

ЗАДАНИЕ №1.

по теме «Вредные вещества, воздействие и нормирование».

Цель занятий: ознакомить студента с принципами нормирования содержания вредных веществ в воздушной среде.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант по таблице вариантов;
- ознакомиться с методикой;
- выполнить поставленную задачу;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

Основные этапы:

1. Заполнение формы таблицы в состоянии с заданным вариантом.
2. Ознакомление со справочной нормативно-технической литературной документацией и принципами нормирования содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест.
3. Определение предельно-допустимых концентраций вредных веществ, заданных по варианту.
4. Анализ, принятие решения о соответствии фактических данных варианта задания предельно-допустимым значениям.

Порядок выполнения:

1. Студент получает образец заполнения отчета по практическим занятиям и переписывает форму таблицы на чистый лист бумаги.
2. Получив вариант задания, необходимо заполнить графы 1...2 таблицы (см. образец).
3. Используя нормативно-техническую документацию (см. приложение 1 и 2) заполнить графы 3...7 таблицы (см. образец).
4. Сопоставить заданные по варианту концентрации веществ с предельно-допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам каждого из веществ в графах 8.. .10, т.е. < ПДК, > ПДК, = ПДК (см. образец).
5. На следующем этапе необходимо принять решение о соответствии нормам заданной по варианту совокупности веществ при их одновременном воздействии.
 - 5.1. Выявить вещества, обладающие суммацией действия, обозначив их символом "С" перед названием вещества. Если,- выявится несколько эффектов суммации, следует использовать цифровую индексацию С1, С2, С3.
 - 5.2. Выполнить необходимые расчеты по определению фактического эффекта по формуле, указанной в приложении 2.
 - 5.3. Сделать вывод о соответствии нормам фактических значений концентрации веществ, обладающих эффектом суммации, записью "Соответствует", "Не соответствует".
6. Подписать отчет и сдать преподавателю.

Образец Исходные данные и нормируемые значения

| Вещества | Концентрация вредного вещества, мг/м ³ | | | | Класс опасности | Особенности воздействия | Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности | | |
|----------------|---|------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|--|---|------------|
| | Фактическая | Предельно допустимая | | | | | В воздухе рабочей зоны | В воздухе нас. мест при времени воздействия | |
| | | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенного места | | | | | > 30 минут | ≤ 30 минут |
| | | | Среднесуточная | Макс. разовая | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Оксид углерода | 5.0 | 20 | 3.0 | 5.0 | IV | A | < ПДК (+) | > ПДК (-) | = ПДК (+) |

Провести анализ, выявить вещества, обладающие суммацией, выполнить необходимые расчеты и сделать вывод о соответствии нормам каждого из указанных веществ в отдельности и при их одновременном воздействии.

Приложение 1 Предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК)

| Вещество | ПДК, мг/м ³ | | | Класс опасности | Особенности воздействия* |
|------------------------------|------------------------|---|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| | В воздухе рабочей зоны | В воздухе населенных мест | | | |
| | | Максимально-разовая; воздействие ≤ 30 мин | Среднесуточная; воздействие > 30 мин | | |
| Азот диоксид | 2 | 0.085 | 0.04 | II | O |
| Азот оксиды | 5 | 0.6 | 0.06 | III | O |
| Азотная кислота | 2 | 0.4 | 0.15 | II | - |
| Акролеин | 0.2 | 0.03 | 0.03 | III | - |
| Алюминия оксид | 6 | 0.2 | 0.04 | IV | Ф |
| Аммиак | 20 | 0.2 | 0.04 | IV | - |
| Ацетон | 200 | 0.35 | 0.35 | IV | - |
| Аэрозоль пентаоксида ванадия | 0.1 | - | 0.002 | I | - |
| Бензол | 5 | 1.5 | 0.1 | II | K |
| Винилацетат | 10 | 0.15 | 0.15 | III | - |
| Вольфрам | 6 | - | 0.1 | III | Ф |
| Вольфрамовый ангидрид | 6 | - | 0.15 | III | Ф |
| Дихлорэтан | 10 | 3 | 1 | II | - |
| Кремний диоксид | 1 | 0.15 | 0.06 | III | Ф |
| Ксилол | 50 | 0.2 | 0.2 | III | - |
| Метиловый спирт | 5 | 1 | 0.5 | III | - |
| Озон | 0.1 | 0.16 | 0.03 | I | O |
| Полипропилен | 10 | 3 | 3 | III | - |
| Ртуть | 0.01/0.005 | - | 0.0003 | I | - |
| Серная кислота | 1 | 0.3 | 0.1 | II | - |
| Сернистый ангидрид | 10 | 0.5 | 0.05 | III | - |
| Сода кальцированная | 2 | - | - | III | - |
| Селенистая кислота | 300 | 60 | - | IV | - |
| Хлорол | 50 | 0.6 | 0.03 | III | O |
| Углерод оксид | 20 | 5 | 3 | IV | Ф |
| Формальдегид | 0.03 | 0.0015 | 0.0015 | II | K, A |
| Формальдегид | 0.25 | 0.003 | 0.003 | III | O, A |

