

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

УДК 331.45  
ББК Р1(2Рос), 236я73-5  
В799

Рецензент

Доктор технических наук, профессор  
заведующий кафедрой «Химическая инженерия»  
*Н.Ц. Гагапова*

Составители:

*Н.В. Воякина,  
М.А. Промтов*

В799 Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности : лабораторные работы / сост. : Н.В. Воякина, М.А. Промтов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 24 с. – 50 экз.

Содержат основные теоретические сведения, описание лабораторных установок, порядок выполнения работы, обработку экспериментальных данных, список рекомендуемой литературы.

Предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности», которая является дисциплиной для специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств».

УДК 331.45  
ББК Р1(2Рос), 236я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный  
технический университет» (ТГТУ), 2010  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

## **МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Лабораторные работы  
для студентов 3 курса специальности 280102



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2010

Учебное издание

# **МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Лабораторные работы

Составители:

ВОЯКИНА Наталия Вячеславовна,  
ПРОМТОВ Максим Александрович

Редактор М.С. Анурьева

Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

Подписано в печать 15.02.2010.

Формат 60 × 84 / 16. 1,39 усл. печ. л. Тираж 50 экз. Заказ № 91.

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Характерной чертой современной науки и практики является их возрастающее взаимопроникновение, междисциплинарный подход к решению проблем. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности – комплексная дисциплина, изучающая взаимодействие окружающей среды и человека.

Объектом изучения медико-биологических основ безопасности жизнедеятельности является среда обитания, предметом изучения – свойства среды, проявляющиеся во влиянии на здоровье человека, а целью изучения – разработка профилактических мероприятий, обеспечивающих сохранение оптимального здоровья человека, долгой творческой активности.

При изучении влияния окружающей среды на здоровье человека приоритетное значение придаётся факторам риска, непосредственно ведущим к возникновению заболеваний. Устранение (или ослабление) отрицательного воздействия фактора на здоровье людей достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, лечебно-профилактических мероприятий, систем жизнеобеспечения и непосредственно повышения устойчивости человека к неблагоприятному воздействию окружающей среды. Законодательной основы для этого служит гигиеническое нормирование факторов среды обитания.

Приоритетными направлениями при изучении данной дисциплины являются: выявление причинно-следственных связей и факторов, порождающих экологически и производственно обусловленные, профессиональные заболевания; предупреждение вышеперечисленных заболеваний на основе анализа, моделирования и прогнозирования неблагоприятных ситуаций в среде обитания человека; защита людей от экологически и производственно обусловленных заболеваний путём снижения техногенных и природных нагрузок со стороны среды обитания, а также использования лечебно-профилактических мероприятий; информационное обеспечение и образование по вопросам гигиены окружающей среды.

В процессе изучения данной дисциплины будущий специалист должен научиться: анализировать качественные и количественные характеристики опасных и вредных факторов; разрабатывать санитарно-гигиенические требования к технологиям, техническим изделиям, оборудованию, производственным помещениям; проводить эколого-гигиеническую экспертизу с учётом государственных нормативных актов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛИ NaCl В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

*Цель работы.* изучение влияния концентрации поваренной соли на органолептические свойства воды.

### Теоретические основы

Питьевая вода должна соответствовать ГОСТ 2874–82. Основные показатели качества питьевой воды можно разделить на следующие группы.

1. Органолептические показатели (запах, привкус, цветность, мутность).
2. Токсикологические показатели (концентрация алюминия, свинца, мышьяка, фенола, пестицидов).
3. Показатели, влияющие на органолептические свойства воды (рН, окисляемость перманганатная, жёсткость общая, концентрация нефтепродуктов, железа, марганца, кальция, магния, сульфидов).
4. Химические вещества, образующиеся при обработке воды (хлор остаточный свободный, хлороформ, серебро).
5. Микробиологические показатели (термотолерантные колиформы или E.coli, ОМЧ).

К наиболее распространённым загрязнителям воды (содержание компонентов превышает нормативы) можно отнести железо, марганец, сульфиды, фториды, соли кальция и магния, органические соединения, др.

### 1.1. Гигиенические требования и контроль за качеством. ГОСТ 2874–82, 1988

Показатель	Вода, поступающая к населению через систему центрального водоснабжения
Общая жёсткость	<7 мг-экв/л
Запах, вкус	Менее 2 баллов при 20 °С
Цветность	Менее 20
Сухой остаток	<1000 мг/л
Сульфаты	<500 мг/л
Хлориды	350 мг/л
Фтор	<0,7...1,5 мг/л
Тяжёлые металлы	Pb < 0,05 мг/л Cu < 1 мг/л Zn < 5 мг/л
Железо общее	<1 мг/л
Бактерии	Менее 100 в мл
Коли-индекс	Менее 3
Хлор-фенольные запахи	Отсутствие
Хлор в точке, ближайшей к станции	0,3...0,5 мг/л

Биологическая роль соли NaCl определяется натрием и хлором, входящими в её состав. Соль жизненно необходима человеку. Соль NaCl имеет большое физиологическое значение для организма: участвует в секреции соляной кислоты в желудке, в транспорте аминокислот, углеводов и калия, способствует всасыванию глюкозы. Соль участвует в поддержании и регулировании водного баланса в организме.

Большая часть натрия в организме находится в связанном с хлором состоянии. Большая часть хлорида натрия, содержащегося в организме, находится во внеклеточной жидкости. Натрий является главным катионом в плазме крови, составляя более 90 % от их общего количества.

