

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Инженерный институт

**БЕЗОПАСНОСТЬ**  
**ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Типовые задачи по курсу

Новосибирск 2021

УДК 614.8 (075)

ББК 68.9, Я73

Т 434

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологий

Составители: канд. с.-х. наук, доц. Л.А. Овчинникова,  
канд. техн. наук, доц. В.А. Понуровский,  
канд. биол. наук, доц. Н.И. Мармулева,  
канд. биол. наук, доц. Е.Л. Дзю,  
ст. преп. А.С. Кусов

Рецензент канд. техн. наук, доц. *С.Г. Шукин*

Безопасность жизнедеятельности: типовые задачи по курсу /  
Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: Л.А. Овчинникова, В.А.  
Понуровский, Н.И. Мармулева, Е.Л. Дзю, А.С.Кусов. – Новосибирск: ИЦ  
«Золотой колос», 2021. – 35с.

Типовые задачи составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом для высших учебных заведений по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». Предназначены для студентов всех форм обучения и всех направлений подготовки, реализуемых в НГАУ. Предложенные материалы позволяют использовать приобретенную совокупность знаний, умений и навыков в профессиональной деятельности для обеспечения безопасности.

Утверждены и рекомендованы к изданию методической комиссией Инженерного института (протокол №4 от 30 ноября 2021г.).

## ВВЕДЕНИЕ

Основной целью курса «Безопасность жизнедеятельности» является обогащение студентов теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для обеспечения безопасных условий в производственной, бытовой, природной средах, а также в условиях чрезвычайных ситуаций.

Для проведения расчетов по указанным направлениям предлагаются примеры и задачи, условия которых систематизированы по следующим разделам охраны труда: профилактика травматизма, вентиляция рабочих мест, освещение производственных помещений, электробезопасность производственного оборудования, пожаробезопасность на предприятии.

В каждом разделе даны условия задач, приведены методические указания по их решению и указана литература, содержащая теорию или дополнительные сведения, необходимые для проведения расчетов.

В каждом разделе содержатся основные расчетные формулы и некоторые справочные данные, требуемые для решения задач.

Условия задач предусматривают проведение разных расчетов с целью определения отдельных входящих в формулы величин или использование нескольких формул для нахождения искомого результата. Поэтому необходимо (по мере надобности) преобразовать формулы с целью приведения к виду, обеспечивающему определение искомой величины.

Типовые задачи могут быть использованы как при проведении практических занятий, так и в качестве заданий для самостоятельной работы студентов при проработке курса «Безопасность жизнедеятельности».

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» в соответствии с требованиями ФГОС ВО направлена на формирование следующих компетенций:

– способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций УК-8, ОПК-3.

## ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

### Методические указания

Показатель частоты несчастных случаев, т.е. их число, приходящееся на 1000 работающих на предприятии в течение года по среднесписочному составу, рассчитывают по формуле

$$K_{\text{ч}} = \frac{H \cdot 1000}{P}, \quad (1)$$

где  $H$  – число несчастных случаев с потерей трудоспособности на 1 день и более, произошедших в течение года;

$P$  – среднесписочный состав работающих на предприятии (в бригаде, цехе и т.д.).

Показатель тяжести несчастных случаев, т.е. среднее число дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай по предприятию (бригаде, цеху) в течение года, рассчитывают по формуле

$$K_T = \frac{D}{H}, \quad (2)$$

где  $D$  – суммарное число дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев на предприятии в течение года.

Показатель нетрудоспособности (потери трудоспособности), обусловленной травматизмом, т.е. число дней нетрудоспособности из-за травматизма, приходящееся на 1000 работающих на предприятии в течение года, рассчитывают по формуле

$$K_H = K_T \cdot K_{\text{ч}} = \frac{D \cdot 1000}{P}, \quad (3)$$

Показатель частоты смертельных несчастных случаев, т.е. их число, приходящееся на 1000 работающих на предприятии в течение года по среднесписочному составу, рассчитывают по формуле

$$K_{\text{чс}} = \frac{H_{\text{с}} \cdot 1000}{P}, \quad (4)$$

где  $H_{\text{с}}$  – число смертельных несчастных случаев с потерей трудоспособности на 1 день и более, произошедших в течение года;

$P$  – среднесписочный состав работающих на предприятии (в бригаде, цехе и т.д.).

### Условия задач

**Задача 1.** Рассчитать значения показателей частоты и тяжести несчастных случаев на предприятии со среднесписочным составом работающих равным  $P$  человек, если в течение года произошло  $H$  несчастных случаев с общим числом  $D$  дней нетрудоспособности.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P$ , человек	25	10	200	1250	320
$H$ , случаев	2	1	3	5	3
$D$ , дней	47	15	47	199	54

**Задача 2.** Рассчитать показатели нетрудоспособности на предприятии, среднесписочный состав работающих на котором равен  $P$

человек, в течение года общее число дней нетрудоспособности составило  $D$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P$ , человек	140	210	480	46	2000
$D$ , дней	12	48	100	24	98

**Задача 3.** Рассчитать показатель нетрудоспособности на предприятии, если показатель частоты несчастных случаев  $K_{\text{ч}}$ , в течение года произошло  $H$  несчастных случаев с общим количеством  $D$  дней нетрудоспособности.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$K_{\text{ч}}$	5,4	11,3	10,5	12,3	28,2
$H$ , случаев	11	8	15	10	14
$D$ , дней	740	230	850	150	490

**Задача 4.** Определить показатели травматизма для организации со среднесписочным количеством работающих  $P$  человек, если в течение года произошло  $H$  связанных с производством и  $H_{\text{с}}$  смертельных несчастных случаев. Суммарная временная потеря трудоспособности пострадавших на производстве  $D$  дней.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P$ , человек	640	910	1080	946	2500
$H$ , случаев	5	4	8	3	12
$H_{\text{с}}$ , случаев	1	1	2	1	2
$D$ , дней	110	125	147	100	250

**Задача 5.** Рассчитать показатель тяжести случаев для предприятия (производственного объединения) со среднесписочным числом работающих  $P$  человек, если на предприятии в течение года произошло  $H$  несчастных случаев, а показатель нетрудоспособности равен  $K_{\text{н}}$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P$ , человек	540	1200	860	2120	320
$H$ , случаев	4	11	14	41	5
$K_{\text{н}}$	360	390	240	690	134

**Задача 6.** Определить, на каком производственном объединении работа по профилактике травматизма за последние 5 лет была организована лучше. В первом объединении среднесписочный состав в течение 5 лет был равен  $P_1$  человек, произошло  $H_1$  несчастных случаев с общим числом  $D_1$  дней нетрудоспособности, а для второго объединения эти показатели соответственно равны  $P_2$ ,  $H_2$  и  $D_2$ . Оценку провести на основе сопоставления среднегодового значения показателя несчастных случаев за пятилетку.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P_1$ , человек	2876	3267	1863	1618	1302
$H_1$ , случаев	40	75	50	60	80
$D_1$ , дней	920	2300	1460	1590	1760
$P_2$ , человек	2822	5631	3400	1180	2606
$H_2$ , случаев	40	160	60	35	80
$D_2$ , дней	880	4160	2280	1225	3520

**Задача 7.** В результате несчастных случаев на предприятии на больничном листе в течение года было 3 человека, один из которых проболел  $D_1$  рабочих дней, другой –  $D_2$ , а третий –  $D_3$ . Найдите коэффициент частоты  $K_{\text{ч}}$  и тяжести  $K_{\text{т}}$  несчастных случаев, если на предприятии занято  $P$  человек.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$P$ , человек	135	320	190	200	180
$D_1$ , дней	5	10	21	10	10
$D_2$ , дней	15	15	20	20	45
$D_3$ , дней	21	20	30	30	7

**Задача 8.** Средний за 5 лет коэффициент частоты несчастных случаев на предприятии равен  $K_{\text{ч}}$ , а коэффициент тяжести  $K_{\text{т}}$ . Сколько человеко-дней  $D$  вероятнее всего будет потеряно по этой причине в текущем году, если на предприятии работают  $P$  человек?

