЬ			ДЕНЬ		
	ясно	полужасно	пасмурно	ясно	полужасно	пасмурно
0,5...1,0	<i>инверсия</i>			<i>конвекция</i>		
1,1...2,0	<i>инверсия</i>			<i>конвекция</i>		
2,1...4,0						
Более 4,0	<i>изотермия</i>					

1.2 Определение количественных характеристик выброса.

Количественные характеристики выброса СДЯВ определяются по их эквивалентным значениям. Под эквивалентным количеством СДЯВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения данным количеством другого СДЯВ, перешедшим в первичное или вторичное облако. Эквивалентное количество СДЯВ, перешедшего в первичное облако, определяется по формуле (1), а во вторичное облако - по формуле (2).

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 \quad (1)$$

$$Q_{\Sigma 2} = \frac{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}{h \cdot d} \quad (2)$$

где: K_1 - коэффициент, зависящий от условий хранения; (таблица 1)
 K_2 - коэффициент, характеризующий физико-химические свойства СДЯВ; K_3 - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе данного СДЯВ; K_4 - коэффициент, учитывающий скорость ветра;
 K_5 - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы;
 K_6 - коэффициент, учитывающий время, прошедшее после аварии;
 K_7 - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха; Q_0 - количество выброшенного при аварии СДЯВ (τ);

h - толщина слоя разлившегося СДЯВ (м);

d - плотность выброшенного СДЯВ ($\tau/\text{м}^3$);

Примечание:

Коэффициенты K_1, K_2, K_3, K_7 и плотность СДЯВ приведены в таблице 1. Коэффициент K_4 - в таблице 3.2. Коэффициент K_5 : для инверсии равен 1, для изотермии - 0,23, а для конвекции - 0,08. Коэффициент K_6 рассчитывается по формуле:

$$K_6 = N^{0,8}, \text{ если } N < T \text{ (таблица 5)}$$

$$K_6 = T^{0,8}, \text{ если } T < N$$

где: N - время после аварии;

T - время полного испарения СДЯВ, определяемое по формуле:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}$$

Примечания:

- Для сжатых газов $K_1 = K_7 = 1$.
- Если $T < 1$ часа, то считают $T = 1$ часу и $K_6 = 1$.

- K_7 - в числителе для первичного облака, а в знаменателе - для вторичного.

1.3 Определение глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком.

Определение глубины зоны заражения проводится отдельно для первичного Γ_1 и вторичного облака Γ_2 по таблице 4. Точное значение глубины находится методом линейной интерполяции.

1.4 Определение полной глубины зоны заражения.

Полная глубина зоны заражения определяется по формуле:

$$\Gamma_n = \Gamma^* + 0,5\Gamma^m, \text{ где}$$

Γ^* - наибольший, а Γ^m - наименьший размер глубины зоны заражения первичным или вторичным облаком.(таблица 3)

1.5 Определение предельно возможной глубины переноса зараженного облака.

Предельно возможная глубина переноса зараженного облака рассчитывается по формуле:

$$\Gamma_{np} = N \cdot W,$$

Где N — время после аварии;

W — скорость переноса фронта зараженного воздуха.(таблица 4)

1.6 Определение глубины зоны заражения.

За глубину зоны заражения Γ принимается меньшая из величин: Γ_n и Γ_{np} .

1.7 Определение площади зоны возможного заражения.

Площадь зоны возможного заражения определяется по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot a,$$

где a — угловой размер зоны возможного заражения, зависящий от скорости ветра:

При скорости ветра:

$$\begin{array}{ll} V < 0,6 \text{ м/с,} & a = 360^\circ \\ V = 0,6 - 1,0 \text{ м/с,} & a = 180^\circ \\ V = 1,1 - 2,0 \text{ м/с,} & a = 90^\circ \\ V > 2,0 \text{ м/с,} & a = 45^\circ \end{array}$$

1.8 Определение площади зоны фактического заражения.

Площадь зоны фактического заражения определяется по формуле:

$$S_{\phi} = K_S \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}$$

где K_S - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы.

$K_S = 0,081$ для инверсии;

$K_S = 0,133$ для изотермии;

$K_S = 0,295$ для конвекции.

1.9 Нанесение зоны возможного заражения на карту (схему) района.

Зона возможного заражения (рис.1) изображается в виде сектора, окрашенного жёлтым цветом, с углом α , симметричным относительно направления приземного ветра.

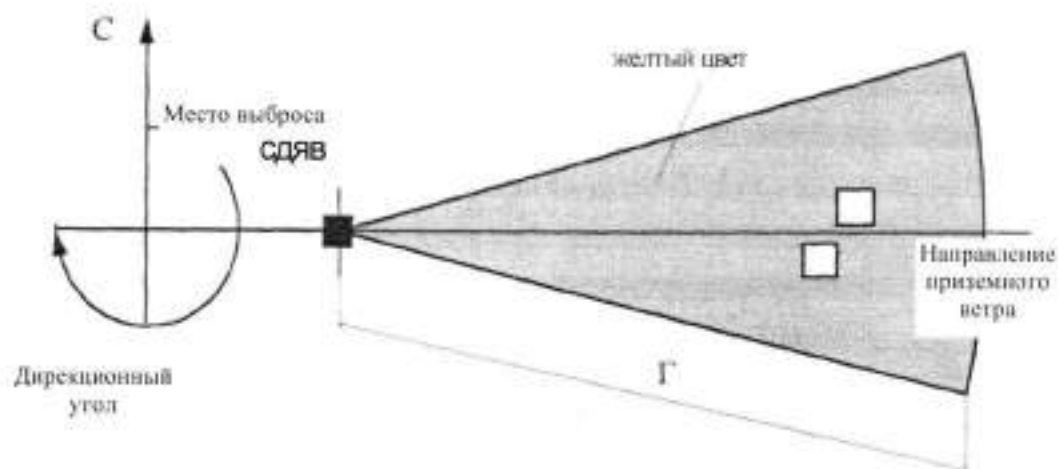


Рис. 1 Зона возможного заражения, масштаб: в 1см - х км.
Радиус сектора равен оцененной глубине и откладывается в масштабе.

Таблица 1

Характеристики СДЯВ и коэффициенты.

Наименование СДЯВ	Аммиак	Хлор	Соляная кислота
Плотность (т/м ³)			
-газ	0,0008	0,0032	
-жидкость	0,6810	1,5580	1,198
K_1			
-газ	1	1	
-жидкость	0,01	0,18	0
K_2	0,025	0,052	0,021
K_3	0,04	1,0	0,3
K_7			
-40 °C	0/0,9	0/0,9	0
-20 °C	0,3/1	0,3/1	0,1
0 °C	0,9/1	0,6/1	0,3
+20 °C	1/1	1/1	1,0
+40 °C	1,4	1,4	1,6

Таблица 2

Значение коэффициента K_4

Скорость ветра (м/с)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,00	3,34	3,67	4,00

Таблица 3

Глубина зоны возможного заражения СДЯВ.

Эквивалентное количество СДЯВ(г)	Скорость ветра (м/с)				
	1	2	3	4	5
0,01	0,38	0,26	0,22	0,19	0,17
0,05	0,85	0,59	0,48	0,42	0,38
0,1	1,25	0,84	0,68	0,59	0,53
0,5	3,16	1,92	1,53	1,33	1,19
1,0	4,75	2,84	2,17	1,88	1,68
3,0	9,18	5,35	3,99	3,28	2,91
5,0	12,53	7,20	5,34	4,36	3,75
10,0	19,20	10,83	7,96	6,43	5,53
20,0	29,56	16,44	11,94	9,62	8,19
30,0	38,13	21,02	15,18	12,18	10,33
50,0	52,67	28,73	20,53	16,43	13,88
70,0	65,23	35,35	25,21	20,05	16,89
100,0	81,90	44,09	31,30	24,80	20,82
300,0	166	87,79	61,47	48,18	40,11
500,0	231	121	84,50	65,92	54,67
1000,0	363	189	130	101	83,60

Таблица 4

Скорость переноса заражённого воздуха.

Скорость ветра (м/с)	Скорость переноса (км/час)		
	Инверсия	изотермия	Конвекция
1	5	6	7
2	10	12	14
3	16	18	21
4	21	24	28
5		29	
6		35	
7		41	
8		47	
9		53	
10		59	
11		65	
12		71	
13		76	
14		82	
15		88	

Таблица 5

Значения $N^{0,2}$ и $N^{0,8}$ $N^{0,8}$

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N^{0,2}$	1	1,15	1,25	1,32	1,43	1,46	1,48	1,52	1,55	1,58
$N^{0,8}$	1	1,74	2,40	3,03	3,62	4,19	4,74	5,27	5,79	6,30

2 Задание.