| | | | | | |
|----------------|------|---|---|----|---|
| Этиловый спирт | 1000 | 5 | 5 | IV | - |
| Цементная пыль | 6 | - | - | IV | Ф |

Примечание к таблице:

О - вещества с остронаправленным механизмом воздействия, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль;

А - вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях;

К - канцерогены;

Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Приложение 2

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

$$\frac{C1}{ПДК1} + \frac{C2}{ПДК2} + \dots + \frac{Cn}{ПДКn} \leq 1$$

где C1, C2 ... Cn - фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе, мг/м³;

ПДК1, ПДК2, ...ПДКn - предельно допустимые концентрации тех же веществ, мг/м³.

Эффектом суммации обладают:

1. ацетон, акролеин, фталевый ангидрид;
2. ацетон и фенол;
3. ацетон и ацетофенон;
4. ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол;
5. ацеальдегид и винилацетат;
6. аэрозоли пентаоксида ванадия и оксидов марганца;
7. аэрозоли пентаоксида ванадия сернистый ангидрид;
8. аэрозоли пентаоксида ванадия и трехоксида хрома;
9. бензол и ацетофенон;
10. валериановая, капроновая и масляная кислоты;
11. вольфрамный сернистый ангидриды;
12. гексахлоран и фазолон;
13. 2,3-дихлор-1,4-нафтахинон и 1,4- нафтахинон;
14. 1,2-дихлорлрпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен;
15. изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола;
16. изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбинол;
17. метилдигидропиран и метилентетрагидропиран;
18. мышьяковидный ангидрид и свинца ацетат;
19. мышьяковистый ангидрид и германий;
20. озон, диоксид азота и формальдегид;
21. оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан;
22. пропионовая кислота и пропионовый альдегид;
23. сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты;
24. сернистый ангидрид и никель металлический;
25. сернистый ангидрид и сероводород;

26. сернистый ангидрид и диоксид азота
27. сернистый ангидрид, оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства;
28. сернистый ангидрид, оксид углерода, диоксид азота и фенол;
29. сернистый ангидрид и фенол;
30. сернистый ангидрид и фтористый водород;
31. серный и серистый ангидриды, аммиак и окислы азота;
32. сероводород и динил;
33. сильные минеральные кислоты (серная, хлористоводородная и азотная);
34. углерода окись и пыль цементного производства;
35. уксусная кислота и уксусный ангидрид;
36. фенол и ацетофенон;
37. фурфурол, метиловый и этиловый спирты;
38. циклогексан и бензол;
39. этилен, пропилен, бутилен, и амилен.

Эффектом потенцирования обладают:

1. бутилакрилат и метилметалкрилат с коэффициентом 0,8;
2. фтористый водород и фторосоли с коэффициентом 0,8.