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$K_{\text{ч}}$	10	20	4	24	20
$K_{\text{т}}$	3	8	2	10	6
$P$ , человек	240	550	250	100	115

# ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

## Методические указания

Яркость поверхности в канделах (кд) определяют по формуле

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \varphi}, \text{ кд/м}^2, \quad (5)$$

где  $I$  – сила света, кд;

$S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;

$\varphi$  – угол между направлением светового потока по отношению к поверхности, град.

Яркость пламени свечи составляет 5000 кд/м<sup>2</sup>. Коэффициент отражения светового потока определяют отношением отраженного светового потока к падающему:

$$\rho = F_{\text{отр}} / F_{\text{пад}} \quad (6)$$

При значениях  $\rho > 0,4$  фон считается светлым, при  $0,2 < \rho < 0,4$  – средним, при  $\rho < 0,2$  – тёмным.

Освещенность рабочей поверхности определяют отношением падающего светового потока  $F$  люмен (лм) к площади поверхности  $S$  (м<sup>2</sup>):

$$E = F / S, \text{ лк} \quad (7)$$

Контраст объекта с фоном определяют по формуле:

$$K = \frac{|L_0 - L_\phi|}{L_\phi}, \quad (8)$$

где  $L_0$  – яркость объекта различения, кд/м<sup>2</sup>;

$L_\phi$  – яркость фона, кд/м<sup>2</sup>.

Контраст считается большим при  $K > 0,5$ , средним при  $0,2 < K < 0,5$  и малым при  $K < 0,2$ .

К качественным показателям относят коэффициент пульсации светового потока, который определяют по формуле

$$K = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{cp}}} \cdot 100, \% \quad (9)$$

При боковом естественном освещении площадь световых проемов рассчитывают по формуле

$$S = \frac{S_{\Pi} \cdot e \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \text{ м}^2, \quad (10)$$

где  $S_{\Pi}$  – площадь пола;

$e$  – КЕО;

$K_3$  – коэффициент запаса, который обычно в расчетах освещения для предприятий как для естественного, так и для искусственного освещения принимается равным 1,3;

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, лежит в интервале от 1 до 1,7;

$\eta_0$  – световая характеристика окон (принимается в зависимости от  $L/B$  и  $B/H$ ) в среднем  $\eta_0 = 10$ ;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, в среднем равный 0,6;

$r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отражаемому от поверхности помещения и подстилающего слоя, на промплощадке равен 1,2.

Расчет общего равномерного искусственного освещения методом светового потока состоит в определении необходимого числа светильников для создания требуемой освещенности. Задавшись типом светильника, по справочным данным определяют создаваемый им световой поток и коэффициент использования. Число светильников определяют по формуле

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot F \cdot \eta}, \text{ шт.}, \quad (11)$$

где  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней к минимальной освещенности), принимается 1,2;

$n$  – число ламп в светильнике;

$F$  – световой поток светильника, лм;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$E$  – нормируемая освещенность, лк;

$S$  – освещаемая поверхность, м<sup>2</sup>.

Делением общего числа светильников  $N$  на количество рядов определяют число светильников в каждом ряду, а так как длина светильника известна, равна 1,2 м, то можно найти полную длину всех светильников ряда. Если полученная длина близка к длине помещения, ряд полу-



чается сплошным, если меньше длины помещения, ряд выполняют с разрывами, а если больше – увеличивают число рядов или каждый ряд выполняют из сдвоенных или строенных светильников.

Мощность осветительной установки по методу удельной мощности определяют по формуле

$$W = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{1000 \cdot E_{CP}}, \text{ кВт}, \quad (12)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность, лк;

$E_{CP}$  – средняя условная освещенность (лк) в контрольной точке, определяется по графикам пространственных изолюкс, при равномерном размещении осветительных приборов общего освещения, при расходе электроэнергии 1 Вт/м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$S$  – площадь освещаемой поверхности.

Необходимое число ламп выбранной мощности определяют по формуле

$$N_w = \frac{W}{W_l}, \text{ шт.}, \quad (13)$$

где  $W$  – мощность осветительной установки;

$W_l$  – мощность одной лампы.

Точечный метод применяют для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей.

При расчете точечным методом значение освещенности в расчетной точке находят суммированием освещенностей, создаваемых в этой точке каждым из источников света

$$E = \sum_{i=1}^n E_i, \text{ причем } E_i = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{K_3 \cdot H^2}, \quad (14)$$

где  $I_\alpha$  – сила света  $i$ -го источника в направлении на расчетную точку для данного типа светильника при установке в нем лампы со световым потоком  $F = 1000$  лм, определяют по кривой силы света (КСС);

$H$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью;

$\alpha$  – угол между направлением на расчетную точку и нормалью к рабочей поверхности;

$K_3$  – коэффициент запаса.

Если полученное значение освещенности в расчетной точке не соответствует требуемому, то пропорционально требуемой освещенности увеличивают или уменьшают значение  $F$  и по полученному значению све-

тогового потока подбирают соответствующую лампу. Если лампа найденной мощности не может быть установлена в светильнике, то необходимо изменить либо тип светильника, либо их расстановку и высоту подвеса.

### Условия задач

**Задача 9.** Определить яркость  $L$  (кд/м<sup>2</sup>) поверхности, если сила света, испускаемого элементом поверхности площадью  $S$  (м<sup>2</sup>) под углом  $\varphi$  к нормали, составляет  $I$  (кд).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$S$ , см <sup>2</sup>	2,0	1,5	1,0	0,5	1,0
$\varphi$ , град	60	45	30	60	45
$I$ , кд	0,75	1,0	0,5	0,25	0,5

**Задача 10.** Определить коэффициент отражения  $\rho$  и среднюю освещенность  $E$  (лк) стены площадью  $S$  (м<sup>2</sup>); дать оценку фона (светлый, средний, темный). Световой поток  $F$  (лм) отражается  $F$  отр. (лм).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$S$ , м <sup>2</sup>	5	6	5	4	2
$F$ , лм	250	900	500	1000	600
$F$ отр., лм	75	450	50	200	300

**Задача 11.** Контраст объекта различения с более темным фоном равен  $K$ . Яркость фона  $L_{\text{ф}}$  дана в таблице. Определить яркость  $L_0$  (кд/м<sup>2</sup>).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$L_{\text{ф}}$ , кд	400	500	300	1000	800
$K$	0,2	0,4	0,1	0,6	0,8

**Задача 12.** Найти минимальное и максимальное значение освещенности рабочей поверхности, если коэффициент пульсаций освещенности равен  $K_{\text{п}}$  (%), а среднее значение освещенности  $E_{\text{ср}}$  (лк).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$K_{\text{п}}$ , %	20	30	5	5	10
$E_{\text{ср}}$ , лк	400	500	400	200	200

**Задача 13.** В производственном помещении площадью  $S$  (м<sup>2</sup>) со средним выделением пыли минимальная освещенность по нормам

составляет  $E$  (лк). Освещение осуществляется светильникам прямого света. Напряжение сети 220 (В). Мощность применяемых ламп  $W_{\text{л}}$  (Вт). Определить мощность осветительной установки  $W$  (Вт) и число ламп  $N$ , необходимое для создания общего равномерного освещения. Расчет произвести методом определения удельной мощности. Коэффициент запаса  $K_3$  указан в таблице, а  $E_{\text{ср}}$  принять равным 4,15 лк.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$S, \text{ м}^2$	400	100	50	84	200
$E, \text{ лк}$	100	200	200	300	50
$W_{\text{л}}, \text{ Вт}$	75	60	100	40	40
$K_3$	1,3	1,2	1,3	1,1	1,5

**Задача 14.** Рассчитать площадь световых проемов  $S$  ( $\text{м}^2$ ) и процент заполнения стен световыми проемами в производственном помещении размерами  $B \times L \times H$ , м. Выполняемая зрительная работа имеет нормируемое значение КЕО в соответствии со СНиП, равное  $e, \%$ . Соседние здания, затеняющие производственное помещение, отсутствуют ( $K_{\text{зд}}=1$ ).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$L, \text{ м}$	30	12	24	120	15
$B, \text{ м}$	10	10	10	10	3
$H, \text{ м}$	4	4	3	4,0	3
$e, \%$	1,0	1,5	1,0	1	1,5