На химическом комбинате произошла авария с выбросом СДЯВ в окружающую среду. Оценить химическую обстановку через N часов после аварии. Наметьте меры для защиты населения посёлка Петрово, расположенного на оси зоны возможного заражения на расстоянии 12,5 км от места аварии.

Количество и тип выброшенного СДЯВ, условия хранения, высота обваловки, время аварии, погодные условия, скорость и направление ветра, температура воздуха, время после аварии приведены в таблице 3.6 для варианта, указанного преподавателем.

Таблица 6

Исходные данные.

Вариант	Тип СДЯВ	Количество СДЯВ (т)	Условия хранения	Высота обваловки (м)	Скорость ветра (м/с)	Направление ветра (град)	Температура воздуха (°C)	Время аварии	Погодные условия	Время после аварии (ч)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Аммиак	160	газ	-	5	30	0	2 ⁰⁰	ясно	3
	Солян. кисл.	300	жидк.	-	-	90	+20	16 ⁰⁰	пасм.	6
	Хлор	200	сж. газ	3	2	150	-20	14 ⁰⁰	ясно	4
2	Солян. кисл.	25	жидк.	-	4	50	+20	3 ⁰⁰	пасм.	5
	Хлор	16,2	Газ	-	1	270	0	12 ⁰⁰	п/я	2
	Аммиак	180	сж. газ	4	3	70	-20	2 ⁰⁰	ясно	4
3	Аммиак	170	газ	-	2	90	0	1 ⁰⁰	ясно	
	Солян. кисл.	120	жидк.	2	2	0	+20	15 ⁰⁰	пасм.	5
	Хлор	55	сж. газ	5	1	180	-20	0 ⁰⁰	п/я	3
4	Хлор	18	газ	-	2	90	0	0 ⁰⁰	пасм.	2
	Солян. кисл.	250	жидк.	4	5	270	+20	14 ⁰⁰	ясно	4
	Аммиак	1000	сж. газ	-	1	135	0	16 ⁰⁰	п/я	5
5	Аммиак	1000	газ	-	2	170	+20	18 ⁰⁰	ясно	2
	Солян. кисл.	50	жидк.	-	3	255	-20	2 ⁰⁰	ясно	4
	Хлор	375	сж. газ	4,8	4	360	0	11 ⁰⁰	пасм.	3
6	Хлор	90	газ	-	3	0	0	14 ⁰⁰	ясно	4
	Солян. кисл.	320	жидк.	4,1	4	35	+20	6 ⁰⁰	п/я	4
	Аммиак	530	сж. газ	-	1	190	-20	2 ⁰⁰	пасм.	5
7	Аммиак	25	газ	-	1	180	-20	0 ⁰⁰	ясно	2
	Солян. кисл.	175	жидк.	4	3	30	0	4 ⁰⁰	пасм.	4
	Хлор	265	сж. газ	3	5	260	+20	12 ⁰⁰	п/я	3
	Хлор	45	сж. газ	4	1	0	+20	0 ⁰⁰	ясно	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	Солян. кисл.	120	жидк.	-	4	70	0	14 ⁰⁰	пасм.	2
	Аммиак	530	газ	-	2	190	-20	17 ⁰⁰	п/я	1
9	Солян. кисл.	60	жидк.	1,2	2	170	0	17 ⁰⁰	ясно	5
	Хлор	140	сж. газ	-	1	35	+20	14 ⁰⁰	п/я	6
	Аммиак	160	газ	-	5	95	-20	0 ⁰⁰	пасм.	8
10	Хлор	260	сж. газ	2,5	1	75	+20	1 ⁰⁰	пасм.	3
	Аммиак	500	газ	-	2	350	-20	3 ⁰⁰	ясно	4
	Солян. кисл.	30	жидк.	-	4	280	0	16 ⁰⁰	п/я	2
11	Аммиак	420	газ	-	2	300	+20	0 ⁰⁰	пасм.	3
	Хлор	420	сж. газ	5	3	260	-20	4 ⁰⁰	п/я	5
	Солян. кисл.	20	жидк.	-	1	15	0	11 ⁰⁰	ясно	8
12	Солян. кисл.	120	жидк.	3	2	45	+20	14 ⁰⁰	ясно	5
	Хлор	25	сж. газ	5	1	90	-20	1 ⁰⁰	п/я	4
	Аммиак	280	газ	-	2	120	+20	18 ⁰⁰	пасм.	5
13	Аммиак	540	сж. газ	4	5	240	-20	15 ⁰⁰	ясно	4
	Хлор	115	газ	-	3	180	0	12 ⁰⁰	пасм.	2
	Солян. кисл.	300	жидк.	-	1	215	+20	2 ⁰⁰	п/я	6
14	Солян. кисл.	120	жидк.	3	1	115	0	14 ⁰⁰	ясно	3
	Хлор	220	сж. газ	-	2	240	+20	1 ⁰⁰	пасм.	4
	Аммиак	85	газ	-	4	15	-20	17 ⁰⁰	п/я	6
15	Хлор	120	сж. газ	4	2	90	-20	15 ⁰⁰	ясно	3
	Аммиак	250	газ	-	1	270	+20	3 ⁰⁰	пасм.	5
	Солян. кисл.	27	жидк.	-	-	45	0	18 ⁰⁰	п/я	4
16	Хлор	185	газ	-	2	70	+20	11 ⁰⁰	п/я	2
	Аммиак	900	сж. газ	3,5	3	60	-20	14 ⁰⁰	-	5
	Солян. кисл.	60	жидк.	-	4	95	0	3 ⁰⁰	ясно	3
17	Аммиак	18	газ	-	-	135	+20	4 ⁰⁰	пасм.	2
	Солян. кисл.	320	жидк.	-	1	250	-20	14 ⁰⁰	п/я	3
	Хлор	270	сж. газ	4	-	100	0	17 ⁰⁰	ясно	6
18	Хлор	14	газ	-	3	90	+20	11 ⁰⁰	-	5
	Солян. кисл.	65	жидк.	3	2	125	-	12 ⁰⁰	ясно	3
	Аммиак	380	сж. газ	-	1	250	-20	1 ⁰⁰	пасм.	2
19	Хлор	220	сж. газ	2,8	-	120	+20	9 ⁰⁰	ясно	5
	Солян. кисл.	60	жидк.	-	3	90	-20	14 ⁰⁰	п/я	3
	Аммиак	1250	газ	-	1	275	0	0 ⁰⁰	пасм.	2
20	Аммиак	35	газ	-	1	70	0	0 ⁰⁰	ясно	4
	Хлор	270	сж. газ	2,7	2	145	+20	14 ⁰⁰	-	6
	Солян. кисл.	90	жидк.	-	3	315	-20	9 ⁰⁰	пасм.	2
21	Хлор	250	сж. газ	-	-	10	+20	4 ⁰⁰	ясно	3
	Солян. кисл.	250	жидк.	3,1	2	70	-20	12 ⁰⁰	п/я	2
	Аммиак	1250	газ	-	5	240	0	16 ⁰⁰	пасм.	5
22	Солян. кисл.	80	жидк.	2,7	1	80	0	14 ⁰⁰	ясно	3
	Хлор	425	сж. газ	-	1	115	+20	17 ⁰⁰	пасм.	4
	Аммиак	219	газ	-	4	280	-20	0 ⁰⁰	-	6
23	Аммиак	1280	сж. газ	3,5	1	315	+20	2 ⁰⁰	ясно	3
	Хлор	140	газ	-	1	270	-20	10 ⁰⁰	пасм.	4
	Солян. кисл.	220	жидк.	-	4	160	0	17 ⁰⁰	-	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	Хлор	415	сж. газ	2,8	2	180	+20	14 ⁰⁰	ясно	4
	Солян. кисл.	224	жидк.	-	1	240	-20	16 ⁰⁰	пасм.	3
	Аммиак	180	газ	-	4	45	0	0 ⁰⁰	-	5
25	Аммиак	1250	сж. газ	-	1	30	0	1 ⁰⁰	ясно	5
	Хлор	500	газ	-	3	130	-20	5 ⁰⁰	п/я	4
	Солян. кисл.	165	жидк.	1,5	5	280	+20	13 ⁰⁰	пасм.	6

Примечания:

- " - " в графе «Высота обваловки» означает, что ёмкость не обвалована, то есть происходит свободный разлив жидкости.