ВАРИАНТЫ

| № | Вещество | Фактическая концентрация мг/м ³ | № | Вещество | Фактическая концентрация, мг/м ³ |
|----|--------------------|---|----|-----------------------|--|
| 01 | Фенол | 0.001 | 05 | Акролеин | 0.01 |
| | Азот оксиды | 0.1 | | Дихлорэтан | 5 |
| | Углерода оксид | 10 | | Озон | 0.01 |
| | Вольфрам | 5 | | Углерод оксид | 15 |
| | Полипропилен | 5 | | Формальдегид | 0.02 |
| | Ацетон | 0.5 | | Вольфрам | 4 |
| 02 | Аммиак | 0.01 | 06 | Азота диоксид | 0.04 |
| | Ацетон | 150 | | Аммиак | 0.5 |
| | Бензол | 0.05 | | Хрома оксид | 0.2 |
| | Озон | 0.001 | | Ангидрид | 0.5 |
| | Дихлорэтан | 5 | | Ртуть | 0.001 |
| | Фенол | 0.5 | | Акролеин | 0.01 |
| 03 | Акролеин | 0.01 | 07 | Этиловый спирт | 150 |
| | Дихлорэтан | 4 | | Углерода оксид | 15 |
| | Хлор | 0.02 | | Озон | 0.01 |
| | Углерода оксид | 10 | | Серная кислота | 0.05 |
| | Сернистый ангидрид | 0.03 | | Соляная кислота | 5 |
| | Хрома оксид | 0.1 | | Сернистый ангидрид | 0.5 |
| 04 | Озон | 0.01 | 08 | Аммиак | 0.5 |
| | Метиловый спирт | 0.2 | | Азота диоксид | 1 |
| | Ксилол | 0.5 | | Вольфрамовый ангидрид | 5 |
| | Азот диоксид | 0.5 | | Хрома оксид | 0.2 |
| | Формальдегид | 0.01 | | Озон | 0.001 |
| | Толуол | 0.5 | | Дихлорэтан | 5 |
| 09 | Азота диоксид | 5 | 15 | Углерода оксид | 10 |
| | Углерода оксид | 0.001 | | Этилендиамин | 0.1 |
| | Озон | 10 | | Аммиак | 0.1 |
| | Серная кислота | 5 | | Азота диоксид | 5 |
| | Соляная кислота | 1.0 | | Ацетон | 100 |
| | Сернистый ангидрид | 0.001 | | Бензол | 0.05 |
| 10 | Ацетон | 0.2 | 16 | Серная кислота | 0.5 |
| | Углерода оксид | 15 | | Азотная кислота | 0.5 |
| | Кремния диоксид | 0.2 | | Кремния диоксид | 0.2 |