Чрезмерное или просто повышенное потребление соли NaCl сопровождается задержкой тканями воды, что увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний, может приводить к повышенному артериальному давлению и болезням почек, нарушению обмена кальция, отложению солей, остеопорозу, различным заболеваниям суставов. Наряду с другими солями натрия, соль NaCl может стать причиной заболеваний глаз. Токсичность соли NaCl для человека, установленная по минимальной летальной дозе, составляет 8,2 г/кг веса при пероральном введении.

### Порядок выполнения работы

1. Приготовить растворы соли NaCl с концентрацией соли 350 мг/л, 700 мг/л, 3500 мг/л, 7000 мг/л (на один литр дистиллированной воды добавить 350, 700, 3500 и 7000 мг NaCl соответственно).
2. Сравнить заданные концентрации соли с ПДК органолептическим методом. Для количественной оценки запаха, мутности и привкуса используют 5-балльную шкалу (1 балл – очень слабый; 2 балла – слабый; 3 балла – заметный; 4 балла – отчетливый; 5 баллов – очень сильный).
3. Заполнить таблицу 1.2, основываясь на оценках, сделанных в соответствии с органолептическим методом определения характеристик воды.
4. Сделать вывод о возможности использования образцов воды с различной концентрацией соли NaCl в качестве питьевой в соответствии с ГОСТ 2874–82.

Таблица 1.2

Характеристика	Концентрация соли в воде, мг/л	350	700	3500	7000
	Запах				
Мутность					
Привкус					

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

*Цель работы:* научиться определять влияние на организм интенсивности теплообмена тела человека с окружающей средой.

### Теоретические основы

Между человеком и окружающей средой происходит непрерывный процесс теплообмена. Нормальное протекание физиологических процессов в организме человека возможно лишь тогда, когда образующееся в организме тепло полностью отводится во внешнюю среду, т.е. когда имеет место тепловой баланс.

Организм человека обладает способностью в зависимости от конкретных метеорологических условий и тяжести труда регулировать теплообмен с внешней средой, обеспечивая необходимое постоянство температуры тела и сохранение нормального теплового состояния. Регулирование теплообмена осуществляется путём изменения количества вырабатываемого в организме тепла и путём увеличения или уменьшения его передачи в окружающую среду за счёт соответствующих реакций одного из основных механизмов приспособления – терморегуляции.

Терморегуляция – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих постоянство температуры тела человека в допустимых физиологических границах 36,4 – 37,5 °С. Данный диапазон температур внутренних органов человека наиболее благоприятен для протекания в организме биохимических реакций и деятельности мозга.

В производственных помещениях предприятий, имеющих источники тепловой энергии, возможно тепловое воздействие в трёх формах: тепловое излучение, тепловая конвекция и теплопроводность.

*Виды теплоотдачи от человека к окружающей среде.* Образование тепла в организме человека происходит за счёт окислительных реакций и сокращения мышц, а также поглощения тепла получаемого извне от оборудования, нагретых веществ, ламп накаливания и др. Отдача тепла организмом в окружающую среду осуществляется путём конвекции в результате нагревания воздуха, омывающего поверхность тела, (в благоприятных метеорологических условиях составляет примерно 30 % всей теплоотдачи), испарения влаги (пота) с поверхности кожи (в среднем 20 – 29 %), теплового излучения на окружающие предметы, имеющие более низкую чем кожа температуру поверхности (до 60 %).

Теплоотдача – процесс отдачи тепла организмом человека осуществляется:

- теплопроводностью (кондукцией);
- конвекцией (проведением), дыханием и испарением пота и влаги;
- радиацией (излучением).

Некоторое количество тепла затрачивается на нагревание пищи и воды во время пищеварения, нагревание воздуха в лёгких.

Теплообмен человека при выполнении различных видов физической работы значительно меняется, например, значительно увеличиваются теплопотери испарением (конвекцией).

*Теплопроводность.* Теплопроводностью (кондукцией) осуществляется теплопередача от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним твёрдым предметом.

Перенос тепла в этом случае происходит по Закону Фурье, Дж/с:

$$Q_{\text{конд}} = K S (t_1 - t_2), \quad (2.1)$$

где  $Q_{\text{конд}}$  – отдача тепла кондукцией;  $S$  – поверхность соприкосновения человека с предметом, м<sup>2</sup>;  $t_1$  – температура поверхности тела, °С;  $t_2$  – температура поверхности тела соприкосновения, °С;  $K$  – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>·К, равный

$$K = 1/(\Sigma[\delta/\alpha]_{\text{TK}} + \Sigma[\delta/\alpha]_{\text{возд}}), \quad (2.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;  $\delta$  – толщина слоя одежды, м.

Теплопередача кондукцией через воздух составляет очень незначительную величину, так как коэффициент теплопроводности неподвижно воздуха равен  $9,65 \cdot 10^{-4}$  Вт/м·К.

*Конвекция.* Конвекцией осуществляется передача тепла с поверхности тела или одежды человека движущемуся около него воздуху. В общем балансе теплопотерь теплопередача конвекцией составляет значительную долю (свыше 25...30 %).

Для расчётов теплоотдачи конвекцией можно использовать уравнение Н.К. Витте, основанное на учёте охлаждения кататермометра и установленных при этом эмпирических постоянных величин:

$$Q_{\text{конв}} = 0,10 (0,5 + \sqrt{v}) S (T_{\text{в}} - T_{\text{п}}) \text{ для } v \leq 0,6 \text{ м/с}; \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{конв}} = 0,12 (0,273 + \sqrt{v}) S (T_{\text{в}} - T_{\text{п}}) \text{ для } v > 0,6 \text{ м/с}, \quad (2.4)$$

где  $v$  – скорость движения воздуха, м/с;  $S$  – поверхность тела человека, участвующая в теплообмене, м<sup>2</sup>;  $T_{\text{в}}$  – температура воздуха, °С;  $T_{\text{п}}$  – температура (средняя) поверхности кожи, °С.

