

Клинико-гигиеническая оценка пылевой нагрузки

Диспёрсная система — это образования из двух или более числа фаз (тел), которые совершенно или практически не смешиваются и не реагируют друг с другом химически. Первое из веществ (*дисперсная фаза*) мелко распределено во втором (*дисперсионная среда*). Если фаз несколько, их можно отделить друг от друга физическим способом (центрифугировать, сепарировать и т. д.). Обычно дисперсные системы — это коллоидные растворы, золи. К дисперсным системам относят также случай твёрдой дисперсной среды, в которой находится дисперсная фаза.

Промышленный аэрозоль – система, в которой дисперсной фазой являются твёрдые частицы, а дисперсионной средой - воздух.

Пыль – физическое понятие, определяющее степень раздробленности вещества на частицы.

Пыль – физическое понятие, определяющее степень раздробленности вещества на частицы.

Классификация промышленных аэрозолей по происхождению (и/или источнику)

1	2
ПЫЛЬ	Аэрозоли дезинтеграции с твёрдыми частицами, независимо от их дисперсности.
ДЫМЫ	Аэрозоли конденсации с твёрдой дисперсной фазой
ТУМАН Ы	Все аэрозоли независимо от их происхождения и дисперсности, имеющие жидкую дисперсную фазу (водяной природный или искусственный туман).

Вредное действие промышленных аэрозолей, в общем случае, определено:

1. Химическими способностями вещества (частичек, капель).

2. Формой:

2.1. Частицы от дезинтеграции (дробления)

отличаются острыми краями и могут повреждать слизистые дыхательных путей с последующим развитием соединительной ткани (пневмокониозы и пр);

2.2. Частицы, образующиеся в процессах конденсации обычно округлой формы, нагретые и поэтому могут вызвать ожог слизистых с последующим присоединением микрофлоры и развитием воспалительных процессов.

2.3. Капельки тумана (жидкие частицы) отличаются особыми свойствами: от химического эффекта, раздражающего и иного эффекта до переноса многих бактерий, вирусов, грибов и пр.;

3. Размерами частиц:

- частицы до 5 мкм проникают в альвеолы лёгких;
- частицы более 5 мкм – оседают в дыхательных путях;
- частицы от 10 до 30 мкм переносят патогенную микрофлору.

Особое место в пылевом факторе занимают аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД).

Руководство Р.2.2.2006-05 различает:

Высоко- и умеренно фиброгенные пыли (ПДК ≤ 2 мг/м³);
Слабофиброгенные пыли (ПДК > 2 мг/м³).

Основным показателем оценки степени воздействия АПФД и других аэрозолей на органы дыхания работника является контрольная пылевая нагрузка.

В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчёт пылевой нагрузки обязателен.

Расчёт пылевой нагрузки этих пылей исходит из соотношения среднесменных концентраций к предельно-допустимым уровням в производстве с временем воздействия.

Этот расчёт может по своей логике (идеологии) применим и для других аэрозолей и химических загрязнений воздуха рабочих зон.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работника - это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с пылью.

Пылевая нагрузка на органы дыхания работника (или группы работников, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объёма лёгочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью.

РАСЧЁТ КОНТРОЛЬНОЙ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ

Исходные значения:

С - фактическая среднесменная концентрация пыли, мг/м³;

ПДК - предельно-допустимая концентрация, мг/м³;

N - число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях аэрозольного воздействия;

T - количество лет контакта с пылью (длительность работы в запылённом воздухе рабочей зоны, экспозиция воздействия пыли);

Q - объем лёгочной вентиляции за смену, м³ (по ГОСТ 12.1.005-88).

Для расчётов рекомендуется использовать усреднённые величины объёмов лёгочной вентиляции, которые зависят от уровня энерготрат в процессе выполнения должностных обязанностей и, соответственно, категорий работ согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88 (*"Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"* и *"Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"*):

- для работ категории Ia - Ib объем лёгочной вентиляции за смену (8 часов) = 4 м^3 ;
- для работ категории IIa - IIб - за смену (8 часов) 7 м^3 ;
- для работ категории III - за смену (8 часов) 10 м^3 .