| | | | | | |
|-----------|------------------------------|-------|-----------|------------------------------|--------|
| | Фенол | 0.003 | | Фенол | 0.01 |
| | Формальдегид | 0.02 | | Ацетон | 0.2 |
| | Толуол | 0.5 | | Озон | 0.001 |
| 11 | Азота оксиды | 0.1 | 17 | Аммиак | 0.001 |
| | Алюминия оксид | 5 | | Азот оксиды | 0.1 |
| | Фенол | 0.01 | | Вольфрам | 4 |
| | Бензол | 0.05 | | Алюминия оксид | 5 |
| | Формальдегид | 0.01 | | Углерода оксид | 5 |
| | Винилацета | 0.1 | | Фенол | 0.01 |
| 12 | Азотная кислота | 0.5 | 18 | Ацетон | 0.3 |
| | Толуол | 0.6 | | Фенол | 0.005 |
| | Винилацетат | 0.15 | | Формальдегид | 0.02 |
| | Углерода оксид | 10 | | Полипропилен | 8 |
| | Алюминия оксид | 5 | | Толуол | 0.7 |
| | Гексан | 0.01 | | Винилацетат | 0.15 |
| 13 | Азота диоксид | 0.5 | 19 | Метиловый спирт | 0.3 |
| | Ацетон | 0.2 | | Этиловый спирт | 100 |
| | Бензол | 0.05 | | Цементная пыль | 200 |
| | Фенол | 0.01 | | Углерода оксид | 15 |
| | Углерода оксид | 10 | | Ртуть | 0.001 |
| | Винилацетат | 0.1 | | Ксилол | 0.5 |
| 14 | Акролеин | 0.01 | 20 | Углерода оксид | 10 |
| | Дихлорэтан | 5 | | Азота диоксид | 1.0 |
| | Хлор | 0.01 | | Формальдегид | 0.02 |
| | Хрома треоксид | 0.1 | | Акролеин | 0.01 |
| | Ксилол | 0.3 | | Дихлорэтан | 5 |
| | Ацетон | 150 | | Озон | 0.02 |
| 21 | Аэрозоль пентаоксида ванадия | 0.05 | 26 | Ацетон | 0.15 |
| | Хром треоксид | 0.1 | | Озон | 0.05 |
| | Хлор | 0.02 | | Фенол | 0.02 |
| | Углерода оксид | 10 | | Кремния диоксид | 0.15 |
| | Азота диоксид | 1 | | Этилендиамин | 0.9 |
| | Озон | 0.1 | | Аммиак | 0.05 |
| 22 | Сернистый ангидрид | 0.5 | 27 | Акролеин | 0.01 |
| | Серная кислота | 0.05 | | Дихлорэтан | 5 |
| | Вольфрамовый ангидрид | 5 | | Озон | 0.01 |
| | Хрома оксид | 0.2 | | Углерода оксид | 20 |
| | Азотный диоксид | 0.05 | | Вольфрам | 5 |
| | Аммиак | 0.5 | | Формальдегид | 0.02 |
| 23 | Азот оксиды | 0.1 | 28 | Аммиак | 0.02 |
| | Алюминий оксид | 5 | | Азота диоксид | 5 |
| | Формальдегид | 0.02 | | Хрома оксид | 0.2 |
| | Винилацетат | 0.1 | | Ксилол | 0.5 |
| | Бензол | 0.05 | | Ртуть | 0.0005 |
| | Фенол | 0.005 | | Гексан | 0.01 |
| 24 | Аммиак | 0.05 | 29 | Озон | 0.05 |
| | Азот оксиды | 0.1 | | Азота диоксид | 1 |
| | Углерода оксид | 15 | | Углерода оксид | 15 |
| | Фенол | 0.005 | | Хлор | 0.02 |
| | Вольфрам | 4 | | Хром триоксид | 0.09 |
| | Алюминия оксид | 5 | | Аэрозоль пентаоксида ванадия | 0.05 |
| 25 | Азотная кислота | 0.5 | 30 | Аммиак | 0.4 |
| | Серная кислота | 0.5 | | Азота диоксид | 0.5 |
| | Ацетон | 100 | | Хрома оксид | 0.18 |
| | Кремния диоксид | 0.2 | | Соляная кислота | 4 |
| | Фенол | 0.001 | | Серная кислота | 0.04 |
| | Озон | 0.001 | | Сернистый ангидрид | 0.4 |

ЗАДАНИЕ №2.

на тему: «Оценка энергозатрат мышечной деятельности человека»

Цель практических занятий; ознакомить студента с особенностями оценки энергозатрат деятельности человека и баланса энергии в организме человека.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант по таблице вариантов;
- ознакомиться с методикой;
- оценить энергозатраты человека и общие энергозатраты на мышечную деятельность (на примере пешей прогулки);
- сравнить полученные энергозатраты с энергозатратами в состоянии покоя;
- определить долю энергии, поступающую с белками, жирами и углеводами;
- определить сочетание источников энергии, потребляемых для поддержания баланса в организме человека;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

1. Основные положения

Оценка энергозатрат физической деятельности человека непосредственно связана с вопросами экологии питания, которая используется при анализе экосистем как систем, в которых происходит обмен веществами и энергией.

Поддержание общего баланса энергии у взрослого человека, исключая резкие колебания веса тела, связано с регуляцией, осуществляемой нервной системой. В организме человека постоянно происходит обмен веществ, для поддержания которого используется энергия, получаемая из пищи. Различают следующие виды обмена:

1. Основной обмен, к которому относят энергию, расходуемую организмом во время сна, в покое или сидячем положении, во время беременности, а также в процессе роста.