*Испарение с поверхности тела человека.* При испарении пота с поверхности кожи человека отнимается тепло, являющееся скрытой теплотой парообразования. Процесс теплоотдачи испарением с поверхности кожи и лёгких человека в условиях комфорта составляет 23...29 % всей теплоотдачи.

Количество тепла, отдаваемого с поверхности тела испарением, определяется уравнением, Вт:

$$Q_{\text{и}} = \alpha_{\text{в}} W S (P_{\text{к}} - P_{\text{в}}), \quad (2.5)$$

где  $S$  – часть поверхности тела, покрытая потом,  $m^2$ ;  $W$  – коэффициент увлажнения кожи  $W \approx 0,2 \dots 1$ ;  $P_k$  – парциальное давление водяного пара в насыщенном воздухе над кожей, Па;  $P_b$  – парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе, Па;  $\alpha_b$  – коэффициент перехода тепла во внешнюю среду при испарении пота,  $Вт/м^2 \cdot К$ , для одетого человека  $\alpha_b = 1,25K$ , где  $K$  – коэффициент теплопередачи, для не одетого человека  $\alpha_b = 10,45 + 8,7v$ , где  $v$  – скорость воздуха, м/с.

Как видно из уравнения, количество испаряющегося пота зависит от скорости движения воздуха, величины поверхности тела, покрытой потом, и от разности парциальных давлений ( $P_k - P_b$ ); которая меняется в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха. Интенсивность выделения водяных паров с поверхности кожи человека резко возрастает и при интенсивной мышечной деятельности человека.

При приближённых расчётах считают, что количество тепла, отдаваемого с поверхности кожи испарением, в основном зависит от количества испарённой влаги и от температуры кожи.

**Радиация (излучение).** Теплоотдача радиацией – это передача тепла в форме лучистой энергии с поверхности тела человека на окружающие поверхности, имеющее более низкую температуру, или в окружающее пространство. Количество тепла, отдаваемого излучением, зависит от температуры поверхности тела (одежды), температуры окружающих тело стен и поверхностей, их способности излучать тепло, величины площади тела и окружающих поверхностей, расстояния и взаимного расположения тела и окружающих его поверхностей. Теплоотдача излучением в состоянии покоя человека составляет 43...50 % всей потери тепла.

Количество тепла, излучённого единицей поверхности тела в единицу времени, определяется по закону Стефана-Больцмана, справедливому только для абсолютно чёрного и серого тел, ккал/ч:

$$Q_{\text{рад}} = \alpha_{\text{рад}} S_{\text{изл}} [(273 - t_n/100)^4 - (273 + t_o/100)^4], \quad (2.6)$$

где  $\alpha_{\text{рад}}$  – коэффициент теплоотдачи радиацией,  $Вт/м^2 \cdot К$ ;  $S_{\text{изл}}$  – излучающая поверхность тела человека,  $m^2$ ;  $t_n$  – температура поверхности тела и одежды,  $^{\circ}C$ ;  $t_o$  – температура окружающих поверхностей,  $^{\circ}C$ .

Этот закон показывает, что интенсивность излучения резко возрастает с повышением температуры поверхности тела.

В помещении теплоотдачу радиацией определяют по формуле Н. Витте, Вт:

$$Q_p = 0,093 \cdot S (T_{\text{ст}} - T_t), \quad (2.7)$$

где  $Q_p$  – теплоотдача радиацией, Вт;  $S$  – поверхность тела человека,  $m^2$ ;  $T_{\text{ст}}$  – температура стен;  $T_t$  – средневзвешенная температура тела.

В теплообмене человека конвекцией и радиацией принимает участие в среднем 75 % всей поверхности тела.

**Теплоотдача в процессе дыхания: нагревание воздуха и испарение влаги.** Количество тепла, отдаваемого телом человека на нагревание воздуха в лёгких, зависит от количества прошедшего воздуха и его температуры при входе и выходе. А количество тепла, отдаваемого на испарение влаги, зависит от количества воздуха, прошедшего через лёгкие при дыхании и от содержания влаги во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе. Оно определяется по формуле

$$Q_{\text{дых}} = 0,001 mp, \quad (2.8)$$

где  $p$  – удельная теплота испарения воды, Вт;  $m$  – количество влаги, испарённой в лёгких за 1ч (кг), определяемое разностью содержания влаги во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

В общем виде тепловой поток от человека равен

$$q = \sum Q/s, \quad (2.9)$$

где  $S$  – площадь теплообмена (площадь поверхности тела человека) условного мужчины 180  $m^2$ , условной женщины – 160  $m^2$ . Соотношение поверхности частей к общей поверхности тела: голова – 7,36 %; бедро – 20,3 %; туловище – 35,5 %; голень – 12,5 %; плечо и предплечье – 13,4 %; стопа – 6,44 %; кисть – 4,5 %.

### Порядок выполнения работы

1) По показаниям «сухого» и «мокрого» термометров с использованием  $I$ -х диаграммы определить температуру и относительную влажность воздуха в учебной лаборатории.

2) Разбить помещение на условные зоны. Рассчитать скорость воздуха (в зависимости от скорости работающего вентилятора) в зоне помещения и определить температуру окружающих человека поверхностей. Полученные данные занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Зона лаборатории	Температура а «сухого» термометра, $^{\circ}C$	Температура а «мокрого» термометра, $^{\circ}C$	Относительная влажность воздуха, %	Скорость воздуха, м/с	Тепловой поток от сухой кожи	Тепловой поток от влажной кожи
1						
2						
...						