- " - " в других графах означает, что эти данные во время оценки обстановки неизвестны.

- Дирекционный угол ветра показывает направление, откуда дует ветер. Например: Северный ветер - угол равен 0°, южный ветер - угол равен 180°.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

Цель работы: сформировать знания студентов в области исследования и оценки доз облучения людей от радиоактивных веществ и ионизирующих излучений.

1. Основные теоретические сведения

Во многих областях практической деятельности людей применяются радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений.

При помощи радиоактивных изотопов проводится контроль качества изделий (рентгеновскими и гамма-дефектоскопами), управление технологическими операциями (радиоизотопными датчиками и измерителями), включение пожарной сигнализации (дымовыми извещателями) и т.д.

Кроме этого люди постоянно подвергаются воздействию внешнего ионизирующего излучения от солнца и поверхности земли, а также внутреннего облучения от попадающих внутрь организма радионуклидов при дыхании и употреблении воды и пищи.

Вопросы определения доз облучения людей были актуальными во время и после проведения испытаний ядерного оружия, но особую актуальность получили после аварии на Чернобыльской АЭС, когда в атмосферу было выброшено около 50 МКи различных радионуклидов и радиоактивным выпадениям были подвергнуты территории Украины, Белоруссии и России. Первичная информация о радиационном загрязнении территории практически не дает представления о возможных индивидуальных дозах облучения и путях формирования суммарной дозы у человека, поэтому необходимы знания расчета доз облучения (в первую очередь от γ -излучающих радионуклидов) и определения уровня риска.

1.1 Ионизирующее излучение, радионуклиды, радиоактивный распад

Ионизирующее излучение - излучение, воздействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Основными источниками ионизирующего излучения являются радионуклиды - разновидности атомов с данным массовым числом и атомным номером. Массовое число нуклида указывается вверху слева от символа химического элемента, например, нуклид стронция ^{90}Sr , нуклид цезия ^{137}Cs .

Один и тот же элемент может иметь разные массовые числа и разновидности этого элемента называются изотопами, например, ^{131}I и ^{133}I .

Радиоактивный распад сопровождается корпускулярным излучением (α -частиц, β -частиц, нейтронов и т.п.), или фотонным излучением (гамма или рентгеновским):

α -частицы являются ядрами атомов гелия, несущими положительный заряд. Они имеют незначительный пробег (в воздухе от 2 до 9 см, в биологических тканях - от 0.02 до 0.06 мм), но высокой степенью ионизации. При внешнем облучении α -частицы не представляют опасности, но при попадании внутрь организма радиоактивных веществ в виде пыли они очень опасны;

β -частицы представляют собой поток электронов или позитронов, в воздухе они могут пройти до 40 м, а в биологической ткани - до 12 мм. Плотность ионизации атомов среды β -частицами в десятки раз меньше, чем при ионизации α -частицами;

γ -лучи это электромагнитное излучение с длиной волны приблизительно 10^{-12} м и частотой около 10^{20} Гц. Эти лучи обладают значительно меньшей, чем α -частицы, ионизирующей способностью, но высокой проникающей способностью (бетонные стены толщиной 5 см ослабляют γ -излучение в два раза);

рентгеновские лучи - это коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны от 10^{-7} до 10^{-12} м. Они, также как γ -лучи, обладают высокой проникающей способностью.

1.2 Активность радионуклидов

Активность радионуклидов A - это число самопроизвольных случайных распадов или число испускаемых частиц ΔN в единицу времени Δt :

$$A = \Delta N / \Delta t. \quad (1.1)$$

Единицей активности является Бк (беккерель), 1 Бк = 1 расп/с, один распад в секунду.

Также единицей активности является Ки (кюри), 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Активность радионуклидов со временем уменьшается по экспоненциальному закону. Изменение активности описывается формулой

$$A_t = A_0 \exp(-0,693 t / T_{1/2}), \quad (1.2)$$

где A_t - активность радионуклида по прошествии времени t ;

A_0 - активность радионуклида в начальный период ($t = 0$);

t - время;

$T_{1/2}$ - период полураспада, т.е. время, в течение которого распадается половина радиоактивных атомов.

Если $t = T_{1/2}$, то $A_t = A_0 / e^{0,693} = A_0 / 2$.

Период полураспада у некоторых радионуклидов составляет несколько суток, а у некоторых - годы (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Радиобиологические свойства радионуклидов

Нуклид	Эффективная энергия $E_{эф}$, МэВ расп	Гамма-постоянная K_{γ} , $\frac{P \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{мКи}}$	Период полураспада $T_{1/2}$, сут	Критический орган	Доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган		Период полувыведения из организма $T_{в/2}$, сут
					При заглатывании f_3	При вдыхании, $f_{ин}$	
^{60}Co	1,5	6,75	$1,9 \cdot 10^3$	Все тело Печень	0,3	0,45	9,5
					0,001	0,02	9,5
^{131}I	0,41	1,69	8	Все тело. Щитовидная железа	1,0	0,75	138
					0,3	0,23	138
^{137}Cs	0,59	3,19	$1,1 \cdot 10^4$	Все тело	1,0	0,75	70
^{226}Ra	110	9,36	$5,9 \cdot 10^5$	Все тело	0,3	0,4	$8,1 \cdot 10^3$
^{90}Sr	1,1	2,94	$1 \cdot 10^4$	Скелет	0,3	0,12	$1,8 \cdot 10^4$
^{235}U	46	0,51	$2,6 \cdot 10^{11}$	Все тело	$1 \cdot 10^4$	0,25	100
				Кости	$0,1 \cdot 10^{-5}$	0,028	300
				Почки	$1,1 \cdot 10^{-5}$	0,028	15

1.3 Экспозиционная доза

Экспозиционная доза является качественной характеристикой фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения), она определяется по ионизации воздуха, т.е. когда поглощенная энергия в некотором объеме воздуха равна суммарной кинетической энергии электронов и позитронов, образованных фотонным излучением в том же объеме.

Непосредственно измеряемой физической величиной при определении экспозиционной дозы γ -излучения является электрический заряд ионов одного знака, образованных в воздухе за время облучения:

$$D_{\text{эксп}} = Q / m, \quad (1.3)$$

где $D_{\text{эксп}}$ - экспозиционная доза, Кл/кг;

Q - полный заряд ионов одного знака, Кл;

m - масса объема воздуха, кг.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р),

$$1 \text{ Р} = 0,285 \text{ мКл/кг.}$$

1.4 Поглощенная доза

Поглощенная доза характеризует изменения, происходящие в облучаемом веществе (воздухе, воде, дереве, железе и т.д.).

Поглощенная доза - это энергия, передаваемая веществу массой в одну единицу:

$$D_{\text{полг}} = E / m, \quad (1.4)$$

где $D_{\text{полг}}$ - поглощенная доза, Дж/кг;

E - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом, Дж;

m - масса облучаемого вещества, кг.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Гр (грей):

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$$

В практике часто используется специальная единица поглощенной дозы - рад. Один рад соответствует такой поглощенной дозе, при которой количество энергии, выделяемой одним граммом любого вещества, равно 0,01 Дж, т.е.

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}.$$

Поглощенная доза связана с экспозиционной дозой следующим соотношением:

$$D_{\text{полг}} = D_{\text{экп}} \cdot K_1, \quad (1.5)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества (воздух, вода и т.п.), т.е. учитывающий отношение энергии, поглощенной данным веществом, к электрическому заряду ионов, образованных в воздухе такой же массы.

При экспозиционной дозе в 1 Р энергия γ -излучения, расходуемая на ионизацию 1 г воздуха, равна 0,87 рад, т.е. для воздуха

$$K_1 = 0,87 \text{ рад/Р} = 0,87 \cdot 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,87 \cdot 0,01 \text{ Гр/Р}.$$

Поскольку ткани организма имеют несколько иной эффект поглощения по сравнению с водой, то используются переводные коэффициенты для различных тканей тела человека:

для воды в организме $K_1 = 0,887 \dots 0,975 \text{ рад/Р}$,

для мышц $K_1 = 0,933 \dots 0,972 \text{ рад/Р}$,

для костей $K_1 = 1,03 \dots 1,74 \text{ рад/Р}$.

В целом для организма человека при облучении от γ -источника коэффициент $K_1 = 1 \text{ рад/Р} = 0,01 \text{ Гр/Р}$.