В среднем можно принять, что организм взрослого человека в состоянии сна или “покоя” расходует примерно 300 кДж/ч, расход энергии при беременности и кормлении грудью составляет 400 кДж/ч, ребенок, в зависимости от возраста расходует в состоянии покоя 150 - 250 кДж/ч;

2. Мышечная деятельность, при которой эквивалент работы в Дж зависит от характера работы. Затраты энергии могут изменяться в достаточно широких пределах: от 450 кДж/ч, затрачиваемой при деятельности, не требующей больших физических усилий, до 1600 - 2000 кДж/ч, расходуемых при тяжелой работе. Работа, сопровождаемая такой большой затратой энергии, может выполняться лишь в течение нескольких часов в день.

Кроме вышеизложенного, энергия, получаемая из пищи, необходима для сохранения постоянной температуры тела: на холоде человек расходует избыточную энергию примерно на 30% выше обычной.

Общее количество потребляемой человеком энергии при сохранении баланса зависит от ряда факторов, в частности от возраста, пола, размеров тела и др. Для сохранения баланса энергии в организм человека с пищевыми веществами должно поступать столько энергии, сколько ее было израсходовано.

2.Методика расчета

В данном практическом занятии оценка энергозатрат мышечной деятельности человека осуществляется на примере пешей прогулки со скоростью 3 км/ч. Энергетическую стоимость “пешей” прогулки независимо от пола и возраста за час можно определить по формуле:

$$Q = 60 \cdot (0.197 \cdot W + 4,284) , \quad (1)$$

где Q - энергозатраты на мышечную деятельность, кДж/ч;
 W - вес тела человека, кг.

Для определения общего количества затраченной энергии необходимо знать время, в течение которого совершалась работа.

Для пешей прогулки это время можно определить по формуле:

$$t = S / V , \quad (2)$$

где t - время, затраченное на мышечную деятельность, ч;
 S - пройденный путь, км;
 V - скорость (3км/ч).

Общие энергозатраты определяются по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = Q \cdot t , \quad (3)$$

где $Q_{\text{общ}}$ - общие энергозатраты, кДж;
 Q - энергозатраты на мышечную деятельность, кДж/ч;
 t - время, затраченное на мышечную деятельность, ч.

Основными пищевыми веществами являются жиры, белки и углеводы. Жиры, белки и углеводы помимо той роли, которую они играют в качестве источников энергии, выполняют также особые функции в процессах обмена веществ.

Входящие в состав белков аминокислоты необходимы для роста тканей и их восстановления, а также для синтеза многих белков.

Жиры необходимы не только как форма хранения энергии в организме, но и для теплоизоляции тела.

Углеводы участвуют во всех процессах превращения энергии.

Всем этим требованиям удовлетворяют самые различные соотношения углеводов, жиров и белков. Различные вещества, участвующие в процессах обмена взаимозаменяемы: источниками углеводов могут служить и белки и жиры. Если пища богата углеводами и бедна жирами, организм способен пополнять запасы жиров за счет углеводов и тем самым компенсировать недостаток жиров в пище. Правда, некоторый минимум жиров все же необходим при любых условиях. Биологическая ценность продуктов,

содержащих белки животного происхождения, выше, чем продуктов, в состав которых входят только растительные белки. Определенный минимум белков следует считать необходимым.

Долю энергии, поступающую в организм с белками, для компенсации энергозатрат на мышечную деятельность можно определить по формуле:

$$Q_{Э1} = Q_{общ} \cdot Э_1 \cdot 0,01 , \quad (4)$$

где $Q_{Э1}$ -доля энергии, поступающая в организм человека с белками, кДж;

$Э_1$ -доля энергии белков в общих энергозатратах, %.

Долю энергии, поступающую в организм человека с жирами, можно определить по формуле :

$$Q_{Э2} = Q_{общ} \cdot Э_2 \cdot 0,01 , \quad (5)$$

где $Q_{Э2}$ -доля энергии, поступающая в организм человека с жирами, кДж;

$Э_2$ -доля энергии жиров в общих энергозатратах, %.

Долю энергии, поступающую в организм человека с углеводами, можно определить по формуле:

$$Q_{Э3} = Q_{общ} \cdot (100 - Э_1 - Э_2) \cdot 0,01 , \quad (6)$$

Известно, что энергетическая ценность пищевых веществ в пересчете на один грамм составляет:

- белки. 17кДж/г;
- жиры 38кДж/г;
- углеводы 17кДж/г.

