



Уральский
федеральный
университет
имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**В.С. Мушников, В.В. Вьюхин,
Н.А. Шакирова, М.Д. Комаров,
Н.А. Чекмарева, В.И. Лихтенштейн,**

РИСК ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОТ АЭРОЗОЛЕЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОГО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Электронный образовательный текстовый ресурс.

Методическая разработка по курсу «Безопасность жизнедеятельности», «Основы безопасности труда» для студентов всех форм обучения всех специальностей

Подготовлено кафедрой безопасности жизнедеятельности ИнФО УрФУ

Электронный образовательный текстовый ресурс создан для подготовки к выполнению практической работы № 50. Рассмотрены оценки риска профессиональных заболеваний от аэрозолей преимущественного фиброгенного действия и количественные методики расчета риска профессионального заболевания силикозом. Приведен перечень нормативно-справочной и учебной литературы.

Екатеринбург

2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.....	5
2. НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛЕЙ	7
3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ	8
4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТА РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ.....	10
5. ПРИМЕР РАСЧЕТА РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ	11
6. ФОРМА ОТЧЕТА	13
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	20

ВВЕДЕНИЕ

В промышленных условиях производства на работающих действуют производственные факторы, которые классифицируются по природе их воздействия на организм человека как вредные и опасные [1]. Вредный производственный фактор – это такое воздействие на человека, которое в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности. Результатом воздействия вредного производственного фактора может стать профессиональное заболевание. Профессиональные заболевания – заболевания, в возникновении которых решающая роль принадлежит воздействию неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса [2].

Выделяют следующие группы профессиональных болезней:

- 1) Обусловленные воздействием производственной пыли;
- 2) Обусловленные воздействием физических факторов;
- 3) Обусловленные воздействием химических факторов;
- 4) Обусловленные воздействием биологических факторов;
- 5) Профессиональные болезни от переутомления отдельных органов и систем человека.

В структуре профессиональных заболеваний первое место занимают физические факторы (около 40 %), на втором месте аэрозоли (около 30%). В 2017 году в Российской Федерации вновь зарегистрировано 4556 случаев пневмокониозов.

Принято разделять вредные вещества, загрязняющие воздух, на две группы: 1) химические; 2) производственная пыль. Пыль — это дисперсная система, состоящая из мельчайших твердых частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии некоторое время, ее еще называют аэрозоль. Осевшую же пыль называют аэрогелем. Производственная пыль по своему составу, физическим свойствам и химической природе весьма разнообразна.

По составу различают пыль неорганическую, органическую и смешанную. По дисперсному составу она бывает крупнодисперсная размером от 10 до 150 мкм, которая быстро оседает и практически отсутствует в воздухе; среднедисперсная размером от 10 до 5 мкм и мелкодисперсная размером менее 5 мкм, которая почти не оседает. В большинстве случаев до 60-80 % промышленная пыль имеет размер до 2 мкм, 10-20 % - от 2 до 5 мкм и до 10 % - свыше 10 мкм. Опасными для человека являются частицы пыли размером от 0,2 до 7 мкм, которые отлагаются и накапливаются в легких.

1. ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Пути проникновения производственной пыли в организм человека:

- 1) Через дыхательную систему (основной путь);
- 2) Через кожу;
- 3) Через желудочно-кишечный тракт;
- 4) Через слизистые оболочки.

Основными факторами, влияющими на поступление пылевых частиц в организм и их задержку в органах дыхания, являются концентрация в ингалируемом воздухе и продолжительность ее воздействия, размер частиц (дисперсность), их плотность (удельный вес), объем дыхания в зависимости от тяжести труда, а также индивидуальная чувствительность организма [3].

Действие промышленной пыли на организм человека может быть:

- 1) Общетоксическим (для токсических пылей);
- 2) Раздражающим;
- 3) Фиброгенным – разрастание соединительной (фиброзной) ткани легкого.