**Задача 15.** Рассчитать общее искусственное освещение (определить количество светильников) для помещения, указанного в задаче 14, используя метод светового потока. Помещение характеризуется незначительными пылевыведениями. Норма освещенности для работ, выполняемых в помещении,  $E$  (лк). Для освещения используются газоразрядные люминесцентные лампы ЛБ мощностью 40 Вт, в светильниках ПВЛМ-2 с двумя лампами, создающими световой поток  $F=3980$  лм, с коэффициентом использования светового потока равным  $\eta = 0,85$ . Определить число светильников в каждом ряду и полную длину всех светильников ряда, приняв минимальное число рядов светильников. Длина светильника  $l = 1,2$  м. Расстояние между светильниками в ряду 0,3 м.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$E, \text{ лк}$	200	300	150	200	300

**Задача 16.** Найдите освещенность  $E$  (лк) горизонтальной рабочей поверхности, которая создается двумя светильниками, подвешенными на высоте  $H$  (м) от уровня пола так, что свет от них падает на поверхность под углом  $\alpha$  к нормали, если известно, что сила света, испускаемого каждым из светильников в этом направлении,  $I$  (кд). Коэффициент запаса  $K_3 = 1,3$ . Высота рабочей поверхности 0,8 м.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$I$ , кд	650	750	500	600	800
$H$ , м	3,2	4	3,5	3	2,8
$\alpha$ , град	45	15	20	30	60

## ВЕНТИЛЯЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

### Методические указания

Общее количество воздуха  $L$ , которое должно подаваться общеобменной вентиляцией в производственное помещение для обеспечения в рабочей зоне предельно допустимой концентрации вредных газов, паров и пыли, рассчитывают по формуле

$$L = \frac{B}{K(B_{\text{ПДК}} - B_{\text{П}})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (15)$$

где  $B$  – количество вредных веществ, выделяющихся в помещении в час, мг;

$B_{\text{ПДК}}$  – допустимая концентрация (ПДК), мг/м<sup>3</sup>;

$B_{\text{П}}$  – содержание этих вредных веществ в приточном воздухе.  $B_{\text{П}}$ , как правило, принимают равным нулю;

$K$  – коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха в помещении.

Кратность воздухообмена  $K_{\text{об}}$  в помещении определяют по формуле

$$K_{\text{об}} = \frac{L}{V}, \quad (16)$$

где  $V$  – объем проветриваемого помещения, м<sup>3</sup>.

Воздухообмен, необходимый для обеспечения установленной санитарными нормами температуры воздуха в рабочей зоне производственных помещений, рассчитывают по формуле

$$L = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб}}}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (17)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное явное тепло, выделяемое в помещении, Вт;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха (в расчетах можно принять  $c = 1$  кДж/(кг·град);

$\rho$  – плотность наружного (приточного) воздуха при рассматриваемой температуре, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{\text{yx}}, t_{\text{пр}}$  – температура соответственно уходящего и приточного воздуха, °С;

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} - Q, \text{ Вт}, \quad (18)$$

где  $Q_{\text{об}}$  – тепловыделения в помещении от технологического оборудования, Вт;

$Q$  – выделение тепла от других источников (плюс) или его потери (минус), Вт.

Для теплого и холодного периодов года

$$t_{\text{yx}} = t_{\text{р.з.}} + 3, \text{ } ^\circ\text{С}, \quad (19)$$

где  $t_{\text{р.з.}}$  – температура воздуха в рабочей зоне по санитарным нормам, °С.

$t_{\text{пр}} = t_{\text{н}}^{\text{ж.м.}}, \text{ } ^\circ\text{С}$  – для теплого периода года;

$t_{\text{пр}} = t_{\text{р.з.}} - 5, \text{ } ^\circ\text{С}$  – для холодного периода года,

где  $t_{\text{н}}^{\text{ж.м.}}$  – средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца в районе расположения предприятия, °С.

Площадь аэрационной шахты (фонаря), обеспечивающей удаление теплоизбытков из помещения и установленную санитарными нормами температуру в его рабочей зоне в холодный период года, рассчитывают по формуле

$$S = \frac{L \cdot \rho}{420 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta t_{\text{CP}}}}, \text{ м}^2, \quad (20)$$

где  $L$  – воздухообмен, обеспечивающий в рабочей зоне требуемую температуру воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho$  – плотность воздуха при рассматриваемой температуре, кг/м<sup>3</sup>;

$K$  – безразмерный коэффициент, учитывающий конструкцию вытяжного устройства ( $K$  фонаря = 1;  $K$  шахты = 1,2);

$h$  – высота от середины проема для приточного воздуха в помещении до устья шахты (фонаря), м;

$$\Delta t_{cp} = (t_{yx} + t_{p.з.})/2 - t_{пр.}, ^\circ\text{C}. \quad (21)$$

Эффективность пылеулавливающей установки (фильтра) рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{B_H - B_K}{B_H} \cdot 100, \%, \quad (22)$$

где  $B_H, B_K$  – концентрация пыли соответственно в поступающем и выходящем из установки воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

При нецелесообразности (технической или экономической) обеспечения нормируемой температуры в рабочей зоне помещения с помощью общеобменной вентиляции применяют воздушные души на отдельных рабочих местах, площадь  $S_0$  выходного сечения душирующего патрубка и скорость воздуха  $V_0$  на выходе из которого рассчитывают по следующим формулам (при  $0,6 \leq P_T \leq 1$ ):

$$S_0 = \frac{(x + 5,3 \cdot P_T - 3,2)^2}{0,75 \cdot n}, \text{ м}^2; \quad (23)$$

$$V_0 = \frac{V_P}{0,7 + 0,1 \cdot (0,6 \cdot m \cdot \sqrt{F_0} - x)}, \text{ м/с}, \quad (24)$$

где  $x$  – расстояние от душирующего патрубка до рабочего места, м;

$P_T$  – отношение разности температур, определяемое по формуле (25);

$n$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение температуры на оси душирующей струи (для патрубков разных типов изменяется в пределах 2,8...4,5, при ориентировочных расчетах принимают равными 3);

$V_P$  – скорость движения воздуха на рабочем месте, нормируется санитарными нормами, м/с;

$m$  – опытный коэффициент, характеризующий изменение скорости по оси душирующей струи (для патрубков разных типов изменяется в пределах 4...6,8, при ориентировочных расчетах принимается равным 5):

$$P_{\tau} = \frac{t_{P.3.} - t_{P.M.}}{t_{P.3.} - t_0}, \quad (25)$$

где  $t_{P.3.}$  – фактическая температура воздуха в рабочей зоне, °C;  
 $t_{P.M.}$  – температура воздуха на рабочем месте по санитарным нормам, °C;  
 $t_0$  – температура воздуха на выходе из душирующего патрубка, °C;

$$t_0 = t_{\text{охл}} + t_{\text{п}}, \quad (26)$$

где  $t_{\text{охл}}$  – температура воздуха на выходе из форсуночной камеры после адиабатического охлаждения, °C;  
 $t_{\text{п}}$  – повышение температуры этого воздуха в вентиляторе и воздуховодах при движении от форсуночной камеры до душирующего патрубка (принимается не менее 1,5 °C).

Относительная влажность воздуха  $\varphi$  (%) показывает степень насыщения воздуха водяными парами. Она выражает отношение абсолютной влажности воздуха  $e$  при данном состоянии к максимальной влажности, т.е. абсолютной влажности воздуха при полном его насыщении при тех же значениях температуры и давления  $e_{\text{max}}$ .

$$\varphi = \frac{e}{e_{\text{max}}} \cdot 100. \quad (27)$$

Относительная влажность может быть также выражена отношением парциального давления водяных паров при данном состоянии  $p$  к парциальному давлению этих паров при полном насыщении воздуха  $p_n$  (в %):

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100 \quad (28)$$

При нагреве воздуха в системах вентиляции и кондиционирования его абсолютная влажность остается постоянной, а максимальная влажность увеличивается пропорционально изменению парциального давления водяных паров при полном насыщении воздуха (табл.1).