Таким образом, сочетание источников энергии в виде пищевых веществ, потребляемых для поддержания баланса в организме человека можно определить по следующим формулам :

1.Количество белков, г:

$$Kб = Q_{Э1} / 17 ;$$

2.Количество жиров, г:

$$Kж = Q_{Э2} / 38 ; \quad (7)$$

3.Количество углеводов, г;

$$Kу = Q_{Э3} / 17 .$$

Следует иметь в виду, что количество пищевых веществ, необходимых для восстановления баланса, будет меньше необходимого количества пищи, количество и состав которой можно определить только зная содержание пищевых веществ в соответствующем продукте с учетом усваиваемости пищевого вещества.

Эффективность использования источников энергии и способность популяции сохранять энергетический баланс в системе определяется производительной долей расходуемой энергии и потоком энергии.

3.Порядок выполнения

3.1.Выбрать вариант по таблице вариантов.

3.2.Ознакомиться с методикой.

3.3.Оценить энергозатраты человека и общие энергозатраты на мышечную деятельность (на примере пешей прогулки).

3.4.Сравнить полученные энергозатраты с энергозатратами взрослого человека в состоянии покоя.

3.5.Определить долю энергии, поступающую с белками, жирами и углеводами.

3.6.Определить сочетание источников энергии, потребляемых для поддержания баланса в организме человека.

3.7.Оформить выполненное задание в виде отчета и представить преподавателю.

ВАРИАНТЫ

| № варианта | Вес тела человека, W, кг | Пройденное расстояние, S, км | Доля энергии, поступающая в виде: | |
|------------|------------------------------------|--|-----------------------------------|----------|
| | | | Белков, % | Жиров, % |
| 1 | 60 | 3 | 9,0 | 21,0 |
| 2 | 65 | 6 | 9,5 | 21,5 |
| 3 | 70 | 9 | 10,0 | 22,0 |
| 4 | 75 | 12 | 10,5 | 22,5 |
| 5 | 80 | 15 | 11,0 | 23,0 |
| 6 | 60 | 18 | 11,5 | 23,5 |
| 7 | 65 | 15 | 12,0 | 24,0 |
| 8 | 70 | 12 | 12,0 | 24,5 |
| 9 | 75 | 9 | 11,5 | 25,0 |
| 10 | 80 | 6 | 12,0 | 25,5 |
| 11 | 60 | 24 | 10,5 | 26,0 |
| 12 | 65 | 21 | 10,0 | 26,5 |
| 13 | 70 | 18 | 9,5 | 27,0 |
| 14 | 75 | 15 | 9,0 | 27,5 |
| 15 | 80 | 12 | 9,0 | 28,0 |
| 16 | 85 | 9 | 9,5 | 28,5 |
| 17 | 80 | 6 | 10,5 | 29,0 |
| 18 | 75 | 3 | 11,0 | 29,5 |
| 19 | 70 | 3 | 11,5 | 30,0 |
| 20 | 65 | 6 | 12,0 | 30,5 |
| 21 | 60 | 3 | 12,0 | 31,0 |
| 22 | 85 | 6 | 11,5 | 21,0 |
| 23 | 80 | 9 | 11,0 | 22,0 |
| 24 | 75 | 12 | 10,5 | 23,0 |
| 25 | 70 | 15 | 10,0 | 24,0 |
| 26 | 65 | 18 | 9,5 | 25,0 |
| 27 | 60 | 21 | 9,0 | 26,0 |
| 28 | 65 | 24 | 9,0 | 27,0 |
| 29 | 70 | 21 | 10,0 | 28,0 |
| 30 | 80 | 18 | 11,0 | 30,0 |

ЗАДАНИЕ №3.

на тему : "Расчет требуемого воздухообмена при общеобменной вентиляции".

Цель практического занятия - ознакомить студента с методикой расчета требуемого воздухообмена для проектирования общеобменной вентиляции в производственных помещениях.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант , по таблице вариантов ;
- ознакомиться с методикой расчёта ;
- выполнить расчет;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

1. Методика расчета требуемого воздухообмена при общеобменной вентиляции

При общеобменной вентиляции требуемый воздухообмен определяется из условия удаления избытков тепла разбавления вредных выделений чистым воздухом до допустимых концентраций.