Для нетоксичных пылей наиболее выраженным является третье, поэтому при гигиеническом нормировании их называют «аэрозоли преимущественного фиброгенного действия» (АПФД). Грубые частицы пыли задерживаются в верхних дыхательных путях, и, если они не токсичны, могут вызвать заболевание, которое называется пылевой бронхит. Тонкие частицы пыли (0,5-5 мкм) достигают альвеол легкого и могут привести к профессиональному заболеванию, которое носит общее название пневмокониоз (от латинского *pneumon* – легкие и *conia* – пыль). Пневмокониоз (легочной пылевой фиброз) – хроническое профессиональное заболевание, характеризуется развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного воздействия фиброзных производственных аэрозолей.

В зависимости от вида пыли, вызвавшей развитие пневмокониоза, различают и соответствующие виды пневмокониозов. Так, силикозом называют пневмокониоз, обусловленный воздействием диоксида кремния (SiO_2), антракозом – угольной пыли, сидерозом – железосодержащей пыли, силикатозами – воздействие пыли различных силикатов (в частности, каолина - каолиноз, талька – талькоз, асбеста – асбестоз и т. п.). Наиболее тяжелым и опасным является силикоз у работающих, связанных с добычей полезных ископаемых, в условиях высокой запыленности, нередко при выполнении тяжелого физического труда при сроке 5 лет и более. Наиболее частое осложнение – туберкулез. Характерным для силикоза является его прогрессирование даже после прекращения контакта с пылью.

2. НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛЕЙ

Нормирование пылей осуществляется по предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, в атмосферном воздухе. Их значения приведены в нормативных документах ГН 2.2.5.1313-03 и ГН 2.1.6.1318-03 [4, 5].

В том случае, когда ПДК вредных веществ еще не установлены, а они уже используются в производстве разрабатываются временные нормативы: ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) [4].

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (АПФД) определяют, исходя из величин среднесменной концентрации промышленных аэрозолей и кратности превышения среднесменных ПДК [6].

В случае превышения среднесменной ПДК обязателен расчет пылевой нагрузки (ПН): реальной или прогностической величины суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором.

Пылевая нагрузка рассчитывается исходя из среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящей от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью [6].

$$\text{ПН} = K \times N \times T \times Q, \quad (1)$$

где: K – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³;

N – число рабочих дней в календарном году;

T – количество лет контакта с АПФД;

Q – объем легочной вентиляции за смену, м³, в соответствии с [7].

Полученные значения определяемой пылевой нагрузки сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), когда в формуле (1) вместо значения K используется значение ПДК.

Средневзвешенная величина фактической концентрации для определяемого периода работы рассматривается по выражению:

$$K = (K_1 \times t_1 + K_2 \times t_2 + \dots + K_n \times t_n) / T \quad (2)$$

где: $K_1 - K_n$ – среднесменные концентрации за весь период работы;

$t_1 - t_n$ – периоды работы, за время которых фактические концентрации были постоянны.

$T = \sum t$ – стаж работы в контакте с пылью, годы

Для прогноза риска заболеваний пневмокониозами по [3] введен метод расчета интегрального показателя «R» по формуле:

$$R = 8,6 \times X_1 + 6,0 \times X_2 + 19,4 \times T \times L_1 + 6,4 \times K \times L_2 \times L_3, \quad (3)$$

где: X_1 – возраст работающего, годы;

X_2 – общий стаж его работы, годы;

T – стаж работы в контакте с пылью, годы;

K – средневзвешенное содержание пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м³;

L_1 – коэффициент, учитывающий содержание свободного диоксида кремния;

L_2 – коэффициент, учитывающий дисперсный состав частиц ингалируемой пыли, ее минеральный состав и концентрацию в воздухе рабочей зоны;

L_3 – коэффициент, учитывающий тяжесть труда и связанный с этим объем легочной вентиляции.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТА РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ

1. Исходные данные для расчета приведены по вариантам в табл. 1. Номер Вашего варианта задания равен Вашему номеру в списке Вашей группы.
2. Выписать в отчет данные своего варианта.
3. По формуле (1) определить пылевую нагрузку (ПН), при этом:
 - 3.1 фактическую среднесменную концентрацию пыли в зоне дыхания работника K определить по формуле (2), используя данные таблиц 1 и 2;
 - 3.2 объем легочной вентиляции выбрать по таблице 3.
4. Определить контрольную пылевую нагрузку (КПН) по формуле (1), подставляя вместо значения K величину ПДК из таблицы 2;
5. Сравнить полученные значения ПН и КПН и сделать заключение о превышении показателя ПН над КПН.
6. Определить интегральный показатель «R» по формуле (3), при этом: значения коэффициентов L_1 , L_2 , L_3 определять из таблиц 4, 5, и 6 соответственно;
7. При выборе какого-либо значения для расчета по приведенным формулам необходимо его обосновать, например: коэффициент $L_2 = 1,7$ (средне значение) в таблице 5 для пыли № 4 при превышении ПДК в 3,5 раза. В случае отсутствия обоснования оценка работы в баллах может быть снижена.
8. Определить риск заболевания (%) работника силикозом, исходя из данных таблицы 7.
9. Письменно ответить на один контрольный вопрос, номер которого равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 20. Для номеров N списка группы от 21 до 30 номер Вашего контрольного вопроса равен $N - 20$.

5. ПРИМЕР РАСЧЕТА РИСКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ СИЛИКОЗОМ

Приведем пример расчета риска профессионального заболевания силикозом для шахтеров.

- Вид пыли - антрацитовая пыль с содержанием $\text{SiO}_2=4\%$. ПДК = 6 мг/м^3 . Возраст рабочего, лет, $X_1=60$ лет. Общий стаж его работы, лет, $X_2=42$ года. Стаж работы в контакте с пылью, лет, $T=40$ лет. Число рабочих дней в году, $N=255$ дней. Категория тяжести работ – III.
- По формуле (1) определяем пылевую нагрузку ПН. При этом периоды работы равны $t_1=t_2=t_3=t_4=10$ лет. Среднесменные концентрации за эти периоды работы равны $8,1; 10,5; 9,8; 9,2 \text{ мг/м}^3$, соответственно. Средневзвешенная величина фактической концентрации для определяемого периода работы получается $K=9,4 \text{ мг/м}^3$.

Число рабочих дней в календарном году $N=255$ дней, количество лет контакта с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (АПФД) $T=40$ лет, объем легочной вентиляции за смену для III категории тяжести работ $Q=10 \text{ м}^3$. По формуле (1) получаем величину ПН = $9,4 \times 255 \times 40 \times 10 = 958800$.

- Контрольная пылевая нагрузка (КПН), когда в формуле (1) вместо значения K используется значение ПДК, получается равной КПН=612000. Сравнивая полученные значения ПН и КПН, можно сделать заключение о превышении показателя ПН над КПН в 1,57 раза.
- Для прогноза риска профессионального заболевания силикозом проведём расчета интегрального показателя «R» по формуле (3). При этом возраст работающего $X_1=60$ лет, общий стаж его работы, лет, $X_2=42$ года. Стаж работы в контакте с пылью, лет, $T=40$ лет, содержание пыли в воздухе рабочей зоны $K=9,4 \text{ мг/м}^3$; коэффициент, учитывающий содержание свободного диоксида кремния ($\text{SiO}_2=4\%$) $L_1=0,8$; коэффициент, учитывающий дисперсный состав частиц ингалируемой пыли, ее минеральный состав (антрацитовая пыль с содержанием $\text{SiO}_2=4$

%) и кратность превышения ПДК (1,57) $L_2 = 2,15$; коэффициент, учитывающий тяжесть труда (категория тяжести работ – III) $L_3 = 1,8$.

- Интегральный показатель

$$R = 8,6 \times 60 + 6,0 \times 42 + 19,4 \times 40 \times 0,8 + 6,4 \times 9,4 \times 2,15 \times 1,8 = 1621,62.$$

Это свидетельствует о высоком риске профессионального заболевания силикозом с вероятностью 90%.

6. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Общие сведения (титульный лист):

- номер и название работы;
- Ф. И.О. студента;
- номер группы;
- номер варианта;
- дата выполнения работы;
- Ф. И.О. преподавателя.

2. Содержание отчета:

- кратко описать цель работы;
- выписать исходные данные варианта;
- привести основные формулы и выполнить расчеты;
- заполнить таблицу с полученными результатами.

Таблица

Расчет риска профессионального заболевания силикозом.