3) Рассчитать по формулам (2.1) – (2.8) потери тепла радиацией (излучением), теплопроводностью и конвекцией, испарением влаги с кожи и верхних дыхательных путей и на нагрев вдыхаемого воздуха.

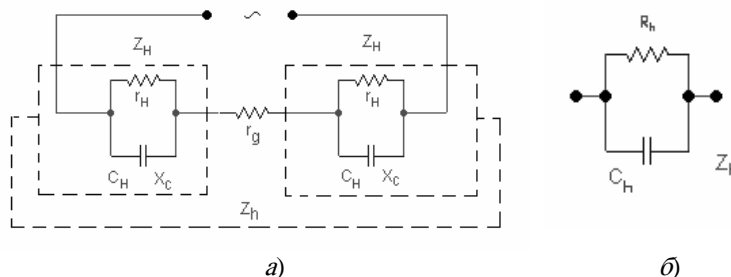
4) Рассчитать по формуле (2.9) общий тепловой поток от человека (сухая кожа и мокрая кожа) в зонах лаборатории.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

*Цель работы:* изучение определения и расчёта сопротивления тела человека.

### Теоретические основы

При протекании электрического тока в теле человека происходят биофизические и биохимические процессы, значительно более сложные, чем в электролитах, металлах, проводниках. Однако при определённых допущениях тело человека можно представить в виде электрической схемы замещения. Чаще всего используются для анализа явлений при протекании тока через человека по пути рука-рука и расчёта электрических параметров сопротивления человека – две схемы замещения: эквивалентная (рис. 3.1, а) и упрощённая (рис. 3.1, б). Здесь  $r_h$  и  $C_h$  – активное сопротивление и ёмкость тела человека.



**Рис. 3.1. Электрическая схема замещения тела человека (рука-рука):**  
а – эквивалентная; б – упрощённая

Для упрощения схемы можно принять  $R_h \sim 2r_h + r_g$ ,  $C_h \sim 0,5C_h$ , а полное сопротивление  $Z_h$  тела человека по пути рука-рука будет определяться по формуле:

$$Z_h = 1 / (1/R_h^2 + \omega^2 C_h^2)^{1/2} \tag{3.1}$$

Для эквивалентной схемы выражения для  $Z_h$  получается относительно сложным и здесь не приводится.

Анализируя эквивалентную схему замещения, можно сделать несколько выводов:

а) Наличие ёмкости в схеме и соответственно реактивной составляющей в выражении для  $Z_h$  обуславливает влияние рода и частоты тока на значение сопротивления тела человека.

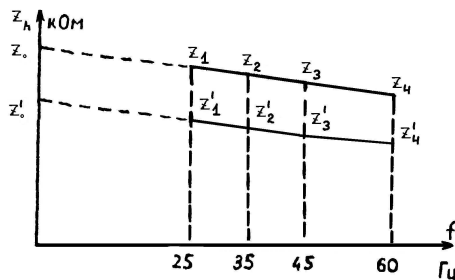
б) С увеличением частоты  $f$  ёмкостное сопротивление  $X_c = 1/2\pi f C_h$  уменьшается и шунтирует активное сопротивление  $r_h$ . В пределе при  $f \rightarrow \infty$  полное сопротивление оказывается равным внутреннему сопротивлению  $r_h$ . Практически уже на частотах 10...20 кГц можно считать:  $r_h \sim r_b$ . Внутреннее сопротивление  $r_b$  является активным и от частоты не зависит.

в) При уменьшении частоты ёмкостное сопротивление возрастает и в пределе при  $f \rightarrow 0$ , т.е. при постоянном токе:  $Z_0 = 2r_h + r_g$ , откуда

$$r_h = (Z_0 - r_g)/2 \tag{3.2}$$

С некоторыми допущениями можно принять, что полное сопротивление тела человека на частотах 0...100 Гц находится в линейной зависимости от частоты тока и может быть определено методом экстраполяции.

С этой целью в линейном масштабе строится график зависимости полного сопротивления от частоты, как показано на рис. 3.2. Значение  $Z_0$  находится при пересечении прямой  $Z_1 - Z_4$  с осью ординат.



**Рис. 3.2. График экстраполяции при определении сопротивления тела человека постоянному току**

г) Значение полного сопротивления наружного слоя кожи  $Z_n$  при данной частоте может быть найдено из выражения

$$r_n = (Z_n - r_b)/2 \tag{3.3}$$



Полное сопротивление наружного слоя кожи  $z_n$  связано с  $r_n$  и  $1/\omega C_h$  соотношением:  $1/z_n^2 = 1/r_n^2 + 1/\omega^2 C_h^2$ . Отсюда можно получить ёмкость наружного слоя кожи  $C_n$  из выражения

$$C_n = (r_n - z_n^2)^{1/2} / 2\pi f r_n z_n. \quad (3.4)$$

Приведённые выражения позволяют при наличии экспериментальной зависимости  $z_n(f)$  определить расчётным путём для заданной частоты  $f$  значения  $r_n$ ,  $z_0$ ,  $r_n$ ,  $z_n$ ,  $C_n$ .

Для исследования зависимости сопротивления тела человека от частоты применяется лабораторная установка (рис. 3.3), состоящая из звукового генератора со встроенным вольтметром, милливольтметра и трёх пар дисков-электродов.