Таблица 1

**Давление насыщенного водяного пара**

Температура, °C	Давление насыщенного водяного пара (кПа) при температуре, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,87	0,94	1,00	1,07	1,15

10	1,23	1,31	1,40	1,49	1,60	1,71	1,81	1,95	2,07	2,20
20	2,33	2,49	2,64	2,81	2,99	3,18	3,36	3,56	3,79	4,00
30	4,24	4,49	4,76	5,03	5,32	5,63				

### Условия задач

**Задача 17.** Определить воздухообмен  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), который необходимо обеспечить механической вентиляцией для того, чтобы концентрация вредного газа в воздухе рабочей зоны производственного помещения не превышала предельно допустимую  $B_{\text{пдк}}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ). В помещении выделяется  $B$  ( $\text{мг}/\text{ч}$ ) токсичного газа. Его концентрацию в воздухе, поступающем для проветривания помещения, принимают исходя из содержания в атмосферном воздухе. Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен  $K$ . Содержание диоксида углерода в атмосферном воздухе  $B_{\text{п}} = 540 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$B$ , $\text{мг}/\text{ч}$	20000	40000	50000	16	0,03
Газ	Сернистый ангидрид	Оксид углерода	Аммиак	Диоксид углерода	Сероводород
$B_{\text{пдк}}$ , $\text{мг}/\text{м}^3$	10	20	20	9000	10
$K$	0,7	1	1	0,8	0,9

**Задача 18.** В цехе в ходе технологического процесса выбрасывается в воздух  $B$  ( $\text{г}$ ) вредного вещества в час. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК вредного вещества свинца в воздухе равна  $B_{\text{пдк}}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ), а размеры цеха  $M \times L \times H$  ( $\text{м}$ )? Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен  $K$ . Поступающий воздух содержит одноименное вещество в количестве 0,3 ПДК.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$B$ , $\text{г}/\text{ч}$	10	60	150	14	0,014
Вещество	Сернистый ангидрид	Растворитель	Бензин	Ацетон	Свинец
$B_{\text{пдк}}$ , $\text{мг}/\text{м}^3$	10	300	300	200	0,01
$K$	0,85	1	0,75	1	0,9
$M \times L \times H$	6x6x5	4x5x2,5	20x20x5	10x20x5	20x40x5



**Задача 19.** Определить создаваемый вентиляцией воздухообмен  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и кратность воздухообмена  $K_{\text{об}}$ , при которых запыленность воздуха на рабочих местах в производственном помещении объемом  $V$  ( $\text{м}^3$ ) не будет превышать предельно допустимую концентрацию  $B_{\text{пдк}}$ . При работе технологического оборудования и производственных процессах в помещение поступает  $B$  ( $\text{кг}/\text{ч}$ ) пыли. Подаваемый в помещение воздух содержит  $B_{\text{п}}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) аналогичной пыли. Коэффициент равномерности распределения вентиляционного воздуха равен  $K$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V, \text{м}^3$	1000	500	200	800	1200
$B, \text{кг}/\text{ч}$	0,02	0,01	0,007	0,01	0,02
Вид пыли	Сахарная	Мучная	Зерновая	Табачная	Известняк
$B_{\text{пдк}}, \text{мг}/\text{м}^3$	10	6	4	3	6
$K$	0,8	1	0,9	1	0,8
$B_{\text{п}}, \text{мг}/\text{м}^3$	0,1	0,2	0,8	0,4	0,0

**Задача 20.** Во сколько раз должен быть увеличен создаваемый общеобменной механической вентиляцией воздухообмен в помещении любого объема для обеспечения предельно допустимой концентрации  $B_{\text{пдк}}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в рабочей зоне, если при сохранении постоянным количества поступающего в него вредного вещества  $B$  ( $\text{кг}/\text{ч}$ ) его содержание в поступающем для проветривания помещения воздухе изменится от  $B_{01}$  до  $B_{02}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )?

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
Вредное вещество	Аммиак	Оксид углерода	Пыль сахара	Сернистый газ	Оксид углерода
$B_{\text{пдк}}, \text{мг}/\text{м}^3$	20	20	10	10	20
$B_{01}, \text{мг}/\text{м}^3$	4	6	0	2	4
$B_{02}, \text{мг}/\text{м}^3$	12	12	4	5	10

**Задача 21.** Какое количество пыли или газов  $B$  ( $\text{г}/\text{ч}$ ) может выделяться в производственное помещение, если вентиляционная система подает в него воздух в количестве  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и при условиях, указанных в таблице?

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5

Вредное вещество	Аммиак	Сернистый газ	Пыль мучная	Оксид углерода	Пыль табачная
$B_{\text{плк}}, \text{МГ/М}^3$	20	10	6	20	3
$B_o, \text{МГ/М}^3$	4	3	1	1	0,5
$K$	1	1	1	0,8	0,9
$L, \text{М}^3/\text{ч}$	2000	4000	2500	3000	3500

**Задача 22.** Определить производительность общеобменной вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), обеспечивающей в холодный период года удаление избытков тепла  $Q_{\text{изб}}$  (Вт) из производственного помещения и поддержание минимально допустимой температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$  на постоянных рабочих местах с легкой физической работой категории Ib, которая, согласно санитарным нормам, равна  $20^\circ\text{C}$ . Тепловыделения в помещении от технологического оборудования равны  $Q_{\text{об}}$  (Вт), а теплопотери через наружные ограждения составляют  $Q_{\text{н.о.}}$  (Вт). Плотность воздуха при расчетах принимать равной  $1,25 \text{ кг/м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$Q_{\text{об}}, \text{Вт}$	30000	15000	200000	100000	80000
$Q_{\text{н.о.}}, \text{Вт}$	10000	10000	100000	50000	40000

**Задача 23.** Определить производительность общеобменной вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), обеспечивающей в теплый период года удаление избытков тепла  $Q_{\text{изб}}$  (Вт) из производственного помещения и поддержание максимально допустимой температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{\text{р.з.}}$  на непостоянных рабочих местах с физической работой средней тяжести категории IIa, которая, согласно санитарным нормам, равна  $29^\circ\text{C}$ . Тепловыделения в помещении от технологического оборудования равны  $Q_{\text{об}}$  (Вт), от электродвигателей  $Q_{\text{э.д.}}$  (Вт) и приток тепла от инсоляции  $Q_{\text{с}}$  (Вт).

Средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца  $t_{\text{н}}^{\text{ж.м}}$  ( $^\circ\text{C}$ ). Плотность воздуха при расчетах принимать равной  $1,2 \text{ кг/м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$Q_{\text{об.}}, \text{Вт}$	150000	100000	100000	120000	200000
$Q_{\text{э.д.}}, \text{Вт}$	10000	20000	50000	8000	15000
$Q_{\text{с}}, \text{Вт}$	30000	120000	80000	20000	50000
$t_{\text{н}}^{\text{ж.м}}$	20	20	21	15	20

**Задача 24.** Определить максимальную величину тепловыделений от оборудования  $Q_{об}$ (Вт) в теплый период года, которая должна быть обеспечена за счет теплоизоляции технологического оборудования при производительности общеобменной вентиляции  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) для поддержания температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{р.з.}$  на постоянных рабочих местах с тяжелой физической работой, которая, согласно санитарным нормам, равна 26°С. Поступление тепла от инсоляции  $Q_c$  (Вт). Расчетная температура наружного воздуха  $t_{н}^{ж.м.}$ , а его плотность  $\rho=1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$L$ , м <sup>3</sup> /ч	150000	170000	100000	150000	120000
$Q_c$ , Вт	80000	10000	150000	80000	200000
$t_{н}^{ж.м.}$ , °С	20	15	22	20	18