1.5 Эквивалентная доза

Эквивалентная доза учитывает не только энергию, передаваемую веществу, но и те биологические эффекты, которые производит проникающая радиа-

ция в теле человека:

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{полгл}} \cdot K_2 = D_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.6)$$

где $D_{\text{экв}}$ - эквивалентная доза, Зв;

K_2 - коэффициент качества облучения (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Средние значения коэффициента качества K_2

Вид излучения	K_2 (Зв/Гр или бэр/рад)
Рентгеновское и γ -излучение	1
Электроны и позитроны, β -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1 - 10 МэВ	10
α -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20

В системе СИ единицей измерения эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Специальной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рентгена).

Для рентгеновского и γ -излучения коэффициенты

$$K_1 = 1 \text{ рад/Р}, K_2 = 1 \text{ бэр/рад} \text{ и } 1 \text{ Р эквивалентен } 1 \text{ бэр},$$

т.е. $1 \text{ Р} \Leftrightarrow 1 \text{ рад} \Leftrightarrow 1 \text{ бэр}$.

Чтобы отметить различие между экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозами, а также единицами измерений эти параметры сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Основные параметры, характеризующие излучение

Параметры	Единицы измерения	
	Старая система	Система СИ
A – активность радионуклида (количество частиц, вылетающих из вещества в единицу времени)	Бк (беккерель) 1 Бк = 1 расп/с 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк	
$D_{\text{эксп}}$ – экспозиционная доза (определяется по ионизации воздуха)	Р (рентген) 1 Р = $2,6 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг	Кл/кг
$D_{\text{полгл}}$ – поглощенная доза (определяется по энергии, поглощенной воздухом, водой и другими веществами)	рад 100 рад = 1 Гр	Гр (грей) 1 Гр = 1 Дж/кг
$D_{\text{экв}}$ – эквивалентная доза (определяется по действию на человека)	Бэр 100 бэр = 1 Зв	Зв (зиверт)

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{погл}} \cdot K_2 = D_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2$$

Для рентгеновского и γ -излучения 1 Р эквивалентен 1 бэр, т.е. коэффициенты $K_1 = 1 \text{ рад/Р} = 0,01 \text{ Гр/Р}$, $K_2 = 1 \text{ бэр/рад} = 1 \text{ Зв/Гр}$,
 $1 \text{ Р} \Leftrightarrow 1 \text{ рад} \Leftrightarrow 1 \text{ бэр}$,
 $100 \text{ Р} \Leftrightarrow 1 \text{ Гр} \Leftrightarrow 1 \text{ Зв}$

1.6 Мощность дозы и доза

Мощность экспозиционной, поглощенной или эквивалентной дозы \dot{D} характеризуется дозой, полученной в единицу времени, т.е.

$$\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}, \quad (1.7)$$

где ΔD - приращение дозы за промежуток времени Δt .

Мощность экспозиционной дозы $\dot{D}_{\text{эксп}}$ измеряется в системе СИ в Кл/(кг·с); внесистемными единицами являются Р/с, Р/ч, мР/ч, мкР/ч и др.

Мощность поглощенной дозы $\dot{D}_{\text{погл}}$ в системе СИ измеряется в Гр/с, мкГр/с, аГр/с и т.д.

Мощность эквивалентной дозы $\dot{D}_{\text{экв}}$ измеряется в системе СИ в Зв/с, мЗв/ч, мкЗв/ч; внесистемными единицами являются бэр/с, бэр/ч и т.д.

Для измерения мощности дозы применяются различные приборы, имеющие ионизационные камеры, камеры с люминесцирующим веществом, химические системы и др.

По измеренным значениям мощности дозы можно определить дозу облучения:

$$D = \int_0^t \dot{D} dt, \quad (1.8)$$

если мощность дозы не меняется во времени, то

$$D = \dot{D} \cdot t, \quad \text{при} \quad \dot{D} = \text{const}, \quad (1.9)$$

где t - время воздействия ионизирующего излучения.

Для измерения дозы ионизирующего излучения применяются приборы - дозиметры. Сравнительная простота измерения ионизации воздуха привела к тому, что большинство дозиметрических приборов фиксируют экспозиционную дозу.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА, НОРМИРОВАНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

Ионизирующее излучение оказывает вредное воздействие на организм человека, но наши органы чувств не приспособлены к их восприятию, поэтому без специальных приборов мы не можем судить о наличии радиации и ее уровне.

Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей, изменению химической структуры молекул и как следствие - к гибели клеток. Под влиянием излучения происходит расщепление молекул воды с образованием радикалов, которые могут вступать в реакции с веществами. В результате нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ нарушается. Чем больше поглощенная доза, тем больше ионизация и отрицательный биологический эффект.

Красный костный мозг теряет способность нормально функционировать при дозах облучения 0,5...1 Зв (50...100 бэр). Репродуктивные органы и глаза отличаются повышенной чувствительностью к облучению. Однократное облучение семенников при дозе 0,1 Зв приводит к временной стерильности мужчин, а дозы свыше 2 Зв - могут привести к постоянной стерильности. Облучение глаз при дозе 2...10 бэр/год в течение 10 - 20 лет приводит к гибели клеток хрусталика глаза, появлению помутневших участков хрусталика (катаракте), а затем и полной слепоте.

Рак - наиболее серьезное из всех последствий облучения человека при малых дозах. Вероятность заболевания раком растет прямо-пропорционально дозе облучения. Первыми в группе раковых заболеваний стоят лейкозы, они вызывают гибель людей в среднем через 10 лет с момента облучения. Далее - рак молочной железы и рак щитовидной железы; эти виды заболеваний в начальной стадии излечимы.

Рак желудка, печени, толстой кишки и т.д. встречаются реже. Рак легких излечим хирургическим путем только на начальной стадии.

У людей, получающих малые дозы облучения, наблюдается повышенное содержание клеток крови с хромосомными нарушениями. Эти нарушения проявляются в следующем или последующих поколениях (это дети, внуки и более отдаленные потомки).

Если облучение производится не однократно, а в этой дозе растянуто во времени, то эффект облучения будет снижен. Это связано с тем, что живые организмы, в том числе и человек, способны восстанавливать нормальную жизнедеятельность после нарушений.

Условия безопасной работы с радиоактивными веществами регламентированы Нормами радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими ис-

точниками ионизирующих излучений ОСП-72/87 [1].

Радиационному воздействию могут подвергаться не только лица, непосредственно работающие с радиоактивными веществами, но и население, поэтому нормами НРБ-76/87 установлены предельно допустимые уровни облучения в зависимости от категории облученных лиц и группы критических органов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Дозовые пределы облучения

Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения, бэр за год	Критическая группа органов		
	1 (все тело, половые железы и красный костный мозг)	2 (мышцы, щитовидная железа, внутренние органы)	3 (кожный покров, костная ткань, кисти рук, стопы)
ПДД для категории А (профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучения)	5	15	30
ПД для категории Б (население, не работающее непосредственно с источниками излучения, но может подвергаться воздействию радиоактивных веществ)	0,5	1,5	3

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника (рисунок 3.1) прямо пропорциональна активности радионуклида и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Кроме этого, разные радионуклиды при одинаковой активности создают разную величину экспозиционной дозы, что учитывается гамма-постоянной:

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{K_{\gamma} \cdot A}{R^2}, \quad (3.1)$$

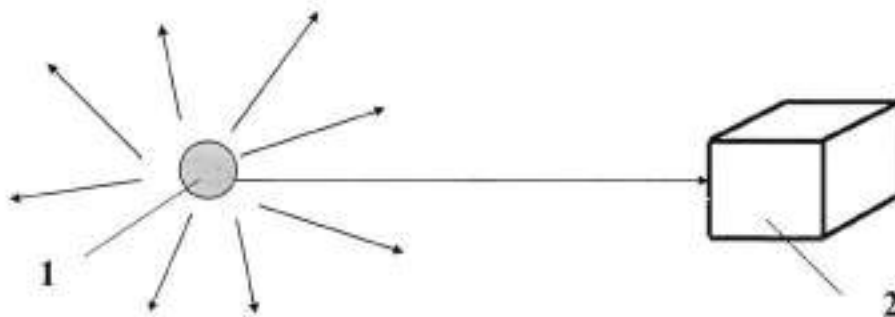
где $\dot{D}_{\text{эксп}}$ - мощность экспозиционной дозы, Р/ч;

K_{γ} - гамма-постоянная радионуклида, Р·см² / (ч·мКи);

A - активность радионуклида, мКи;

R - расстояние от точечного радионуклида до места измерения, см.