1.1. Расход воздуха, необходимого для отвода избыточного тепла, определяется по формуле:

$$L_1 = \frac{Q_{ИЗБ}}{c \cdot \rho \cdot (t_{уд} - t_{пр})} \quad (1)$$

где L_1 - расход приточного воздуха, необходимого для отвода избыточного тепла, м³/ч;

$Q_{изб}$ - избыточное количество тепла, кДж/ч;

c - теплоемкость воздуха, Дж/(кг °С), $c=1,2$ кДж/(кг °С);

ρ - плотность воздуха, кг/ м³;

$t_{уд}$ - температура воздуха, удаляемого из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_{пр}$ - температура приточного воздуха, °С.

Расчетное значение температуры приточного воздуха зависит от географического расположения предприятия. Для Москвы - принимается равной 22,3°С.

Температура удаляемого воздуха из рабочей зоны принимается на 3 - 5 °С выше расчетной температуры наружного воздуха.

Плотность воздуха, поступающего в помещение, определяется по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_{пр}} \quad (2)$$

Избыточное количество тепла, подлежащего удалению из производственного помещения, определяется по тепловому балансу:

$$Q_{ИЗБ} = \sum Q_{ПР} - \sum Q_{РАСХ} \quad (3)$$

где: $\sum Q_{ПР}$ - тепло, поступающее в помещение от различных источников, кДж/ч;

$\sum Q_{РАСХ}$ - тепло, расходуемое (теряемое) стенами здания и уходящее с нагретыми материалами, кДж/ч.

Основными источниками тепловыделения в производственных помещениях являются:

- горячие поверхности (печи, сушильные камеры, трубопроводы и др.);
- оборудование с приводом от электродвигателей;
- солнечная радиация;
- работающий в помещении персонал;
- различные остывающие массы (металл, вода) и др. тепло, расходуемое через стены, окна, световые фонари, не утепленные полы.

Вследствие того, что перепад температур воздуха внутри здания и снаружи в теплый период года небольшой (3-5°), то при расчете воздухообмена по избытку тепловыделений потери тепла через конструкции зданий можно не учитывать. При этом некоторое увеличение воздухообмена благоприятно повлияет на условия труда работающих в наиболее жаркие дни теплого периода года.

С учетом вышеизложенного формула (3) принимает следующий вид:

$$Q_{ИЗБ} = \sum Q_{ПР} \quad (4)$$

В настоящем расчетном задании избыточное количество тепла определяется только с учетом тепловыделений электрооборудования и работающего персонала:

$$Q_{ИЗБ} = Q_{Э.О.} + Q_{Р} , \quad (5)$$

где $Q_{Э.О.}$ -тепло, выделяемое при работе электродвигателей оборудования, кДж/ч;

$Q_{Р}$ - тепло, выделяемое работающим персоналом, кДж/ч.

Тепло, выделяемое электродвигателями оборудования, определяется из выражения:

$$Q_{Э.О.} = 3528 \cdot \beta \cdot N \quad (6)$$

где: β - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность его работы, режим работы. Принимается равным 0,25... 0,35; N - общая установочная мощность электродвигателей, кВт.

Тепло, выделяемое работающим персоналом, определяется из выражения:

$$Q_{Р} = n \cdot K_{Р} \quad (7)$$

где n - количество работающих, чел;

$K_{Р}$ - тепло, выделяемое одним человеком, кДж/ч;

Принимается равным:

- при легкой работе ($K_p = 450$ кДж/ч);
- при работе средней тяжести ($K_p = 1000$ кДж/ч);
- при тяжелой работе ($K_p = 1500$ кДж/ч).

1.2. Расход воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах, определяется по формуле:

$$L_2 = \frac{G}{q_{уд} - q_{пр}} \quad (8)$$

где L_2 - расход приточного воздуха, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах, м³/ч;

G - количество вредных веществ, мг/ч; (см. табл. 1);

$q_{уд}$ - концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, мг/м³, которая не должна повышать предельно допустимую концентрацию (см. табл. 1), т.е.:

$$q_{уд} \leq q_{пдк} \quad (9)$$

$q_{пр}$ - концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м³; принимается из условия:

$$q_{пр} \leq 0,3 \cdot q_{пдк} \quad (10)$$

В расчетах по формулам (9) и (10) принять $q_{уд} = q_{пдк}$; $q_{пр} = 0,3 \cdot q_{пдк}$.