**Задача 25.** Рассчитать, во сколько раз должна быть увеличена производительность общеобменной вентиляции в теплый период года по сравнению с холодным для удаления избыточного тепла из помещения при следующих условиях: приток тепла от технологического оборудования  $Q_{об}$  (Вт), от инсоляции в теплый период  $Q$  (Вт), потери тепла через наружные ограждения в холодный период -  $Q_{н.о.}$  (Вт), средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца  $t_{н}^{ж.м.}$ ; его плотность в теплый период 1,2, а в холодный 1,25 кг/м<sup>3</sup>; температура в рабочей зоне в теплый период 28 °С, в холодный 24 °С.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$Q_{об}$ , Вт	260000	280000	200000	180000	160000
$Q_c$ , Вт	80000	100000	120000	140000	160000
$Q_{н.о.}$ , Вт	120000	110000	100000	80000	60000
$t_{н}^{ж.м.}$ , °С	16	17	18	19	20

**Задача 26.** Рассчитать среднюю концентрацию пыли в воздухе цеха  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) при его проветривании в холодный период года с помощью аэрационной шахты площадью 10 м<sup>2</sup> за счет избыточного тепла. В цех поступает  $B$  кг/ч пыли, температура воздуха в рабочей зоне  $t_{р.з.}$ . Высота от середины проема для приточного воздуха до устья шахты равна 10 м. Плотность воздуха 1,25 кг/м<sup>3</sup>, пыль в поступающем воздухе отсутствует, коэффициент распределения воздуха  $K=1$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$t_{р.з.}$ , °С	12	13	15	17	18
$B$ , кг/ч	0,04	0,08	0,1	0,15	0,2

**Задача 27.** Для предупреждения поступления в производственное помещение пыли в количестве  $B$  (кг/ч) от производственного оборудования установлена аспирационная система производительностью  $L_a$  (м<sup>3</sup>/ч) с пылеулавливающим фильтром. Определить эффективность фильтра  $\eta$  (%), необходимую для снижения содержания пыли в выходящем из него воздухе до концентрации  $B_k$  (мг/м<sup>3</sup>).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$B$ , кг/ч	0,4	0,5	0,8	1,0	1,2
$L_a$ , м <sup>3</sup> /ч	2500	2000	1600	2000	3000
$B_k$ , мг/м <sup>3</sup>	10	25	30	25	30

**Задача 28.** Общеобменная вентиляция рассчитана исходя из предельно допустимой концентрации пыли в рабочей зоне по ее поступлению в производственное помещение от технологического оборудования в количестве  $B$  (кг/ч) при значениях  $B_0 = 1$  и  $K = 1$ . При этом не были учтены утечки через неплотности в аспирационной системе, составляющие  $L_a$  (м<sup>3</sup>/ч) воздуха с концентраций пыли  $B_n$  (мг/м<sup>3</sup>). На сколько процентов должен быть увеличен воздухообмен для обеспечения нормальных условий труда по пылевому фактору?

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$B$ , кг/ч	0,3	0,1	0,2	0,5	0,1
$L_a$ , м <sup>3</sup> /ч	50	100	200	300	250
$B_n$ , мг/м <sup>3</sup>	500	200	300	400	200

## ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

### Методические указания

Электрическое сопротивление цепи человека

$$R_{\text{ч}} = r_{\text{ч}} + r_{\text{об}} + r_{\text{оп}},$$

где  $r_{\text{ч}}$ ,  $r_{\text{об}}$ ,  $r_{\text{оп}}$  – соответственно сопротивление тела человека, обуви и опорной поверхности.

При однофазном включении человека в четырехпроводную сеть с заземленной нейтралью, проходящей через него ток определяют по формуле

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R + r_0}, \text{ А}, \quad (29)$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;

$r_0$  – сопротивление рабочего заземления, Ом.

В случае двухфазного включения человека в сеть с глухозаземленной и изолированной нейтралью ток, проходящий через него, будет равен

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{Л}}}{r_{\text{ч}}}, \text{ А.} \quad (30)$$

При прикосновении к одной фазе в трехпроводной сети с изолированной нейтралью силу тока, протекающего через человека, определяют по формуле

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\text{ч}} + \frac{r_{\text{ИЗ}}}{3}}, \text{ А,} \quad (31)$$

где  $r_{\text{ИЗ}}$  – сопротивление изоляции проводов, Ом.

При расчете искусственного заземления вначале определяют электрическое сопротивление одиночного вертикального электрода по формуле

$$R_{\text{В}} = \frac{0,16 \cdot \rho}{l} \cdot \left[ \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot (h_0 + 0,5 \cdot l) + l}{4 \cdot (h_0 + 0,5 \cdot l) - l} \right] \text{, Ом,} \quad (32)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;  
 $l$ ,  $d$  – соответственно длина, диаметр труб, м;  
 $h_0$  – глубина заложения полосы, м.

Рассчитывают суммарную длину горизонтального электрода  $l_{\text{Г}}$ , соединяющего вертикальные электроды в контурном заземляющем устройстве:

$$l_{\text{Г}} = a \cdot (n - 1), \text{ м,} \quad (33)$$

где  $n$  – число вертикальных электродов,  $n \geq 4$  шт.;  
 $a$  – расстояние между электродами, м.

Оценивают электрическое сопротивление этого электрода:

$$R_{\text{Г}} = \frac{0,16 \cdot \rho}{l_{\text{Г}}} \cdot \ln \frac{l_{\text{Г}}^2}{b \cdot h_0}, \text{ Ом,} \quad (34)$$

где  $b$  – ширина полосы, м.

Вычисляют расчетное электрическое сопротивление заземляющего устройства расстоянию тока:

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n}, \quad (35)$$

где  $\eta_B$ ,  $\eta_\Gamma$  – соответственно коэффициенты экранирования стержней и полосы.

Затем сопоставляют расчетное сопротивление  $R$  с допустимым сопротивлением заземления. Если  $R > R_{\text{доп}}$ , то увеличивают число вертикальных электродов  $n$  и длину горизонтального электрода  $l_\Gamma$ . Операции по расчету повторяют по формулам до тех пор, пока не будет удовлетворено условие  $R < R_{\text{доп}}$ . Значения  $\eta_B$  и  $\eta_\Gamma$  определяют для заданных условий по таблице. Величину  $R_{\text{доп}}$  принимают равной 4 Ом, а при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее  $R_{\text{доп}} = 10$  Ом.

Зависимость величин  $\eta_B$  и  $\eta_\Gamma$  от числа электродов при  $a = l$

Число вертикальных электродов $n$ , шт.	4	6	10	20	40	60	100
Значения, $\eta_\Gamma$	0,45	0,4	0,34	0,27	0,22	0,2	0,19
Значения, $\eta_B$	0,69	0,61	0,56	0,47	0,41	0,39	0,36

При системе зануления электрооборудования пробой изоляции на корпус превращается в однофазное короткое замыкание. Силу тока короткого замыкания рассчитывают по формуле

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{U_\phi}{R_{TP} + r_{TP} + R_M}, \text{ А}, \quad (36)$$

где  $R_{TP}$  – сопротивление трансформатора;  
 $r_{TP}$  – сопротивление участка проводов;  
 $R_M$  – сопротивление магистрали.

Номинальную силу тока плавкого предохранителя определяют по формуле

$$I_{\text{н.п.}} = \frac{I_{\text{к.з.}}}{K}, \text{ А}, \quad (37)$$

где  $K$  – коэффициент надежности.

Напряжение прикосновения

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{к.з.}} \cdot R_0, \quad (38)$$

где  $R_0$  – сопротивление нулевого привода.

При использовании железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей сопротивление растеканию заземляющего устройства  $R$  (Ом) оценивают по формуле

$$R = 0,5 \frac{\rho_3}{\sqrt{S}}, \quad (39)$$

где  $S$  – площадь, ограниченная периметром здания, м<sup>2</sup>;  
 $\rho_3$  – удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, Ом·м.