Гамма-постоянная показывает, какую мощность экспозиционной дозы создает данный радионуклид активностью 1 мКи на расстоянии 1 см. За эталон принят радий-226 массой 1 мг, заключенный в платиновую упаковку толщиной 0,5 мм, который создает на расстоянии 1 см мощность дозы $\dot{D}_{\text{эксп}} = 8,4$ Р/ч. Значения гамма-постоянных приведены в таблице 1.1, например, для цезия-137 $K_{\gamma} = 3,19$ Р·см²/(ч·мКи).



1- точечный источник γ -излучения; 2 - облучаемое вещество

Рисунок 3.1 – Схема для расчета мощности экспозиционной и поглощенной дозы

Для определения дозы облучения от точечных источников γ -излучения обычно используется формула (1.9), т.е. принимается мощность дозы постоянной во времени.

3.1. Пример. Определить эквивалентную дозу и сравнить с допустимой, полученной рабочим от точечного изотропного источника ^{60}Co активностью $1,1 \cdot 10^{-2}$ Ки, если он работает с источником в течение всего рабочего времени на расстоянии 0,8 м. Продолжительность рабочего времени для персонала составляет 1700 ч/год (36-часовая рабочая неделя).

Решение.

Определяем мощность экспозиционной дозы на рабочем месте по формуле (3.1):

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{K_{\gamma} \cdot A}{R^2},$$

где значение гамма-постоянной выбираем из таблицы 1.1,

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{6,75 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3}{80^2} = 0,0116 \text{ Р/ч.}$$

Экспозиционную дозу, полученную рабочим за год, определяем по формуле (1.9)

$$D_{\text{эксп}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot t = 0,0116 \cdot 1700 = 19,7 \text{ Р/год.}$$

Эквивалентная доза, полученная рабочим, составляет

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 19,7 \cdot 1 \cdot 1 = 19,7 \text{ бэр/год,}$$

т.е. она превышает почти в 4 раза предельно допустимую дозу для категории А (таблица 2.1).

3.2. Пример. На расстоянии $R = 0,3$ м от точечного источника радионуклида ^{60}Co мощность эквивалентной дозы от γ -излучения составляет $D_{\text{экв}} = 450$ мкЗв/ч. На каком расстоянии от источника ($R_{\text{пдд}}$) можно работать, чтобы доза облучения персонала не превышала ПДД при 36-часовой рабочей неделе и равномерном распределении дозы в течение года?

Решение.

Эквивалентную дозу, полученную рабочим за год, определяем по формуле (1.9)

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{экв}} \cdot t = 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1700 = 0,765 \text{ Зв/год.}$$

Полученная доза превышает ПДД (0,05 Зв/год) в 15,3 раза, поэтому необходимо увеличить расстояние от источника излучения до рабочего места.

Мощность дозы, а следовательно и доза, уменьшаются с увеличением квадрата расстояния (по зависимости 3.1), поэтому требуемое расстояние $R_{\text{пдд}}$ можно вычислить по отношению

$$\dot{D}_{\text{эксп}} \cdot R^2 = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$\dot{D}_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t \cdot R^2 = \dot{D}_{\text{эксп.тр}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$\dot{D}_{\text{экв}} \cdot R^2 = \text{ПДД} \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$R_{\text{пдд}} = \sqrt{\frac{\dot{D}_{\text{экв}} \cdot R^2}{\text{ПДД}}} = \sqrt{\frac{0,765 \cdot 0,3^2}{0,05}} = 1,17 \text{ м.}$$

Таким образом получено, что расстояние от источника излучения до рабочего места должно быть не менее 1,17 м.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ, РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В ПОЧВЕ

4.1 *Определение доз от γ -излучения радионуклидов, находящихся в почве, путем измерения мощности эквивалентной дозы прибором*

При определении эквивалентной дозы облучения человека от γ -излучающих радионуклидов, находящихся в земле, можно использовать формулу (1.9). Кроме этого, необходимо учитывать экранирование тканей человека другими тканями, а также стенами зданий и сооружений. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР) рекомендует использовать усредненное значение коэффициента ослабления поглощенной дозы в теле человека по сравнению с поглощенной дозой в воздухе $K_{\text{нклар}}=0,7$.

Измерив мощность эквивалентной дозы облучения на высоте 1 м от поверхности земли, можно определить дозу, полученную человеком:

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{экв}} \cdot t \cdot K_{\text{нклар}}, \quad (4.1)$$

где $D_{\text{экв}}$ - эквивалентная доза облучения человека, Зв;

$\dot{D}_{\text{экв}}$ - мощность эквивалентной дозы облучения, Зв/ч;

t - время нахождения человека в данном районе, ч.

4.1. Пример. Оценить опасность нахождения людей на территории, если мощность эквивалентной дозы облучения человека на расстоянии 1 м от поверхности земли составляет 0,6 мкЗв/ч.

Решение.

Годовая эквивалентная доза рассчитывается по формуле (4.1):

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{экв}} \cdot t \cdot K_{\text{нклар}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,7 = 0,0037 \text{ Зв/год}.$$

Предельно допустимая доза для населения (категория Б, таблица 2.1) $\text{ПДД}_Б = 0,5 \text{ бэр/год} = 0,005 \text{ Зв/год}$. То есть эквивалентная доза $D_{\text{экв}}$ меньше $\text{ПДД}_Б$ в 1,3 раза.

4.2 *Определение доз от γ -излучения радионуклидов, находящихся в почве, по величине активности единицы площади земной поверхности*

Доза γ -излучения от земной поверхности обычно определяется для точки на высоте H от земли и считается, что основное излучение попадает в эту точку с площади круга радиусом $3 \cdot H$ (рисунок 4.1).

Формула расчета мощности дозы облучения в этом случае:

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot A_s \cdot K_\gamma \cdot \ln \frac{H^2 + R^2}{H^2}, \quad (4.2)$$

где $\dot{D}_{\text{эксп}}$ - мощность экспозиционной дозы γ -излучения от земной поверхности, Р/ч;

A_s - среднегодовая активность (плотность загрязнения радионуклидами) поверхности земли, мКи/см²;

H - высота над поверхностью земли, м;

R - радиус круга участка земной поверхности, м.

Для определения дозы, полученной человеком, принимается $H = 1$ м, $R = 3$ м.

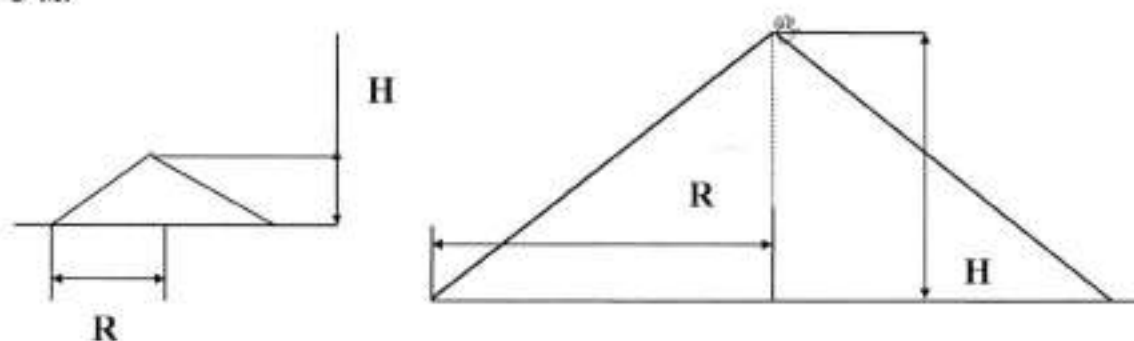


Рисунок 4.1 – Схема определения дозы γ -излучения от поверхности земли

4.2. Пример. Определить эквивалентную дозу облучения, полученную человеком за год, если среднегодовая активность поверхности земли от цезия-137 составляет $2 \cdot 10^6$ Бк/м².

Решение.

Мощность экспозиционной дозы определяем по формуле (4.2)

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot A_s \cdot K_\gamma \cdot \ln \frac{H^2 + R^2}{H^2},$$

где активность

$$A_s = 2 \cdot 10^6 \text{ Бк/м}^2 = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 10^4} \text{ мКи/см}^2 = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ мКи/см}^2;$$

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot 5,4 \cdot 10^{-6} \cdot 3,19 \cdot \ln \frac{1^2 + 3^2}{1^2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ р/ч.}$$

Эквивалентную дозу, полученную человеком за год, вычисляем по формуле (4.1)

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot t \cdot K_{\text{инкар}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,7 = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/год.}$$

Эта доза примерно в 1,5 раза выше ПДД для населения.