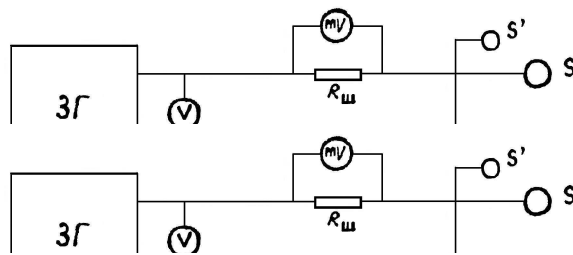


Рис. 3.3. Схема включения приборов:

ЗГ – звуковой генератор;  $mV$  – милливольтметр, используемый для определения напряжения, проводимого через человека;  $V$  – вольтметр, показывающий напряжение на выходе генератора;  $S$  – диски-электроды;  $R_{ш}$  – шунтирующий резистор

Генератор является источником синусоидальных электрических колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц. Частоты устанавливаются по диапазонам 20...200 Гц, 200...2000 Гц, 2...20 кГц с помощью переключателя. Амплитуда выходного напряжения регулируется ручкой «регулятор выходного напряжения». Милливольтметр, измеряющий падение напряжения на сопротивлении, равном 1 кОм, позволяет получить значение тока через человека. Измерительный зонд милливольтметра имеет делитель 1:100, что необходимо учесть при определении тока.

Во время исследования руки испытуемого накладываются на диски-электроды, на которые от звукового генератора подаётся напряжение заданной частоты. Для получения правильных значений сопротивления плотность прижатия рук к дискам-электродам должна быть постоянной в течение опыта.

### Порядок проведения работы

1. Получив задание, проверьте подключение приборов и положение ручек на генераторе и милливольтметре. Ручка генератора должна быть в положении «min», тумблер милливольтметра «сеть» в нижнее положение. При необходимости установите переключатель диапазонов частоты генератора на 1, ручку регулятора выходного напряжения поверните до отказа влево, после чего можно включить приборы.

2. Один из испытуемых накладывает руки на диски-электроды.

3. Поворачивая ручку «Регулятор выходного напряжения» вправо, установите напряжение 2...3 В. Лимбом настройки последовательно установите частоты от 25 Гц до 20 кГц и произведите измерения, показания приборов запишите ( $U_B$  – показания вольтметра генератора,  $U_m$ , В – показания милливольтметра).

**Внимание!** При переключении частотного диапазона ручку «Регулятор выходного напряжения» необходимо каждый раз поворачивать в крайнее левое положение, т.е. до нуля. Стрелка милливольтметра должна находиться в пределах шкалы 10 мВ. Если на высоких частотах стрелку милливольтметра будет зашкаливать, следует уменьшить выходное напряжение генератора.

### Обработка экспериментальных данных

1. Рассчитайте значение тока (мА) и сопротивление тела человека (кОм) по формулам, которые для данной установки с учётом параметров схемы измерения имеют вид:  $I = \frac{U_{[мВ]}}{10}$ ,  $z_h = \frac{U_{[В]}}{I_{[мА]}} - 1$ .

2. Постройте по полученным данным частотные зависимости:

а)  $r_h = \varphi(f)$  при  $S$ ;

б)  $r_h' = \varphi'(f)$  при  $S'$ . Частота по оси абсцисс на бланке отчёта должна быть отложена в логарифмическом масштабе.

3. Определите внутреннее сопротивление  $r_n$ . Оно равно значению  $r_h$  при  $f = 20$  кГц.

4. Методом экстраполяции найдите значение сопротивления тела человека при постоянном токе  $r_0$ , т.е. при  $f \rightarrow 0$ .

5. На частоте, указанной в задании, определите полное сопротивление наружного слоя кожи.

6. Рассчитайте величину ёмкости  $C_n$  наружного слоя кожи для электродов  $S$  и  $S'$ .

7. Рассчитайте ёмкостное сопротивление  $x_c$  по формуле  $x_c = 1/\omega C = 1/2\pi f C$ .

8. Начертите электрическую схему замещения сопротивления тела человека для условий проведённого эксперимента и укажите на ней для максимальной площади электродов численные значения основных параметров:  $r_n$ ,  $r_b$ ,  $x_c$ .

9. Постройте графики  $I_h = \varphi(f)$  при условии постоянства выходного напряжения генератора. Если выходное напряжение во время опыта менялось, постройте графики для частотного диапазона, где  $U = \text{const}$ . Графики постройте на сетке  $I_h = \varphi(\lg f)$  бланка отчёта, для чего в оси ординат (слева) выберите масштаб для  $I_h$  и нанесите численные значения  $I_h$ . Из анализа графиков  $I_h = \varphi(f)$  сделайте вывод об изменении пороговых значений тока в зависимости от частоты.

10. Для частотного диапазона, в котором  $U = \text{const}$ , постройте графики  $r_h = \varphi(I_h)$  для  $S$  и  $S'$  и сделайте вывод.

11. По результатам опыта укажите факторы, которые влияют на условия поражения электрическим током. Перечислите, какие ещё факторы определяют исход поражения током.

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ФАКТОРАМ ВРЕДНОСТИ И ТРАВМООПАСНОСТИ

*Цель работы:* Оценить влияние вредных и опасных факторов среды обитания (на производстве, в городе и в быту), на продолжительность жизни человека и риск его гибели.

### Теоретические основы

При суточной миграции человека во вредных условиях жизненного пространства суммарная оценка ущерба здоровью может быть определена через расчёт времени сокращения продолжительности жизни в сутках по приближенной формуле:

$$\text{СПЖ} = \text{СПЖ}_{\text{пр}} + \text{СПЖ}_{\text{г}} + \text{СПЖ}_{\text{б}}, \quad (4.1)$$

где  $\text{СПЖ}_{\text{пр}}$ ,  $\text{СПЖ}_{\text{г}}$ ,  $\text{СПЖ}_{\text{б}}$ , – сокращения продолжительности жизни при пребывании, соответственно, в условиях производства, города и быта (сут).