Для расчета  $\rho_3$  в Ом·м следует использовать формулу

$$\rho_3 = \rho_1 \left[ 1 - \exp \left( -\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}} \right) \right] + \rho_2 \left[ 1 - \exp \left( -\beta \frac{\sqrt{S}}{h_1} \right) \right], \quad (40)$$

где  $\rho_1$  – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли, Ом·м;

$\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя, Ом·м;

$h_1$  – толщина верхнего слоя земли, м;

$\alpha, \beta$  – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли.

Если  $\rho_1 > \rho_2$ ,  $\alpha = 3,6$ ,  $\beta = 0,1$ ; если  $\rho_1 < \rho_2$ ,  $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$ ,  $\beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$ .

Напряжение шага – это напряжение между точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю при одновременном касании их ногами человека. Численно напряжение шага равно разности потенциалов точек, на которых находятся ноги человека.

При расположении одной ноги человека на расстоянии  $x$  от заземлителя и ширине шага  $x_{ш}$  (обычно принимается  $x_{ш} = 0,8$  м)

$$U_{ш} = \frac{I_3 \cdot \rho \cdot x_{ш}}{2\pi \cdot x(x + x_{ш})}, \text{ В.} \quad (41)$$

Ток, обусловленный напряжением шага, определяют по формуле

$$I_{ч.ш.} = \frac{U_{ш}}{r_q}, \text{ А.} \quad (42)$$

#### Условия задач

**Задача 29.** Определить величину тока  $I_ч$  (мА), который пройдет через тело человека, при следующих случаях его включения в трехфазную электрическую сеть: а) двухфазном; б) однофазном с заземленной

нейтралью. Линейное напряжение сети  $U_{\text{л}}$  (В), сопротивление тела человека  $r_{\text{ч}}$  (Ом), сопротивление обуви  $r_{\text{об}}$  (Ом); опорное сопротивление поверхности ног (сопротивление пола)  $r_{\text{оп}}$  (Ом); сопротивление изоляции  $r_{\text{из}}$  (МОм); сопротивление рабочего заземления  $r_0$  (Ом).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$U_{\text{л}}$ , В	380	380	220	220	380
$r_{\text{ч}}$ , Ом	1000	10000	800	200	80000
$r_{\text{об}}$ , Ом	0	500	100	1000	25
$r_{\text{оп}}$ , Ом	1500	0	1500	800	2000
$r_{\text{из}}$ , МОм	5	0,5	10	1,1	0,1
$r_0$ , Ом	1	2	4	10	50

**Задача 30.** Определить силу тока  $I_{\text{ч}}$  (мА), проходящего через человека при неблагоприятной и благоприятной ситуациях, в случаях однофазного включения в трехпроводную трехфазную сеть напряжением  $U = 380$  В с изолированной нейтралью и четырехпроводную с глухозаземленной нейтралью:

а) неблагоприятные условия: человек прикоснулся к одной фазе, стоит на токопроводящем полу (металлическом), обувь сырая. Сопротивление тела человека  $r_{\text{ч}}$ , обуви  $r_{\text{об}} = 0$ , опорной поверхности ног  $r_{\text{оп}} = 0$  (Ом);  $r_0$  – рабочего заземления,  $r_{\text{из}}$  – изоляции проводов;

б) благоприятные условия: обувь сухая на резиновой подошве  $r_{\text{об}} = 50$  (кОм); человек стоит на сухом деревянном полу  $r_{\text{оп}} = 150$  (кОм).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$r_{\text{ч}}$ , кОм	10	1,0	1,0	10	0,5
$r_0$ , Ом	10	10	4	10	5
$r_{\text{из}}$ , МОм	0,1	0,5	1,0	0,5	1,0

**Задача 31.** Электропитание цеха напряжением 380 В осуществляется от трансформатора с глухозаземленной нейтралью. Сопротивление трансформатора  $R_{\text{тр}}$  (Ом), сопротивление участков проводов длиной 100 м  $r_{\text{пр}}$  (Ом), сопротивление магистрали  $R_{\text{м}}$  (Ом). Требуется определить ток короткого замыкания  $I_{\text{кз}}$  (А) в случае пробоя изоляции на корпус электроустановки; номинальный ток плавких вставок предохранителей  $I_{\text{ин}}$  (А); величину напряжения прикосновения  $U_{\text{пр}}$  (В). Коэффициент надежности равен 3. Сопротивление нулевого провода  $R_0$  (Ом).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5



$R_{тр}, \text{ Ом}$	0,2	0,15	0,25	1,5	2,5
$r_{пр}, \text{ Ом}$	2,0	2,5	3,0	2,0	3,5
$R_m, \text{ Ом}$	0,5	2,5	1,0	0,5	1,0
$R_o, \text{ Ом}$	3,0	5,0	2,0	2,5	2,0

**Задача 32.** Являются ли опасными шаговое напряжение  $U_{ш}$  (В) и величина переменного тока  $I_{ч.ш.}$  (мА) для человека, находящегося в зоне его растекания от упавшего на грунт с удельным электрическим сопротивлением  $\rho$  (Ом·м) провода под напряжением и создавшего ток замыкания  $I_3$  (А). Размер шага человека при расчете принять равным  $x_{ш} = 0,8$  м, а сопротивление тела  $r_{ч}$  (Ом). Он находится в зоне растекания тока на расстоянии  $x$  (м) от упавшего провода. Опасность напряжения оценить сравнением с пороговым значением безопасного напряжения  $U_6 = 50$  В, а силы тока – сравнением с пороговым отпускающим  $I_n = 10$  мА.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$\rho, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	50	100	80	100	60
$I_3, \text{ А}$	40	80	50	60	30
$r_{ч}, \text{ Ом}$	1000	1500	1200	800	1000
$x, \text{ м}$	5	3	2	4	5

## ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

### Методические указания

Нижний концентрационный предел распространения пламени газообразных органических веществ в воздухе рассчитывают по приближенной формуле

$$C_{НКПР} = C_{cm}/2, \quad (43)$$

причем

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (44)$$

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_O}{2}, \quad (45)$$

где  $\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания горючего вещества;

$n_c, n_H, n_O, n_x$  — число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего.

Объем взрывоопасной смеси горючего вещества с воздухом в концентрации, равной нижнему пределу распространения пламени, определяют по формуле

$$V_{вз} = \frac{100 \cdot V_{Г}}{C_{НКПР}}, \text{ м}^3, \quad (46)$$

где  $V_{Г}$  – объем выделившихся в помещении взрывоопасных газов,  $\text{м}^3$ .

Заполнение свободного объема производственного помещения взрывоопасной смесью рассчитывают по формуле

$$\psi = \frac{100 \cdot V_{ВЗ}}{V_{СВ}}, \%, \quad (47)$$

где  $V_{СВ}$  – свободный от технологического оборудования объем производственного помещения,  $\text{м}^3$ .

Утечки взрывоопасных паров и газов через неплотности соединений технологического оборудования, работающего под давлением, рассчитывают по формуле (эмпирической)

$$Q_{Г} = \frac{K_3 \cdot \alpha \cdot V_{об}}{\rho} \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (48)$$

где  $K_3$  – безразмерный коэффициент запаса, учитывающий степень износа и состояние оборудования (принимается  $K=1 \dots 2$ );

$\alpha$  – безразмерный коэффициент, величина которого зависит от давления в оборудовании (при ориентировочных расчетах может приниматься: при давлении  $P \leq 0,4$  МПа  $\alpha=0,15$ ;  $P \leq 1,7$  МПа  $\alpha=0,18$ ;  $P \leq 40$  МПа  $\alpha=0,28$ );

$V_{об}$  – внутренний объем оборудования и присоединенных к нему трубопроводов (до закрытых заглушающих устройств),  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – плотность паров или газов, истекающих через неплотности соединений,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$M$  – молекулярная масса паров или газов;

$T$  – температура внутри оборудования, К.