4.3 Ориентировочная оценка радиационного загрязнения поверхности земли

Для ориентировочной оценки радиационного загрязнения поверхности земли обычно используют измерительные приборы установленные на вертолете. Вертолет пролетает на высоте 100 м от земли параллельными маршрутами через 600 м и затем строится карта. Таким образом были построены карты радиационного загрязнения ($\text{Ки}/\text{км}^2$) поверхности земли в Тульской области.

В случае загрязнения территории цезием-137 от Чернобыльской АЭС расчет доз внешнего облучения можно производить с помощью дозовых коэффициентов

$$D_{\text{эkv}} = A_{\text{T}} \cdot d, \quad (4.3)$$

где $D_{\text{эkv}}$ - годовая эквивалентная доза облучения, бэр/год;

A_{T} - среднегодовая плотность загрязнения территории, $\text{Ки}/\text{км}^2$;

d - дозовый коэффициент, бэр · км² / (Ки·год).

Таблица 4.1 – Значения коэффициента d с учетом ослабления внешнего облучения зданиями

Тип населенного пункта	Значение коэффициента d , бэр·км ² /(Ки·год)
Города областного и республиканского подчинения	0,006
Города районного подчинения и поселки городского типа	0,009
Все населенные пункты, кроме поселков городского типа	0,013

4.3. Пример. Определить годовую эквивалентную дозу облучения населения, если плотность загрязнения поверхности земли составляет $40 \text{ Ки}/\text{км}^2$.

Решение.

Годовая эквивалентная доза облучения людей рассчитывается по формуле (4.3):

$$D = 40 \cdot 0,009 = 0,36 \text{ бэр/год,}$$

то есть доза ниже предельно допустимой.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

Радиоактивные вещества могут поступать в организм человека при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными веществами, через желудочно-кишечный тракт, а также через кожу. Из-за большого объема легочной вентиляции ($20 \text{ м}^3/\text{сут}$) и более высокого коэффициента усвоения наиболее опасен первый путь. Количество радионуклидов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь, зависит от его вида, например, цирконий Zr и ниобий Nb практически не поступают в кровь (коэффициент резорбции составляет доли процента), висмут Bi - 1%, барий Ba - 5%, кобальт Co и стронций Sr - до 30%, водород и щелочно-земельные вещества - 100%.

Поступления в кровь через неповрежденную кожу в 200-300 раз меньше, чем через желудочно-кишечный тракт. Исключение составляет изотоп водорода - тритий, легко проникающий в кровь через кожу.

По характеру распределения в организме радиоактивные вещества условно разделяются на три группы: равномерно распределяющиеся в организме, отлагающиеся преимущественно в скелете и концентрирующиеся в печени (см. таблицу 1.1). Особое место занимает радиоактивный йод, который селективно отлагается в щитовидной железе.

Мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении в общем виде определяется выражением

$$\dot{D}_{\text{экв.вн}} = 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.1)$$

где $\dot{D}_{\text{экв.вн}}$ - мощность эквивалентной дозы в рассматриваемом органе или ткани при внутреннем облучении человека, Зв/ч;

$A_{\text{уд}}$ - удельная активность радионуклида в рассматриваемом органе человека, Бк/кг;

K_{γ} - гамма-постоянная радионуклида, $\text{Р} \cdot \text{см}^2/(\text{ч} \cdot \text{мКи})$;

ρ - плотность ткани, ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$);

g - геометрический фактор, см;

K_1 - коэффициент перевода единицы экспозиционной дозы в единицу поглощенной дозы, ($K_1 = 0,01 \text{ Гр/Р}$);

K_2 - коэффициент качества облучения, ($K_2 = 1 \text{ Зв/Гр}$).

Удельная активность радионуклида $A_{\text{уд}}$, Бк/кг рассчитывается по формуле

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m}, \quad (5.2)$$

где A - активность единичного поступления радионуклида в организм человека, Бк;

f - коэффициент метаболизма (см. таблицу 1.1);

m - масса всего тела человека (если радионуклид распространяется по

всему телу) или масса органа человека, куда поступает радионуклид, кг.

Геометрический фактор g учитывает соотношение массы облучаемого тела или органа и его геометрических размеров. Например, чем ниже рост человека и больше его масса, тем больше g :

рост 2 м, масса 60 кг $g = 117$ см;

рост 1,7 м, масса 70 кг $g = 126$ см;

рост 1,4 м, масса 100 кг $g = 154$ см.

При облучении печени массой 1,8 кг геометрический фактор принимается равным $g = 80$ см. При облучении щитовидной железы массой 20 г $g = 40$ см.

Годовую дозу внутреннего облучения следует определять с учетом эффективного периода полувыведения нуклидов из организма

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{B/2}}{T_{1/2} + T_{B/2}}, \quad (5.3)$$

где $T_{\text{эф}}$ - эффективный период полувыведения, сут;

$T_{1/2}$ - период полураспада изотопа, сут;

$T_{B/2}$ - период полувыведения из организма, т.е. время, в течение которого из организма выводится половина имеющегося радиоактивного вещества, сут.

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot 365 \cdot 24 \quad \text{при } T_{\text{эф}} \geq 365 \text{ сут}, \quad (5.4)$$

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot T_{\text{эф}} \cdot 24 \quad \text{при } T_{\text{эф}} < 365 \text{ сут}, \quad (5.5)$$

где $D_{\text{экв.вн}}$ - эквивалентная годовая доза внутреннего облучения, Зв/год;

$\dot{D}_{\text{экв.вн}}$ - мощность эквивалентной дозы внутреннего облучения, Зв/ч;

$365 \cdot 24$ - количество часов облучения в год, ч/год.

Пример 5.1. Рассчитать внутреннюю годовую дозу облучения человека в результате вдыхания радиоактивной пыли ^{90}Sr в количестве 2 г активностью 10 Ки/кг.

Решение.

В результате попадания в организм человека радионуклид ^{90}Sr задерживается в минеральной части костей и очень трудно выводится из организма $T_{B/2} = 1,8 \cdot 10^4$ сут (таблица 1.1). Облучению подвергается все тело человека.

Единичное поступление радионуклида ^{90}Sr составляет 2 г, поэтому активность единичного поступления

$$A = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ Ки} = 7,4 \cdot 10^8 \text{ Бк}$$

Удельную активность рассчитываем по формуле (5.2)

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{7,4 \cdot 10^8 \cdot 0,12}{70} = 1,27 \cdot 10^6 \text{ Бк/кг}.$$

Мощность дозы, получаемой человеком, определяем по формуле (5.1)

$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 1,27 \cdot 10^6 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot 126 \cdot 0,01 \cdot 1 = \\ &= 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Эффективный период полувыведения радионуклида вычисляем по формуле (5.3)

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{B/2}}{T_{1/2} + T_{B/2}} = \frac{10^4 \cdot 1,8 \cdot 10^4}{10^4 + 1,8 \cdot 10^4} = 6,4 \cdot 10^3 \text{ сут.}$$

Годовую эквивалентную дозу внутреннего облучения вычисляем по формуле (5.4)

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot 365 \cdot 24 = 1,27 \cdot 10^{-4} \cdot 365 \cdot 24 = 1,1 \text{ Зв/год.}$$

Полученная доза в 220 раз превышает ПДД для населения.

Пример 5.2. Рассчитать внутреннюю годовую дозу облучения человека в результате употребления им в пищу ежедневно в течение 200 дней по 0,5 л молока с радионуклидом ^{131}I активностью $7,4 \cdot 10^5$ Бк/л и сравнить с ПДД для населения.

Решение.

Радионуклид ^{131}I попадает во все тело человека и в щитовидную железу (см. таблицу 1.1).

Рассчитываем мощность дозы облучения всего тела человека при единичном (в течение суток) поступлении ^{131}I по формулам (5.2, 5.3 и 5.1):

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{0,5 \cdot 7,4 \cdot 10^5 \cdot 1}{70} = 0,53 \cdot 10^4 \text{ Бк/кг,}$$

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{B/2}}{T_{1/2} + T_{B/2}} = \frac{8 \cdot 138}{138} = 7,56 \text{ сут;}$$

$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,53 \cdot 10^4 \cdot 1,69 \cdot 1 \cdot 126 \cdot 0,01 \cdot 1 = \\ &= 3,1 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Так как человек ежедневно употребляет молоко в пищу, то мощность дозы будет со временем возрастать и достигнет значения в 11 раз выше, чем при единичном поступлении, и годовая доза облучения составит

$$D_{\text{экв.вн}} = 3,1 \cdot 10^{-7} \cdot 11 \cdot (200 + 7,56) \cdot 24 = 0,016 \text{ Зв/год,}$$

то есть в 3 раза выше ПДД для населения.