ИДЕОЛОГИЯ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНО-ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ

$$\text{Индекс опасности} = \frac{\text{Концентрация реальная}}{\text{ПДК}} \times \text{Экспозицию}$$

$$\text{Gnd (1)} = \text{ПДК} \times 25 \text{ лет} \times \text{Смен/год} \times \text{Объём дыхания}$$

$$\text{Gnd (2)} = \text{C (XX) лет} \times \text{Смен/год} \times \text{Объём дыхания}$$

$$\text{Условие: КПН} = \text{abs } | \text{Gnd (1)} : \text{Gnd (2)} | \leq 1.0. \geq$$

КПН – контрольная пылевая нагрузка представляет собой отношение планируемого количества пыли которую может получить работник при соблюдении ПДК за стандартный 25-летний стаж и реальной величины пыли, получаемой в заданном периоде расчёта.

1. Расчёт **стандартной пылевой нагрузки на 25 лет работы** (при необходимости расчёт можно выполнять на 35 лет, 40 лет стажа, 42 года работы и т.д.)

$$ПН_{25} = ПДК * N * T * Q \quad (1)$$

2. Расчёт **пылевой нагрузки на XX лет** (заданный период работы)

$$ПН_{XX} = C * N * T * Q \quad (2)$$

3. Контрольная пылевая нагрузки за заданный период по отношению к ожидаемому (планируемому) количеству пыли, которая может поступить в лёгкие работника при соблюдении ПДК за стандартный стаж

$$КПН_{25} = ПН_{25} : ПН_{XX} \quad (3)$$

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), под которой понимают пылевую нагрузку, сформировавшуюся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода контакта с фактором. Исходные величины:

С	Фактическая среднесменная концентрация пыли, мг/м³	=4
ПДК	Предельно-допустимая концентрация, мг/м³	= 2
N	Число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях аэрозольного воздействия	= 250
	Количество лет контакта с пылью (длительность работы в условиях запылённости воздуха рабочей зоны, экспозиция воздействия пыли)	= 25 лет
		= 6 лет
Q	Объем лёгочной вентиляции за смену, м³ (по ГОСТ 12.1.005-88).	= 7

1. Расчёт стандартной пылевой нагрузки за 25 лет работы (контакта)

$$ПН_{25} = 2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} * 250 \text{ см/год} * 25 \text{ лет} * 7 \text{ м}^3/\text{см} \quad (1)$$

$$ПН_{25} = 87\,500 \text{ мг (за 25 лет!!!)}$$

2. Расчёт реальной пылевой нагрузки за 6 лет работы (контакта)

$$ПН_{25} = 4 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} * 250 \text{ см/год} * 6 \text{ лет} * 7 \text{ м}^3 / \text{см} \quad (2)$$

$$ПН_{25} = 42\,000 \text{ мг (за 6 лет!!!)}$$

3. Расчёт контрольной пылевой нагрузки (накоплено в долях от стандартной нагрузки за 25 лет):

$$КПН = \text{abs } 42\,500 \text{ мг} : 87\,500 \text{ мг} = 0,48 \quad (3)$$

ВЫВОДЫ:

- Накопление пыли в лёгких за 6 лет не превышает допустимых значений стандартных величин за 25 лет стандартного стажа;
- Абсолютная величина соотношения стандартного и реального поступления составляет 0.5 соот. Ед. от допустимый величины поступления;
- Исходя из указанной относительной величины за 6 лет работы, следует что: через 6 лет последующего контакта лёгких будет накоплена предельно-допустимая концентрация пыли;
- Безопасный стаж работы в данных условиях 12 лет при стандартном стаже 25 лет;
- Условия труда оценивается вторым, допустимым классом (2.0).

Контрольная пылевая нагрузка для высоко- и умеренно фиброгенных пылей, рассчитанная из величины *ПДК 2 мг/м³ за 25 лет стажа работы* и 250 рабочих смен в году составляет 120 г.

Этот же показатель для слабофиброгенных пылей равен 600 г (*расчёт из величины ПДК 10 мг/м³, 25 лет стажа работы и 250 смен в году*);

КПН для асбестсодержащих пылей - 60 мг/м³ (*при работе в течение 25 лет и 250 смен в году*);

В зависимости от поставленной задачи КПН может быть рассчитана как персонально для работника, так и для профессиональной группы.

Для расчёта безопасного стажа по линейной экспозиции можно применить пропорцию:

КПН (k) рассчитанная на 25 лет стажа (S_{25})

(P) Пылевая нагрузка рассчитанная на 1 год стажа (S_1)

$$k_{25} = F_{\text{МГ}}$$

$$k_1 = X_{\text{МГ}} \Rightarrow X = \frac{k_1 * F}{k_{25}}$$

При соответствии фактической пылевой нагрузки контрольному уровню условия труда относят к допустимому классу и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях.

Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда по данному фактору:

- 1,1-2,0 - вредный, третий первой степени;
- 2,1-4,0 – вредный, третий второй степени;
- 4,1-10 – вредный, третий, третьей степени;
- > 10 - вредный, третий четвёртой степени

Прогноз безвредного стажа по контрольной пылевой нагрузке: Линейная зависимость

1. Расчёт стандартной пылевой нагрузки за 25 лет работы (контакта)

$$\text{ПН}_{25} = 2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} * 250 \text{ см/год} * 25 \text{ лет} * 7 \text{ м}^3/\text{см} = 87\,500 \text{ мг (за 25 лет!!!)}$$

2. Расчёт реальной пылевой нагрузки за 1 год работы (контакта)

$$\Rightarrow C_{n1} = \frac{k_1 * F}{k_{25}} = \frac{1 * 87500}{25} = 3500 \text{ мг/год}$$

Лет контакта	С	Лет контакта	С	Лет контакта	С	Лет контакта	С
1	3500	3	10500	5	17500	10	35000
2	7000	4	14000	6	21000	15	52500

Прогноз безвредного стажа по контрольной пылевой нагрузке: Экспоненциальная зависимость

Стажевый градиент: 1 год / 25 лет = 0,08

№№ года	Градиент (из 25 лет)
1	0,08
2	0,16
3	0,24
4	0,32
5	0,40
<u>6</u>	<u>0,48</u>
7	0,56
8	0,64
9	0,72
10	0,80

№№ года	Градиент (из 25 лет)
11	0,88
12	0,96
13	1,04
14	1,12
15	1,20
16	1,28
17	1,36
18	1,44
19	1,52
20	1,60

№№ года	Градиент (из 25 лет)
21	1,68
22	1,76
23	1,84
24	1,92
25	2,00

Линейная зависимость:

ь:

$$F(x) = a * x$$

Экспоненциальная зависимость: $F(x) = Lg(a) * Lg(Cn)$

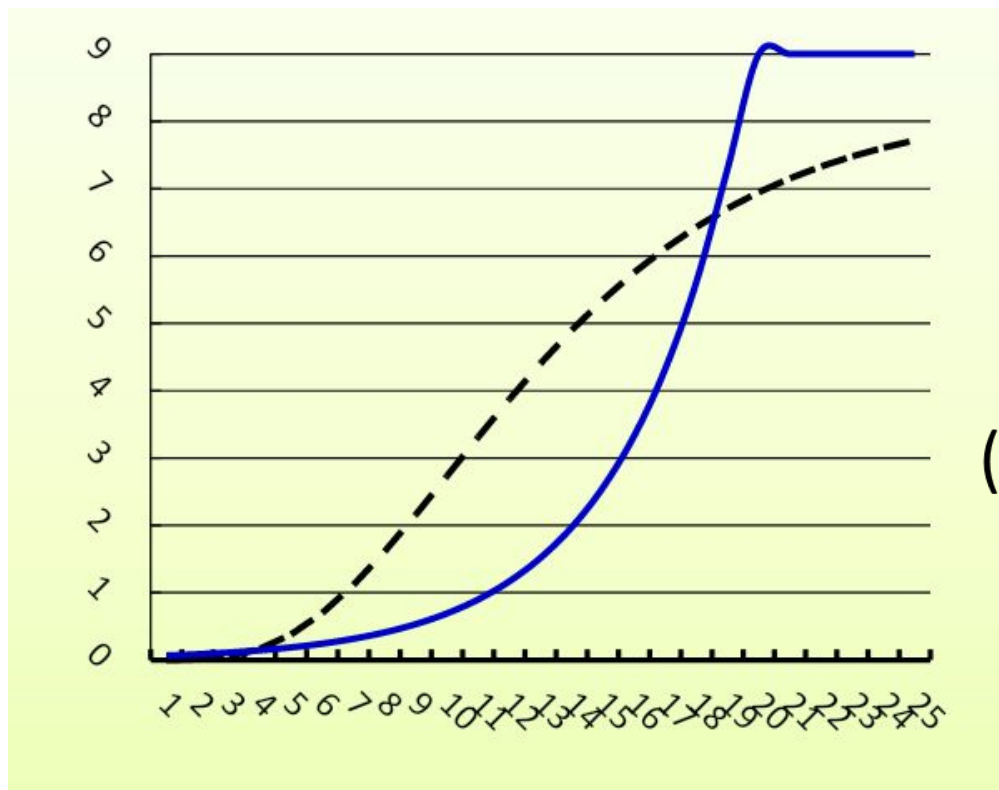
Год	F (X) Prob	Lg (Cn)	Lg (X)
1	-3,888	3,544068	-1,09691
2	-3,060	3,845098	-0,79588
3	-2,492	4,021189	-0,61979
4	-2,052	4,146128	-0,49485
5	-1,688	4,243038	-0,39794
6	-1,378	4,322219	-0,31876
7	-1,105	4,389166	-0,25181
8	-0,862	4,447158	-0,19382
9	-0,642	4,498311	-0,14267
10	-4,984	4,544068	-1,09691
11	-0,255	4,585461	-0,05552
12	-0,082	4,623249	-0,01773