Количество взрывоопасного газа (паров), поступившее в помещение при аварии (разгерметизации) оборудования, работающего под давлением, рассчитывают по формуле

$$V_{Г} = 10 P \cdot V_{об}, \text{ м}^3, \quad (49)$$

где  $P$  – давление газа (паров) внутри оборудования до аварии, МПа.

Концентрацию вещества в воздухе производственного помещения при условии равномерного распределения по объему помещения и без учета работы вентиляции рассчитывают по следующим формулам:

в % по объему для газа (пара)

$$C = \frac{V_z}{V} \cdot 100 \quad , \%, \quad (50)$$

в мг/м<sup>3</sup> соответственно для газа (пара) и пыли

$$C = \frac{10^6 \cdot V_z \cdot \rho}{V}; \quad C = \frac{10^6 \cdot m_n}{V_n}, \quad (51)$$

где  $V$  – объем производственного помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность газа (пара), кг/м<sup>3</sup>;

$m_n$  – масса поступившей в помещение пыли, кг;

$V_n$  – запыленный объем помещения, м<sup>3</sup>.

Суммарная площадь ЛСК зависит от свободного объема помещения: 1 м<sup>3</sup> V<sub>св</sub> защищают минимально 0,03 м<sup>2</sup> площади ЛСК. Для стекла толщиной 4 мм площадь одного листа минимум 1 м<sup>2</sup>.

Запас воды для трехчасового внутреннего и внешнего тушения пожара рассчитывают по формуле

$$Q = 11 \cdot n_b, \text{ м}^3, \quad (52)$$

где  $n_b$  – нормативный расход воды для внутреннего ( $n_1$ ) и внешнего ( $n_2$ ) тушения пожара, дм<sup>3</sup>/с.

Нормативный расход воды  $n_1 = 5 \text{ дм}^3/\text{с}$ , а  $n_2$  принимают по таблице в зависимости от степени огнестойкости здания и категории производства по пожарной опасности.

Степень огнестойкости	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды (дм <sup>3</sup> /с) на 1 пожар при объеме здания, тыс.м <sup>3</sup>				
		до 3	3...5	5...20	20...50	50...200
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30
III	Г, Д	10	10	15	25	
III	В	10	15	20	30	
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	
IV, V	В	15	20	25		

Глубину емкости для пожарного водоснабжения определяют по формуле

$$H_{\Phi} = 1,2 \cdot H_p, \text{ м}, \quad (53)$$

где  $H_p$  – рассчитанная глубина, м;  
1,2 – коэффициент запаса емкости.

Технологические процессы пищевых производств, связанные с дроблением, измельчением и просеиванием продукта, с очисткой и переработкой зерна, транспортированием твердых и жидких продуктов с помощью конвейеров и по трубам, сопровождаются электризацией и накоплением зарядов статического электричества. Величина электростатического заряда зависит от электропроводности материалов, их относительной диэлектрической проницаемости, скорости движения, характера контакта между соприкасающимися материалами, электрических свойств окружающей среды, относительной влажности и температуры воздуха.

Степень электризации жидкости в основном зависит от ее диэлектрических свойств и кинематической вязкости, скорости потока, диаметра и длины трубопровода, материала трубопровода, состояния его внутренних стенок и температуры жидкости.

Величину электростатического потенциала  $U$  можно определить по формуле

$$U = \frac{q}{C}, \quad (54)$$

где  $q$  – величина накопленного на поверхности оборудования заряда, Кл;

$C$  – электрическая емкость оборудования, Ф.

Если напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика достигает критической (пробивной) величины, то возникает электрический разряд. Для воздуха пробивное напряжение примерно равно 30 кВ/см.

Энергию разряда (искры) диэлектрика  $W$  (Дж) определяют по формуле

$$W = 0,5C \cdot U^2, \quad (55)$$

где  $C$  – электрическая емкость, разряжаемая искрой, Ф;

$U$  – разность потенциалов относительно земли, В.

Разность потенциалов на оборудовании может достигать нескольких десятков тысяч вольт. Искра, возникающая при напряженности электростатического поля 3 кВ, способна воспламенить любую газозвудушную смесь, а при 5 кВ – пылевоздушную смесь органических веществ (пыль муки, сахара, декстрина, крахмала и т. п.).

Основным способом предупреждения возникновения электростатического заряда является постоянный отвод статического электричества от технологического оборудования с помощью заземления. Каждую систему аппаратов и трубопровода заземляют не менее чем в двух местах. Резиновые шланги обвивают заземленной медной проволокой с шагом 10 см. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, используемого только для отвода электростатического заряда, не должно превышать 100 Ом.

### Условия задач

**Задача 33.** При вытекании легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) из лопнувшей магистрали в производственное помещение вследствие испарения образовалось  $V_{вз}$  ( $\text{м}^3$ ) его паров. Технологическое оборудование занимает  $V_{\text{тех}}$  (%) помещения, объем которого равен  $V$  ( $\text{м}^3$ ). Рассчитать приближенное значение нижнего концентрационного предела распространения пламени  $C_{\text{НКПР}}$  (%) паров ЛВЖ и определить долю объема помещения (%), занятого взрывоопасной смесью.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V_{вз}, \text{м}^3$	80	50	70	45	60
ЛВЖ	Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	Ацетон ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )	Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	Ацетон ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )	Этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )
$V_{\text{тех}}, \%$	40	60	50	55	70
$V, \text{м}^3$	2000	3000	2500	2000	3200

**Задача 34.** Определить время  $\tau$  (мин), достаточное при неблагоприятных условиях (отсутствие вентиляции) для заполнения  $\psi = 5\%$  свободного объема производственного помещения взрывоопасной смесью аммиака с нижним концентрационным пределом распространения пламени  $C_{\text{НКПР}}$  (%) после начала утечки газа через неплотности соединений в технологическом оборудовании. Количество выделяющегося через неплотности соединений газа равно  $Q_{\text{г}}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ). Оборудование занимает  $V_{\text{тех}}$  (%) помещения, объем которого равен  $V$  ( $\text{м}^3$ ).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V, \text{м}^3$	800	600	1000	900	1200
$V_{\text{тех}}, \%$	50	55	60	65	70
Газ	Аммиак	Ацетилен	Аммиак	Ацетилен	Аммиак
$C_{\text{НКПР}}, \%$	15	25	15	25	15
$Q_{\text{г}}, \text{м}^3/\text{ч}$	3,5	4,2	2,5	4,8	4

**Задача 35.** Вследствие разгерметизации системы объемом  $V_{об}$  ( $\text{м}^3$ ) при аварии холодильной установки в производственное помещение поступил аммиак под давлением  $P$  (МПа). Рассчитать среднюю концентрацию аммиака  $C_{ср}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в воздухе при условии равномерного заполнения им всего помещения объемом  $V$  ( $\text{м}^3$ ) и кратность превышения  $n$  предельно допустимой концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны. Плотность аммиака  $\rho = 0,77 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $C_{пдк} = 20 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V_{об}, \text{м}^3$	1,0	0,4	0,6	0,7	0,5
$V, \text{м}^3$	5000	2000	2500	4000	1000
$P, \text{МПа}$	0,3	1,0	0,8	0,5	0,6

**Задача 36.** Вследствие нарушения сроков уборки мучная пыль накопилась на поверхности технологического оборудования и конструкциях производственного помещения объемом  $V$  ( $\text{м}^3$ ), относящимся к категории Б по взрывопожарной опасности. При открывании ворот за счет сдувания в помещении образовалось облако, содержащее  $m_{п}$  (кг) пыли, которое заняло  $\psi = 5\%$  свободного объема помещения. Определить среднюю концентрацию мучной пыли  $C_{ср}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) в этом облаке при условии, что объем технологического оборудования составляет  $V_{тех}$  (%) объема помещения. Сравнить рассчитанную концентрацию с нижним концентрационным пределом распространения пламени пыли пшеничной муки высшего сорта  $C_{НКПР} = 28,8 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V, \text{м}^3$	4000	15000	1000	10000	2000
$V_{тех}, \%$	70	50	60	40	60
$m_{п}, \text{кг}$	0,66	0,40	0,50	0,60	0,70