Рассчитываем мощность дозы облучения щитовидной железы по формулам (5.2 и 5.1):

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{0,5 \cdot 7,4 \cdot 10^5 \cdot 0,3}{20 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Бк/кг,}$$

$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_7 \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 5,5 \cdot 10^6 \cdot 1,69 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 0,01 \cdot 1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Следует отметить, что мощность дозы облучения щитовидной железы в 300 раз выше мощности дозы облучения всего организма человека.

С учетом того, что человек потребляет в пищу молоко ежедневно в течение 200 дней, годовая доза облучения щитовидной железы составит

$$D_{\text{экв.вн}} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 11 \cdot (200 + 7,56) \cdot 24 = 5,5 \text{ Зв/год,}$$

что в 367 раз превышает ПДД для щитовидной железы.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РИСКА ОТ ОБЛУЧЕНИЯ

Уровень риска это вероятность неожиданных последствий какого либо действия за определенный период времени. При ионизирующем облучении количественной мерой уровня риска является вероятность заболевания или гибели человека. Воздействие ионизирующего излучения на человека, в этом случае, принимается беспороговым, т.е. чем больше доза облучения, тем выше риск заболевания.

Для персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений (категории А), при дозе облучения равной предельно допустимой (5 бэр/год) значение уровня риска принято равным $r_0 = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$. Это значит, что в течение года восемь человек из 10 000 заболеют.

Уровень риска $r = 1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ считается не высоким, уровень риска $r = 1 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-2} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ - высоким, а r больше $1 \cdot 10^{-2}$ - исключительно высоким.

Безопасным уровнем риска для работников атомной промышленности считается $r_{\text{а.бел}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ и меньше, для населения (категории Б) $r_{\text{б.бел}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ и меньше.

При облучении всего организма человека уровень риска рассчитывается по формуле:

$$r = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot D_{\text{экв}}, \quad (6.1)$$

где r - уровень риска от облучения человека, $\text{(чел} \cdot \text{год)}^{-1}$;

$D_{\text{экв}}$ - годовая эквивалентная доза облучения всего человека, Зв/год;

$1,65 \cdot 10^{-2}$ - уровень риска при облучении всего тела человека и получении эквивалентной дозы 1 Зв/год.

При облучении отдельных органов человека уровень риска рассчитывается по формуле

$$r_{\text{орг}} = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot \omega \cdot D_{\text{экв}}, \quad (6.2)$$

где ω - коэффициент, характеризующий отношение риска облучения только данного органа к риску от равномерного облучения всего тела (таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Значения коэффициентов ω

Наименование органа или ткани	Коэффициент ω
Все тело человека	1,0
Половые железы	0,25
Молочные железы	0,25
Красный костный мозг	0,12
Легкие	0,12
Щитовидная железа	0,03
Кость поверхность	0,03

6.1. Пример. Рассчитать уровень риска заболевания оператора, работающего с источниками ионизирующего излучения, при годовой дозе облучения всего тела человека $D_{\text{тв}} = 5$ бэр/год.

Решение.

По формуле (6.1) уровень риска

$$r = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,05 = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)},$$

т.е. уровень риска относительно невысокий, он соответствует предельно допустимой годовой дозе облучения персонала категории А.

6.2. Пример. Рассчитать уровень риска при облучении у человека щитовидной железы и полученной дозе $D_{\text{щ.ж.}} = 5$ Зв/год.

Решение.

По формуле (6.2) уровень риска

$$r_{\text{щ}} = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,03 \cdot 5 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ (чел} \cdot \text{год)}.$$

Этот уровень риска является высоким, т.к. в течение года более двух человек из 1000 заболеют раком щитовидной железы.

Если взять период 10 лет, то за это время заболеют 25 человека из 1000.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

7.1. Оценить опасность облучения оператора гамма-излучением от точечного источника, находящегося на расстоянии R от рабочего места. Вид и активность радионуклида, а также расстояние R выбрать из таблицы 7.1. по варианту. Время работы оператора 36 ч в неделю (1700 ч в год).

Таблица 7.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Вид радионуклида	Активность A , мКи	Расстояние R , м
1	^{60}Co	2	0,4
2	^{90}Sr	4	0,5
3	^{131}J	6	0,6
4	^{137}Cs	8	0,7
5	^{236}U	10	0,8
6	^{60}Co	12	0,4
7	^{90}Sr	14	0,5
8	^{131}J	16	0,6
9	^{137}Cs	18	0,7
10	^{236}U	20	0,8

Порядок расчета:

- определить мощность экспозиционной дозы по формуле (3.1);
- рассчитать мощность эквивалентной дозы по формуле (1.6);
- рассчитать годовую эквивалентную дозу по формуле (1.9);
- сравнить полученное значение дозы с ПДД для категории А по таблице 2.1, и сделать вывод: во сколько раз доза выше или ниже ПДД;
- рассчитать уровень риска по формуле (6.1) и сделать вывод.

7.2. Определить безопасное расстояние от источника γ -излучения до рабочего места оператора, если измеренная мощность эквивалентной дозы на расстоянии R составляет $\dot{D}_{\text{экв}}$ (таблица 7.2). Время работы оператора 1700 ч/год.

Таблица 7.2 – Варианты заданий

Номер варианта	Расстояние R, м	Мощность эквивалентной дозы \dot{D} , мкЗв/ч
1	0,1	500
2	0,2	400
3	0,3	300
4	0,4	200
5	0,5	100
6	0,1	800
7	0,2	600
8	0,3	400
9	0,4	300
10	0,5	200

Порядок расчета:

- определить годовую эквивалентную дозу по формуле (1.9);
- рассчитать безопасное расстояние из соотношения (3.2).

7.3. Оценить опасность облучения населения, постоянно подвергающегося воздействию ионизирующего излучения от земли, содержащей радионуклиды. Значения мощности экспозиционной дозы $\dot{D}_{\text{экс}}$ на расстоянии 1 м от земли приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\dot{D}_{\text{экс}}$, 4 мкР/ч	90	80	70	60	50	45	40	35	30	20

Порядок расчета:

- определить мощность эквивалентно дозы по формуле (1.6);
- определить годовую эквивалентную дозу с учетом коэффициента НКДАР по формуле (4.1);
- сравнить расчетную эквивалентную дозу с ПДД для населения по табл. 2.1 и сделать вывод.

7.4. Оценить опасность облучения населения постоянно подвергающегося воздействию ионизирующего излучения от земли, содержащей цезий-137. Значения активности A цезия-137 в поверхностном слое земли даны в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A, \text{Ки/км}^2$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Порядок расчета:

- определить годовую эквивалентную дозу по формуле (4.3);
- сравнить полученную дозу с ПДД_Б по табл.2.1 и сделать вывод: во сколько раз $D_{\text{экв}}$ больше (или меньше) ПДД_Б;
- рассчитать уровень риска по формуле (6.1) и сравнить его с безопасным уровнем $1 \cdot 10^{-5} (\text{чел} \cdot \text{год})^{-1}$.

7.5. Определить годовые дозы ионизирующего внутреннего облучения от радионуклидов, попавших в тело человека в течение месяца с продуктами питания: ^{131}I в воде 30 л, ^{137}Cs в молоке 10 л, ^{90}Sr в хлебе 15 кг. Варианты активности радионуклидов приведены в таблице 7.5. Вид нуклида выбрать по заданию преподавателя.

Таблица 7.5 – Варианты заданий

Номер варианта	Вид радионуклида и активность 1 кг продукта, A_1		
	^{131}I в воде $A_1, \text{Бк/л}$	^{137}Cs в молоке $A_1, \text{Бк/л}$	^{90}Sr в хлебе $A_1, \text{Бк/кг}$
1	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
2	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
3	$8 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$
4	$4 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
5	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
6	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
7	$8 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
8	$4 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
9	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
10	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$

Порядок расчета:

- определить мощность эквивалентных доз облучения всего тела и отдельных органов по формуле (5.1) для одного из радионуклидов;
- рассчитать эквивалентные годовые дозы облучения всего тела и отдельных органов по формуле (5.4) или (5.5);
- сравнить дозы облучения всего тела и отдельных органов с предельно допустимыми по таблице 2.1;
- рассчитать уровень риска облучения по формуле (6.1) или (6.2);
- сравнить полученный уровень риска с безопасным, равным $1 \cdot 10^{-5}$ (чел · год)⁻¹.