Расчёт снижения продолжительности жизни осуществляется:

– по фактору неблагоприятных условий производства

$$\text{СПЖ}_{\text{пр}} = (K_{\text{пр}} + K_{\text{т}} + K_{\text{н}}) (T - T_{\text{н}}), \quad (4.2)$$

где  $K_{\text{пр}}$ ,  $K_{\text{т}}$ ,  $K_{\text{н}}$  – ущерб здоровью на основании оценки класса условий производства, тяжести и напряжённости труда, сут/г. (табл. 4.1, 4.2);  $T$  – возраст человека, г.;  $T_{\text{н}}$  – возраст начала трудовой деятельности;

– по фактору неблагоприятных жилищных бытовых условий и загрязнённого воздуха в городе

$$\text{СПЖ}_{\text{б,г}} = (K_{\text{б}} + K_{\text{г}}) \cdot T, \quad (4.3)$$

где  $K_{\text{б}}$ ,  $K_{\text{г}}$  – скрытый ущерб здоровью в условиях бытовой и городской среды, сут/г. (табл. 4.3);

– по факту курения с учётом сомножителя ( $n/20$ )

$$\text{СПЖ}_{\text{б}} (\text{курение}) = K_{\text{б}} T_{\text{к}} (n/20), \quad (4.4)$$

где  $n$  – количество выкуриваемых сигарет в день;  $T_{\text{к}}$  – стаж курильщика;  $K_{\text{б}}$  – по фактору езды в общественном транспорте.

$$\text{СПЖ}_{\text{г}} (\text{транспорт}) = K_{\text{г}} T_{\text{т}} t, \quad (4.5)$$

где  $T_{\text{т}}$  – количество лет езды на работу в общественном транспорте;  $t$  – суммарное количество часов, затрачиваемое человеком ежедневно на проезд домой и на работу в оба конца.

Расчёт носит вероятностный характер и позволяет оценить влияние наиболее весомых факторов, характеризующих качество жизни конкретного человека.

*Классификация условий труда по степени вредности и опасности.* Условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

Допустимые условия труда (2 класс), при которых факторы не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время отдыха или к началу следующей смены.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство.

Пороговые значения уровней вредных факторов для класса 4 приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Вредные факторы	Значение уровня
Вредные вещества 1–2 класса опасности	>20 ПДК
Вредные вещества, опасные для развития острого отравления	>10 ПДК
Шум, дБ	Превышение ПДУ >35
Вибрация локальная, дБ	Превышение ПДУ >12
Вибрация общая, дБ	Превышение ПДУ >24
Тепловое облучение	>2800 Вт/м <sup>2</sup>
Электрические поля промышленной частоты	>40 ПДУ
Лазерное излучение	>10 <sup>3</sup> ПДУ при однократном воздействии

Следует отметить, что работа в условиях труда 4 класса не допускается, за исключением ликвидации аварий и проведение экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций. При этом работы должны проводиться с применением средств индивидуальной защиты и при строгом соблюдении режимов проведения таких работ. Нормативные значения вредных и опасных факторов приведены в справочной литературе.

Оценка влияния вредных факторов на здоровье человека. Воздействие вредных факторов на здоровье человека определяется их уровнями, совокупностью факторов и длительностью пребывания человека в этих зонах.

Связь между совокупностью вредных производственных факторов и классами условий труда рассмотрена в специальном документе Минздрава России.

Шкала оценки ущерба здоровью с учётом влияния возможных сочетаний вредных факторов и их уровней, тяжести и напряжённости трудового процесса на здоровье работающих представлена в табл. 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2

№ п/п	Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, сут/г. $K_{пр}(K_n)$
1	1 фактор класса 3.1	3.1	2,5
2	2 фактора класса 3.1	3.1	3,75
3	3 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
4	1 фактор класса 3.2	3.2	8,75 +
5	2 и более факторов класса 3.2	3.3	12,6
6	1 фактор класса 3.3	3.3	18,75 +
7	2 и более факторов класса 3.3	3.4	25,0
8	1 фактор класса 3.4	3.4	50,0 +
9	2 и более факторов класса 3.4	4	75,1
10	Наличие факторов класса 4	4	75,1

Таблица 4.3

#### Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса

№ п/п	Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, сут/г., $K_t$
1	Менее 3 факторов класса 2	2	–
2	3 и более факторов класса 2	3.1	2,5
3	1 фактор класса 3.1	3.1	3,75
4	2 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
5	1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
6	2 фактора класса 3.2	3.3	12,6
7	Более 2 факторов класса 3.2	3.3	18,75

Методика количественной оценки ущерба здоровью при работе в неблагоприятных условиях труда включает следующие этапы:

- проводится оценка условий труда на рабочем месте по каждому негативному фактору, указанному в описании варианта, и устанавливается класс вредности условий труда;
- оценивается ущерб здоровью в виде сокращения продолжительности жизни  $K_{пр}$  от класса условий труда на производстве по табл. 4.2;
- при оценке ущерба здоровью только по показателю тяжести трудового процесса используют данные табл. 4.3;
- при оценке ущерба здоровью только по показателю напряжённости трудового процесса величину ущерба принимают по классу условий труда по данным табл. 4.2, указанным в графе со значком « + ».

Учёт влияния вредных факторов городской и бытовой сред на здоровье людей обычно проводится по упрощённым показателям, приведённым в табл. 4.4.