**Задача 37.** Рассчитать глубину емкости  $H$  диаметром  $D$  (м) для противопожарного водоснабжения предприятия, относящегося к категории В пожароопасности, 3-й степени огнестойкости и с объемом производственных помещений  $V$  ( $\text{м}^3$ ) на трехчасовое тушение пожара.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$V, \text{м}^3$	2500	20000	5000	30000	15000
$D, \text{м}$	4	6	8	10	8

**Задача 38.** Оценить, может ли энергия искры  $W$  (Дж) статического электричества, образовавшегося при разряде потенциала  $U$  (В), нако-

пившегося на человеке, тело которого имеет электрическую емкость  $C$  (пФ), вызвать взрыв паров горючего вещества. Минимальная энергия, необходимая для воспламенения паров горючего вещества,  $W_{\min}$  (мДж).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
$U$ , В	5000	10000	10000	4000	2000
$C$ , пФ	100	200	300	100	200
Вещество	Сероводород	Спирт этиловый	Бензол	Метан	Этилен
$W_{\min}$ , мДж	0,009	0,95	0,2	0,28	0,12

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопрос обеспечения безопасности жизнедеятельности работников предприятий по сей день является актуальным, что обусловлено тем, что в производственных условиях по-прежнему сохраняется достаточно высокий уровень травматизма и профзаболеваемости.

Учитывая особую важность безопасности человека на производстве, составители сборника задач значительное место отвели методическим вопросам и задачам по оценке показателей травматизма, расчету освещения производственных помещений и вентиляции, а также очень важным вопросам электро- и пожаробезопасности.

Авторы выражают надежду, что данная работа поможет преподавателям организовать учебный процесс в соответствии с современными требованиями. Обучающиеся, со своей стороны, смогут приобрести навыки необходимых расчетов для оценки и обеспечения безопасности на производстве.

### ОТВЕТЫ НА ЗАДАЧИ

Номер задачи	Определяемая величина	1	2	3	4	5
1	$K_{\text{ч}}$	80,0	100,0	15,0	5,0	4,0
	$K_{\text{т}}$	23,5	15,0	15,7	39,8	18,0
2	$K_{\text{н}}$	85,7	228,6	208,3	521,7	49,0
3	$K_{\text{н}}$	363,3	324,9	595,0	184,5	987,0
4	$K_{\text{ч}}$	7,8	4,4	7,4	3,2	4,8
	$K_{\text{с}}$	1,6	1,1	1,9	1,1	0,8
	$K_{\text{т}}$	22	31,3	18,4	0,1	20,8
5	$K_{\text{т}}$	48,6	42,5	14,7	35,7	8,6

6		На втором	На первом	На втором	На пер- вом	Одинако- во
7	$K_{\text{ч}}$	22,2	9,4	15,8	15,0	16,7
	$K_{\text{т}}$	13,7	15,0	23,7	20,0	20,7
8	$D$	7,2	88,0	2,0	240	13,8
9	$L$ (кД/м <sup>2</sup> )	7493	9424	5773	10000	7068
10	$\rho$	0,3	0,5	0,1	0,2	0,5
	$E$ (лк)	50	150	100	250	300
	Фон	Сред- ний	Свет- лый	Тем- ный	Средний	Светлый
11	$L_{\text{о}}$ (кД/м <sup>2</sup> )	480	700	330	1600	1440
12	$E_{\text{max}}$ (лк)	480	650	420	210	220
	$E_{\text{min}}$ (лк)	320	350	380	190	180
13	$W$ (кВт)	12,5	5,8	3,1	6,7	3,6
	$N$	167	97	31	168	90
14	$S$ (м <sup>2</sup> )	54,2	32,5	43,3	216,7	12,2
	%	16,9	18,5	21,2	20,8	11,3
15	$N$	14	9	9	56	4
16	$E$ (лк)	61	102	88	124	39
17	$L$ (м <sup>3</sup> /ч)	2857	2000	2500	2364	3333
18	$K_{\text{об}}$ (1/ч)	9,3	5,7	0,5	0,1	0,6
19	$L$ (м <sup>3</sup> /ч)	2525	1724	2431	3846	4167
	$K_{\text{об}}$ (1/ч)	2,5	3,5	12,2	4,8	3,5
20	$N$	2,0	1,75	1,7	1,6	1,6
21	$B$ (г/ч)	32	28	12,5	45,6	78,8
22	$L$ (м <sup>3</sup> /ч)	7200	1800	36000	18000	14400
23	$L$ (м <sup>3</sup> /ч)	51818,2	65454,5	62727,3	40363,6	72272,7
24	$Q_{\text{об}}$ (Вт)	370000	783333	83333	370000	240000
25	$N$	1,35	1,33	2,05	2,22	2,42
26	$C$ (мг/м <sup>3</sup> )	1,5	3,0	3,7	5,5	7,4
27	$\eta$ (%)	80	88	94	91	94
28	%	8,3	20	30	24	50
29	а) $I_{\text{ч}}$	380,0	38,0	275,0	1100,0	4,8



	(мА)					
	б) $I_q$ (мА)	230,8	549,8	192,1	57,4	562,8
30	$I_q$ (мА)					
	а) изол.	5,1	1,3	0,66	1,2	0,66
	заземл.	22	217,8	219	22	435,6
	б) изол.	0,9	0,6	0,4	0,6	0,4
	заземл.	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
31	$I_{кз}$ (А)	81,5	42,7	51,8	55	31,4
	$I_{нп}$ (А)	27,2	14,2	17,3	18,3	10,5
	$U_{пр}$ (В)	244,5	213,5	103,6	137,5	62,8
32	$U_{ш}$ (В)	8,8	89,4	90,9	39,8	7,9
	$I_{ч.ш.}$ (мА)	8,8	59,6	75,8	49,8	7,9
33	$C_{НКПР}$ (%)	3,22	2,46	3,22	2,46	3,22
	$\psi$ (%)	6,7	4,2	5,6	5	6,25
34	$\tau$ (мин)	45	120	58	22	45
35	$C_{ср}$ (мг/м <sup>3</sup> )	462	1540	1478,4	673,8	3234
	$n$	23,1	77	73,9	33,7	161,7
36	$C_{ср}$ (мг/м <sup>3</sup> )	11000	1066,7	25000	2000	17500
	$n$	0,38	0,04	0,87	0,07	0,61
37	$H$ (м)	15,8	11,7	5,3	5,9	6,6
38	$W$ (мДж)	1,25	10	15	0,8	0,4
		Может	Может	Может	Может	Может

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никифоров Л.Л. Безопасность жизнедеятельности [электронный ресурс]: учебное пособие / Никифоров Л.Л., Персиянов В.В. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 386 с. (2-е изд., стер.). ЭБС
2. Евсеев В.О. Безопасность жизнедеятельности [электронный ресурс]: Учебник для бакалавров/ Евсеев В.О., Кастерин В.В., Коржинек Т.А., Клименко Н.Ю., Лебедева Н.В., Маяцкая И.Н., Никонова О.В., Новиков Б.И., Прохорова О.Г., Прохоров А.В., Шапошникова Т.Д. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 256 с. (2-е издание). ЭБС
3. Лунева С.К. Безопасность жизнедеятельности [электронный ресурс]: Учебное пособие/ Лунева С.К., Потемкина Т.В., Угольников О.Д., Лепеш Г.В. – Санкт-Петербург, 2019. – 163 с. ЭБС
4. Александров А.Б., Волохина А.Т., Глебова Е.В. и др. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. Часть 3. Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 2010. – 202 с.
5. Алексеева Г.Л., Лазурина Л.П. Методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине Безопасность жизнедеятельности. – Курск: КГМУ, 2012. – 88с.
6. Безопасность жизнедеятельности: учебник/ И.В. Бабайцев, Б.С. Матрюков, В.Т. Медведев и др.; под ред. Б.С. Матрюкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 304 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	
ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА.....	
ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	
ВЕНТИЛЯЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ.....	
ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ.....	
ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
ОТВЕТЫ НА ЗАДАЧИ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	