Год	F (X) Prob	Lg (Cn)	Lg (X)
13	0,079	4,658011	0,017033
14	0,231	4,690196	0,079181
15	0,374	4,720159	0,10721
16	0,509	4,748188	0,133539
17	0,638	4,774517	0,158362
18	0,760	4,799341	0,181844
19	0,877	4,822822	0,20412
20	0,989	4,845098	0,225309
21	1,096	4,866287	0,245513
22	1,200	4,886491	0,264818
23	1,299	4,905796	0,283301
24	1,395	4,924279	0,30103
25	1,488	4,942008	0,30103

Для расчёта безопасного стажа по экспоненциальной зависимости пылевой нагрузки можно применить пропорцию:

Prob 25 = 100 %

$$\text{Prob 1} = x \% \quad \Rightarrow \quad X = \frac{\text{Prob25} * 100}{\text{Prob1}}$$



$X = \text{Нормраспр}$
 $(\text{Prob} = \text{Lg}(a_n) * \text{Lg}(C_n))$

Таблица расчёта экспоненциальной зависимости безвредного стажа по пылевой нагрузке

<u>Год</u>	<u>Lg № года</u>		<u>Реальная нагрузка</u>		<u>Prob</u>	<u>НОРМСТРАСП</u>	<u>Экспон</u>
1	0,08	-1,09691	3500	3,544068	-3,88752	5,1E-05	0,0
2	0,16	-0,79588	7000	3,845098	-3,06024	1,1E-03	0,0
3	0,24	-0,61979	10500	4,021189	-2,49229	6,3E-03	0,1
4	0,32	-0,49485	14000	4,146128	-2,05171	2,0E-02	0,2
5	0,4	-0,39794	17500	4,243038	-1,68847	4,6E-02	0,4
6	0,48	-0,31876	21000	4,322219	-1,37775	8,4E-02	0,7
7	0,56	-0,25181	24500	4,389166	-1,10524	1,3E-01	1,1
8	0,64	-0,19382	28000	4,447158	-0,86195	1,9E-01	1,6
9	0,72	-0,14267	31500	4,498311	-0,64176	2,6E-01	2,2
10	0,8	-0,09691	35000	4,544068	-0,44037	3,3E-01	2,7
11	0,88	-0,05552	38500	4,585461	-0,25457	4,0E-01	3,3
12	0,96	-0,01773	42000	4,623249	-0,08196	4,7E-01	3,9
13	1,04	0,017033	45500	4,658011	0,079341	5,3E-01	4,4
14	1,12	0,049218	49000	4,690196	0,230842	5,9E-01	4,9
15	1,2	0,079181	52500	4,720159	0,373748	6,5E-01	5,3
16	1,28	0,10721	56000	4,748188	0,509053	6,9E-01	5,8
17	1,36	0,133539	59500	4,774517	0,637584	7,4E-01	6,1
18	1,44	0,158362	63000	4,799341	0,760036	7,8E-01	6,4
19	1,52	0,181844	66500	4,822822	0,876999	8,1E-01	6,7
20	1,6	0,20412	70000	4,845098	0,988981	8,4E-01	6,9
21	1,68	0,225309	73500	4,866287	1,09642	8,6E-01	7,2
22	1,76	0,245513	77000	4,886491	1,199695	8,8E-01	7,3
23	1,84	0,264818	80500	4,905796	1,299142	9,0E-01	7,5
24	1,92	0,283301	84000	4,924279	1,395054	9,2E-01	7,6
25	2	0,30103	87500	4,942008	1,487693	9,3E-01	7,7
					Sum	12,071	100,0