Таблица 4.4

#### Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской ( $K_r$ ) и бытовой ( $K_b$ ) среды, сут./г.

Факторы городской среды	Загрязнение воздуха в крупных городах	5
	Езда в часы «пик» в общественном транспорте ежедневно в течение 1 часа	2
Факторы бытовой среды	Проживание в неблагоприятных жилищных условиях	7
	Курение по 20 сигарет в день	50

Оценка влияния травмоопасных факторов на человека в производственных, городских и бытовых условиях.

Вероятность травмирования человека в различных условиях его жизнедеятельности оценивается величиной индивидуального риска  $R$ . При использовании статистических данных величину риска ;  $1/$  (человек/г.) определяют по формуле

$$R = N_{\text{тр}} / N_0, \quad (4.6)$$

где  $N_{\text{тр}}$  – число травм за год;  $N_0$  – численность работавших в тот же период.

Госкомстат РФ оценивает травмоопасность различных производств и отраслей показателями частоты травматизма  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{си}}$ :

$$K_{\text{ч}} = \left( N_{\text{тр}} / N_0 \right) 1000; \quad (4.7)$$

$$K_{\text{си}} = \left( N_{\text{си}} / N_0 \right) 1000, \quad (4.8)$$

где  $K_{\text{ч}}$  – показатель частоты травматизма, а  $K_{\text{си}}$  – показатель травматизма со смертельным исходом, приходящиеся на 1000 работающих;  $N_{\text{си}}$  – число травм со смертельным исходом за год.

Нетрудно видеть, что при известных  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{си}}$  риски получить травму  $R_{\text{тр}}$  или погибнуть на производстве  $R_{\text{си}}$  будут определяться по формулам:

$$R_{\text{тр}} = K_{\text{ч}} / 1000; \quad (4.9)$$

$$R_{\text{си}} = K_{\text{си}} / 1000, \quad (4.10)$$

где  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{си}}$  – показатели в различных отраслях экономики и по отдельным профессиям составляют:

Таблица 4.5

Отрасль, профессия	$K_{\text{ч}}$	$K_{\text{си}}$
По всем отраслям	5,0	0,15
<b>Промышленность</b> (в среднем)	5,5	0,133
Электроэнергетика	1,7	0,131
Электрические сети	2	0,211
Тепловые сети	3	0,132
Нефтепереработка	1,6	0,058
Химическая промышленность	3,1	0,104
Угольная промышленность	25,3	0,406
Чёрная металлургия	3,6	0,146
Цветная металлургия	4,5	0,216
Приборостроение	3,1	0,061
Автомобильная промышленность	4,6	0,069
Лесозаготовка	21,2	0,479
Лесопильное производство	16,7	0,246
<b>Пищевая промышленность</b>	6,0	0,122
Пивоварное производство	7,0	0,185
Спиртовая промышленность	2,3	0,029
Мясная и молочная промышленность	7,4	0,079
<b>Сельское хозяйство</b>	8,3	0,216
<b>Транспорт</b>	3,6	0,162
Железнодорожный	1,3	0,111
Водный	5,0	0,345
Авиационный	2,5	0,264
<b>Строительство</b>	5,3	0,312
<b>Коммунальное хозяйство</b>	3,2	0,037
<b>Здравоохранение</b>	2	0,009
Водитель	–	0,32
Электросварщик	–	0,20
Газосварщик	–	0,21
Грузчик	–	0,18
Слесарь	–	0,11
Крановщик	–	0,14

Риск гибели людей в непроизводственных условиях  $R_6$ ,  $R_7$  можно приближённо оценивать, пользуясь данными, приведёнными ниже:

Причина	Риск гибели человека
Автокатастрофа	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Авиакатастрофа	$1 \cdot 10^{-5}$
Электротравма	$6 \cdot 10^{-6}$
Падение человека	$1 \cdot 10^{-4}$
Падение предметов на человека	$6 \cdot 10^{-6}$
Воздействие пламени	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$
Авария на АЭС (на границе территории АЭС)	$5 \cdot 10^{-7}$
Природные явления (молнии, ураганы и пр.)	$10^{-6} \dots 10^{-7}$

Вычисление вероятности гибели человека в цепи несовместимых событий производится по формуле

$$R = \sum_1^n R_i, \quad (4.11)$$

где  $R_i$  – вероятность индивидуального события;  $R$  – суммарный риск от  $n$  последовательных событий.

### Порядок проведения работы

1. Внимательно изучите вариант задания, выданный Вам преподавателем.
2. Определите класс условий труда в соответствии с заданием заполните итоговую табл. 4.6 отчёта по оценке условий труда работника по степени вредности и опасности, тяжести и напряжённости.
3. Проведите количественную оценку ущерба здоровью при работе в неблагоприятных условиях труда (табл. 4.2 – 4.3 текста), а также жизни в городе и в быту (табл. 4.4) и заполните табл. 4.7.
4. Оцените риск получения травмы  $R_{тр}$  или риск гибели на производстве  $R_{си}$ , зная величины  $K_ч$  и  $K_{си}$  из табл. 4.5, а риск гибели в непроизводственных условиях  $R_6$ ,  $R_7$  из табл. 4.6. Результаты занесите в табл. 4.8.
5. Сделайте выводы и предложите рекомендации по увеличению СПЖ и снижению риска  $R_{тр}$  и  $R_{си}$ .