Студент _____

Фамилия

Группа _____ Дата _____

№ п/п	Параметр	Значение
1	УКАЗАТЬ НОМЕР ВАРИАНТА	
2	Пылевая нагрузка ПН	
3	Контрольная пылевая нагрузка (КПН)	
4	Превышение показателя ПН над КПН, раз	
5	Интегральный показатель «R»	
6	Риск профессионального заболевания, %	

3. Написать обоснованный вывод о полученном риске

профессионального заболевания силикозом, дать рекомендации по снижению риска.

4. Письменно ответить на контрольный вопрос. Номер Вашего контрольного вопроса равен Вашему номеру в списке Вашей группы для номеров от 1 до 20. Для номеров N списка группы от 21 до 30 номер Вашего контрольного вопроса равен $N-20$.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Номер варианта	Номер вида пыли	Число рабочих дней в году, N	Возраст рабочего, лет, X ₁	Общий стаж его работы, лет, X ₂	Стаж работы в контакте с пылью, лет, T	Первый период работы, лет, t ₁	Второй период работы, лет, t ₂	Третий период работы, лет, t ₃	Четвертый период работы, лет, t ₄	Категория тяжести работ
1	4	247	60	37	35	10	10	10	5	Ia
2	2	255	62	44	40	5	10	15	10	IIб
3	3	255	50	32	30	5	5	10	10	Iб
4	4	247	50	32	30	5	10	5	10	III
5	1	247	60	42	40	10	15	5	10	III
6	2	247	50	32	30	10	10	5	5	IIб
7	3	255	50	32	30	10	10	5	5	Ia
8	4	255	40	22	20	5	5	5	5	III
9	1	255	60	42	40	5	5	15	15	III
10	2	247	50	32	30	10	5	10	5	IIa
11	3	247	50	32	30	10	10	5	5	Iб
12	4	247	50	32	30	10	10	5	5	III
13	1	255	40	22	20	5	5	5	5	III
14	2	255	60	42	40	5	5	15	15	IIб
15	3	255	50	32	30	10	5	10	5	Iб
16	4	247	50	32	30	10	10	5	5	III
17	1	247	50	32	30	10	10	5	5	III
18	2	247	50	32	30	5	5	10	10	IIa
19	3	255	60	42	40	5	5	15	15	Iб
20	4	255	50	32	30	10	5	10	5	III

Продолжение таблицы 1

Номер варианта	Номер вида пыли	Число рабочих дней в году, N	Возраст рабочего, лет, X ₁	Общий стаж его работы, лет, X ₂	Стаж работы в контакте с пылью, лет, T	Первый период работы, лет, t ₁	Второй период работы, лет, t ₂	Третий период работы, лет, t ₃	Четвертый период работы, лет, t ₄	Категория тяжести работ
21	2	247	55	37	35	10	5	10	10	Па
22	3	247	55	37	35	10	10	5	10	Iб
23	4	247	55	37	35	10	10	5	10	III
24	1	255	45	27	25	5	5	5	10	III
25	2	255	55	37	35	5	5	15	10	Пб
26	3	255	55	37	35	10	5	10	10	Iб
27	1	247	55	37	35	10	10	5	10	III
28	2	247	50	32	30	10	10	5	5	Пб
29	3	255	50	32	30	10	10	5	5	Ia
30	4	255	45	27	25	5	5	5	10	III

Таблица 2

Виды пыли, их ПДК и среднесменные концентрации за периоды работы [3]

№ вида пыли	Вид пыли	ПДК, мг/м ³	Среднесменные концентрации за периоды работы t ₁ , t ₂ , t ₃ , t ₄ , мг/м ³			
			K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
1	Породная, углепородная пыль (SiO ₂ 10 - 70 %)	2	5	4	6	5
2	Углеродная, угольная пыль (SiO ₂ 5 -10 %)	4	7	6	7	8
3	Антрацитовая пыль (SiO ₂ до 5 %)	6	9	9	11	10
4	Пыль каменных углей (SiO ₂ до 5 %)	10	22	24	21	25

Таблица 3

Объем легочной вентиляции за смену для разных категорий тяжести работ [4]

№	Категория тяжести работ	Объем легочной вентиляции за смену, м ³
1	Ia - Ib	4
2	IIa - IIб	7
3	III	10

Таблица 4

Значение коэффициента L_1 в зависимости от содержания свободного диоксида кремния (СДК) [3]