Библиографический список

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-406-01422-6. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/935682>

2 Микрюков, В.Ю. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Микрюков В.Ю., Микрюкова С.В. — Москва : КноРус, 2020. — 282 с. — ISBN 978-5-406-01552-0. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/936147>

3 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 155 с. — ISBN 978-5-406-07468-8. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/932500>

4 Основы безопасности жизнедеятельности. Государственная система обеспечения безопасности населения : учебное пособие для СПО / А. Н. Приешкина, М. А. Огородников, Е. Ю. Голубь, А. В. Седымов. — Саратов : Профобразование, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-4488-0743-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92323.html>

5 Долгов, В. С. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / В. С. Долгов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3928-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13390>

6 Беляков, Г. И. Основы обеспечения жизнедеятельности и выживание в чрезвычайных ситуациях : учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 354 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03180-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452122>

Периодические издания

1 Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал.- Москва : Новые технологии, 2019

Минобрнауки России

ФГОУ ВО «Тульский государственный университет»

Технический колледж им.С.И.Мосина



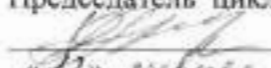
**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине
Безопасность жизнедеятельности**

**специальности 09.02.01
Компьютерные системы и комплексы**

Тула 2022

Утверждено:
на заседании цикловой комиссии
обще профессиональных дисциплин
Председатель цикловой комиссии

 Овчинникова А.Я.
«13» января 2011 г. протокол № 6

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СТРУКТУРА РЕФЕРАТА.....	5
2 ОФОРМЛЕНИЕ РЕФЕРАТА.....	6
3 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТА.....	8
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	10

ВВЕДЕНИЕ

Реферат - краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания книги, научной работы, результатов изучения научной проблемы.

Реферат является самостоятельной письменной работы студента. Реферат - работа, касающаяся какой-то одной достаточно узкой темы и обозначающая основные общепринятые точки зрения на данную тему. В реферате необходимо осветить конкретный вопрос, по сути, нужно пересказать его (желательно своими словами). В реферате не требуется наличия большого фактического материала, глубокого анализа, фундаментальных выводов.

1 СТРУКТУРА РЕФЕРАТА

Реферат должен включать оглавление, введение, несколько глав (от 2 до 5), заключение и список использованных источников.

Структура обычного реферата:

- содержание;
- введение;
- несколько глав (от 2 до 5);
- заключение;
- список литературы (или библиографический список).

Во введении реферата должны быть: актуальность темы реферата; цель работы; задачи, которые нужно решить, чтобы достигнуть указанной цели; краткая характеристика структуры реферата (*введение, три главы, заключение и библиография*); краткая характеристика использованной литературы.

Объем введения для реферата - 1-1,5 страницы.

Главы реферата могут делиться на параграфы. Главы можно заканчивать выводами.

В заключении должны быть ответы, на поставленные во введении задачи и дан общий вывод. Объем заключения реферата - 1-1,5 страницы.

Список использованных источников для реферата обычно должен включать 4-12 позиций - нормативные акты, книги, печатную периодику, интернет-ресурсы.

У реферата могут быть приложения - картинки, схемы и прочие.

2 ОФОРМЛЕНИЕ РЕФЕРАТА

Размеры полей при оформлении реферата: левое поле – не менее 20 мм, верхнее поле – не менее 20 мм, правое поле – не менее 20 мм, нижнее поле – не менее 10 мм.

Для компьютерного набора текста используется гарнитура «Times New Roman» размером кегля 12 пунктов с полуторным межстрочным интервалом или 14 пунктов с одинарным межстрочным интервалом. Нумерация страниц сквозная и проставляется в правом верхнем углу страницы. Первой страницей является титульный лист, на котором номер страницы не проставляется (приложение).

Каждая из частей реферата начинается с новой страницы. Заголовки каждой части реферата пишутся заглавными буквами и размещаются по центру строки. Между заголовком и последующим текстом должна быть пустая строка.

Главы реферата могут делиться на параграфы (если реферат небольшой, то лучше этого не делать). Заголовок параграфа пишется строчными буквами с заглавной, размещается «по ширине страницы» и с отступом красной строки. Пропуска строки между заголовком параграфа и последующим текстом не делается. Главы и параграфы реферата нумеруются. Точка после номера не ставится. Номер параграфа реферата включает номер соответствующей главы, отделяемый от собственного номера точкой, например: «1.3». Заголовки не должны иметь переносов и подчеркиваний, но допускается выделять их «жирностью» или курсивом.

Текст реферата размещается с центрированием «по ширине страницы». Абзацы выделяются красной строкой с отступом не менее 1,27 см.

Рисунки нумеруются последовательно арабскими цифрами или в пределах главы: в каждой главе начинается заново (тогда номер рисунка перед собственно своим номером через точку содержит номер главы). Рисунки могут сопровождаться пояснительными подписями (*Пример подписи рисунка: Рисунок 1 – Схема кодирования*). На все рисунки должны быть ссылки в тексте. Рисунки помещаются после первого упоминания в тексте.

Цифровой материал рекомендуется оформлять в виде таблицы. Таблицу помещают после первого упоминания в тексте. Над левым верхним углом таблице помещается надпись "Таблица" с указанием ее порядкового номера. Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами или в пределах главы. Затем следует заголовок таблицы. При ссылке на таблицу указывается ее номер, например: (таблица 1 или таблица 2.3).

Материал, дополняющий текст работы, размещается в приложениях. Приложениями могут быть таблицы, схемы, диаграммы, чертежи, расчеты и т.д. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь.

Пример - ПРИЛОЖЕНИЕ А

Каждое приложение следует начинать с новой страницы. Вверху первой страницы каждого приложения посередине рабочей строки прописными буквами печатают слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначение. Приложение должно иметь заголовок, который записывают по центру рабочей строки с прописной буквы отдельной строкой.

Список использованных источников для реферата обычно должен включать 4-12 позиций - нормативные акты, книги, печатную периодику, интернет-ресурсы. Впереди идут нормативные акты, потом книги, далее печатная периодика, источники с электронных носителей (например, «Консультант Плюс» или CD-издания), далее интернет-источники.

Очень желательно, чтобы в реферате были ссылки. Количество ссылок для реферата - от 2 до 10. Ставить ссылки можно двумя способами: за текстом номер ссылки в верхнем регистре - и внизу страницы название источника; за текстом в квадратных скобках с указанием номера источника по списку литературы. Ссылки безусловны на все точные числовые данные и на все прямые цитаты.

3 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТА

1. Боевые традиции Вооруженных Сил России
2. Обеспечение национальной безопасности РФ
3. Вооруженные сила РФ. Виды, рода войск, их предназначение
4. Классификация травматических повреждений и первая медицинская помощь
5. Средства и методы защиты от отравляющих газов
6. Символы воинской чести.
7. Чрезвычайные ситуации мирного времени
8. Чрезвычайные ситуации военного времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основные источники:

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-406-01422-6. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/935682>

2 Микрюков, В.Ю. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Микрюков В.Ю., Микрюкова С.В. — Москва : КноРус, 2020. — 282 с. — ISBN 978-5-406-01552-0. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/936147>

Дополнительные источники:

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 155 с. — ISBN 978-5-406-07468-8. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/932500>

2 Основы безопасности жизнедеятельности. Государственная система обеспечения безопасности населения : учебное пособие для СПО / А. Н. Приешкина, М. А. Огородников, Е. Ю. Голубь, А. В. Седымов. — Саратов : Профобразование, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-4488-0743-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92323.html>

3 Долгов, В. С. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / В. С. Долгов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3928-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13390>

4 Беляков, Г. И. Основы обеспечения жизнедеятельности и выживание в чрезвычайных ситуациях : учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 354 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03180-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452122>

Периодические издания

1 Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал.- Москва : Новые технологии, 2019

Интернет ресурсы:

1 ЭБС Юрайт. - Интернет- ссылка <https://urait.ru/>

2 ЭБС BOOK.ru. - Интернет- ссылка <https://www.book.ru/>

3 ЭБС Лань. - Интернет-ссылка <https://e.lanbook.com/>

4 ЭБС IPRBooks. - Интернет- ссылка <http://www.iprbookshop.ru/>

5 НЭБ eLibrary. - Интернет-ссылка <https://www.elibrary.ru/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Пример оформления титульного листа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Технический колледж С.И. Мосина

РЕФЕРАТ

по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
на тему: «Боевые традиции Вооруженных Сил РФ»

Автор работы,
студентка гр. _____

А.А. Петрова

Руководитель,
преподаватель

П.П. Иванова

Тула 202__