Таблица 4.6

Фактор	Класс условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный
			3.1	3.2	3.3	3.4	
1	2					4	

Таблица 4.7

Класс условий труда	Расчёт СПЖ
СПЖ <sub>пр</sub>	
СПЖ <sub>г</sub>	
СПЖ <sub>6</sub>	
СПЖ <sub>7</sub>	

Таблица 4.8

Показатели	Расчёт риска
$K_ч$	
$K_{си}$	
$R_{тр}$	
$R_{си}$	
$R_6$	
$R_7$	
$R_{\Sigma}$	

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Вариант 1

Определите величину сокращения продолжительности жизни (СПЖ, сут) заточника в зависимости от класса условий труда в механическом цехе, условий проживания, поведения и суммарный риск гибели заточника. Работа ведётся электрокорундовыми кругами. Количество окиси кремния в воздухе рабочей зоны превышает ПДК в 1,5 раза. При заточке присутствует отражённая блёскость. Число оборотов шлифовального круга 6300 об/мин, что создает локальную вибрацию, превышающую допустимую на 9 дБ. Уровень шума превышает допустимый на 25 дБ. Освещённость в цехе из-за сильного загрязнения системы освещения составляет 50% от нормы. Живёт заточник около нефтебазы, ему 45 лет, трудиться начал с 15 лет, выкуривает более 20 сигарет в день в течении 30 лет. Время в пути до работы наземным городским транспортом составляет 1 час, где к тому же подвергается воздействию вибрации.

### Вариант 2

Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели мастера (инженера) участка виброуплотнения и термообработки стержневых смесей литейного цеха. Вентиляция в цехе работает не эффективно. Печи электрические, работают на частоте 3,0 МГц с интенсивностью поля, превышающей нормы > 5 раз. Вибрация на рабочем месте мастера превышает допустимую на 12 дБ. Уровень шума превышает допустимый на 15 дБ. Напряжённость электрической составляющей превышает предельно допустимый уровень в 3 раза, так как печь старая и отсутствует экранирование индуктора. Интенсивность теплового потока на рабочем месте 1,05 кВт/м<sup>2</sup> (норма 0,35 кВт/м<sup>2</sup>). Запылённость алюминиевой, магниевой пылью (2 класс опасности), загазованность воздуха рабочей зоны парами аммиака, ацетона, окисью углерода (3 класс опасности) в среднем превышает ПДК в 7 раз. Мастер живёт за городом, куда добирается на электричке и автобусе в течение 1,5 часа. Дом его расположен около железнодорожного переезда и уровень инфразвука (ИЗ) от маневровых паровозов в доме в ночное время превышает ПДУ на 10 дБ. Ему 60 лет, из них 45 лет он курит и выкуривает в среднем по 12 сигарет в день.

### Вариант 3

Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) оператора гибкого автоматизированного комплекса, рабочее место которого оснащено компьютером буквенно-цифрового типа, на котором он работает более 4 час за смену, и пультом управления с большим числом контрольно-измерительных шкальных приборов. Оператор постоянно, с длительностью сосредоточенного наблюдения более 45 % от времени смены, обрабатывает информацию, внося коррекцию в работу комплекса. При этом он несёт полную ответственность за функциональное качество вспомогательных работ, а также за обеспечение непрерывного производственного процесса. Обеспечение последнего зависит от оперативного принятия управленческих решений. Работа комплекса связана с механической высокоскоростной обработкой высоколегированных сталей. Работа 2-х сменная с ночной сменой. Продолжительность смены 10 часов. Помещение комплекса с пультом управления не имеет окон, в нём предусмотрена общеобменная вытяжная вентиляция. Живёт оператор в крупном городе, домой добирается на метро за 40 мин (0,66 ч), курит по 10 сигарет в день в течение 30 лет. Определите также величину риска гибели оператора, которому 48 лет.

### Вариант 4

Определите величину сокращения продолжительности жизни (сут) и величину риска гибели 50-летнего инженера, окончившего ТГТУ и поступившего работать мастером цеха завода ОАО «Пигмент» в 25 лет. Содержание в составе воздуха на предприятии токсичных веществ – стирола, фенола, формальдегида составляет 10 ПДК. Уровни шума превышают ПДУ на 25 дБ, освещённость в цехе из-за постоянного наличия тумана составляет меньше 50% от нормы; уровень статического электричества составляет <5 ПДУ. Степень ответственности за окончательный результат работы (боязнь остановки техпроцесса, возможность возникновения опасных ситуаций для жизни людей и др.) составляет класс условий труда 3.2. Из-за дефицита времени по напряжённости труда работа мастера относится к классу 3.1. Живёт инженер в районе ОАО «Пигмент».

### Вариант 5

Определите величину сокращения продолжительности жизни маляра- женщины, которая окрашивает промышленные изделия с помощью краскопульта, весом 1,8 кг в течение 80 % времени смены, т.е. 23 040 с, при этом она выполняет около 30 движений с большой амплитудой в минуту. Живёт работница рядом с хлебозаводом, который работает круглосуточно. Системы вентиляции создают в ночное время уровни шума, превышающие ПДУ на 25 дБ. Добирается домой на двух видах городского транспорта в течение 1 ч 15 мин. Она курит в течение уже 20 лет, в среднем по 15 сигарет в день, ей 55 лет, рабочий стаж 35.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Занько, Н.Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности / Н.Г. Занько, В.М. Ретнев. – М. : Издат. центр «Academia», 2008.
2. Занько, Н.Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. Лабораторный практикум : учебное пособие / Н.Г. Занько, В.М. Ретнев. – М. : Academia, 2005.
3. Русак, О.Н. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г. Занько. – Л. : Издат. центр «Academia», 2005.
4. Р 2.2.755–99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса».
5. СанПиН 9–80 РБ 98. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
6. ГОСТ 12.005–88 (с изм. 2000) Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.