Содержание СДК, %	Менее 2,0	2,1 – 10,0	10,1 – 70,0	70,1 и более
Значение L_1	0,6	0,8	1,0	1,2

Таблица 5

Значение коэффициента L_2 в зависимости от кратности превышения ПДК разных видов пыли в воздухе рабочей зоны [3]

№	Вид пыли и содержание в ней СДК	Значения L_2 при кратности превышения ПДК		
		1,1-2,0 ПДК	2,1-5,0 ПДК	5,1-10,0 ПДК
1	Породная, углепородная пыль (SiO_2 10 - 70 %), принять = 65 %	2,3	2,3	2,3
2	Углеродная, угольная пыль (SiO_2 5 -10 %), принять = 8 %	2,3	2,3 - 1,9	1,9 – 1,1
3	Антрацитовая пыль (SiO_2 до 5 %), принять = 4 %	2,3 – 2,0	2,0 – 1,3	1,3 – 0,75
4	Пыль каменных углей (SiO_2 до 5 %), принять = 1,5 %	2,2 – 1,6	1,6 – 1,8	0,8 – 0,47

Примечание:

кратность превышения ПДК определять делением средневзвешенной величины фактической концентрации пыли K на соответствующую ПДК данной пыли (при определении L_2 превышение определять с фиксацией в отчете).

Таблица 6

Значение коэффициента L_3 в зависимости от категории условий труда по показателям тяжести трудового процесса [3]

Показатель	Категория тяжести работ				
	Ia легкая	Iб легкая	IIa средней тяжести	IIб средней тяжести	III тяжелая
L_3	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8

Таблица 7

Зависимость риска профессионального заболевания от интегрального показателя «R» [3]

«R»	1000-1150	1151-1200	1201-1250	1251-1300	1301-1350	1351-1400	1401-1450	1451-1500	1501-1550	1551-1600	1601-1700
Риск заболевания, %	до 2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Результат воздействия на человека вредного производственного фактора.
2. Результат воздействия на человека опасного производственного фактора.
3. Что такое профессиональное заболевание.
4. Группы профессиональных заболеваний.
5. Что такое пыль.
6. Дисперсность пылей.
7. Пути проникновения пылей в организм.
8. Факторы, влияющие на действие пыли в организме.
9. Виды действия пылей на организм.
10. Что такое АПФД.
11. Что такое пневмокониоз.
12. Виды пневмокониозов, что их вызывает.
13. Какой пневмокониоз является самым тяжелым и опасным.
14. Какое осложнение наиболее часто встречается при пневмокониозе.
15. Характерные особенности силикоза.
16. Нормирование пылей, единицы измерения.

17. Исходя из чего рассчитывается пылевая нагрузка.
18. Для чего вводится интегральный показатель «R».
19. Что такое СДК.
20. Каковы категории тяжести работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.0.003-80. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебник / А. А. Волкова, В. Г. Шишкунов, Г. В. Тягунов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 243 с.
3. СанПиН 2.2.3.570-96. Гигиенические требования к предприятиям угольной промышленности и организации работ.
4. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны // Российская газета. 2003. № 119/1. 20 июня.
5. ГН 2.1.6.1318-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере воздуха населенных мест // Российская газета. 2003. № 119/1. 20 июня.
6. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. Постановлением Государственного санитарного врача Российской Федерации от 29 июня 5005 г. // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. 2005. Вып. 3 (21), сентябрь.
7. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

Электронный образовательный текстовый ресурс

Мушников Валерий Сергеевич
Вьюхин Владимир Викторович
Шакирова Надежда Александровна
Комаров Михаил Дмитриевич
Чекмарева Марина Аркадьевна
Лихтенштейн Владимир Иосифович

РИСК ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОТ АЭРОЗОЛЕЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОГО ФИБРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Методическая разработка

Подготовка к публикации *Т.С. Веселова*
Компьютерная верстка *В. И. Лихтенштейн*

Рекомендовано Методическим советом УрФУ
Разрешено к публикации _____
Электронный формат – pdf
Объем 0,7 уч.-изд. л.



620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
Информационный портал УрФУ
<http://www.study.urfu.ru>