1.3. Определение потребного воздухообмена

Для определения потребного воздухообмена (L) необходимо сравнить величины L_1 и L_2 , рассчитанные по формулам (1) и (8), и выбрать наибольшую из них.

1.4. Определение кратности воздухообмена производится по формуле:

$$K = \frac{L}{V_c} \quad (11)$$

где K - кратность воздухообмена, 1/ч;

L - потребный воздухообмен, м³/ч;

V_c - внутренний свободный объем помещения, м³.

Кратность воздухообмена помещений обычно составляет от 1 до 10 (большие значения для помещений со значительными выделениями тепла, вредных веществ или небольших по объему).

Для цехов машино-, приборостроения кратность воздухообмена составляет 1-3, для литейных, кузнечно-прессовых, термических цехов, химических производств 3-10(1/ч).

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

2.1. Выбрать и записать в отчет исходные данные варианта (см. таблицу).

2.2. Выполнить расчет по варианту.

2.3. Определить потребный воздухообмен (см. п. 1).

2.4. Сопоставить рассчитанную кратность воздухообмена с рекомен-

дуемой и сделать соответствующий вывод.

2.5. Подписать отчет и сдать преподавателю.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

| № вар. | Габариты помещения, м | | | Установочная мощность оборудования, кВт | Число работающих, чел. | Категория тяжести работы | Наименование вредного вещества | Количество вредного вещества G, мг/ч | ПДК вредного вещества, мг/м ³ |
|--------|-----------------------|--------|--------|---|------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| | длина | ширина | высота | | | | | | |
| 1 | 100 | 48 | 7 | 100 | 100 | легкая | Ацетон | 20000 | 200 |
| 2 | 100 | 48 | 7 | 110 | 200 | ср.тяжести | Ацетон | 30000 | 200 |
| 3 | 100 | 48 | 7 | 120 | 300 | тяжелая | Ацетон | 40000 | 200 |
| 4 | 100 | 48 | 7 | 130 | 100 | легкая | Ацетон | 50000 | 200 |
| 5 | 100 | 48 | 7 | 140 | 200 | ср.тяжести | Ацетон | 60000 | 200 |
| 6 | 100 | 48 | 7 | 150 | 300 | тяжелая | Ацетон | 20000 | 200 |
| 7 | 100 | 48 | 7 | 160 | 100 | легкая | Ацетон | 30000 | 200 |
| 8 | 100 | 48 | 7 | 170 | 200 | ср.тяжести | Ацетон | 40000 | 200 |
| 9 | 100 | 48 | 7 | 180 | 300 | тяжелая | Ацетон | 50000 | 200 |
| 10 | 100 | 48 | 7 | 190 | 400 | легкая | Ацетон | 60000 | 200 |
| 11 | 80 | 24 | 6 | 20 | 50 | легкая | Древесная пыль | 50000 | 6 |
| 12 | 80 | 24 | 6 | 30 | 60 | ср.тяжести | Древесная пыль | 60000 | 6 |
| 13 | 80 | 24 | 6 | 40 | 70 | тяжелая | Древесная пыль | 70000 | 6 |
| 14 | 80 | 24 | 6 | 50 | 80 | легкая | Древесная пыль | 80000 | 6 |
| 15 | 80 | 24 | 6 | 60 | 90 | ср.тяжести | Древесная пыль | 90000 | 6 |
| 16 | 80 | 24 | 6 | 70 | 100 | тяжелая | Древесная пыль | 100000 | 6 |
| 17 | 80 | 24 | 6 | 80 | 110 | легкая | Древесная пыль | 110000 | 6 |
| 18 | 80 | 24 | 6 | 90 | 120 | ср.тяжести | Древесная пыль | 120000 | 6 |
| 19 | 80 | 24 | 6 | 100 | 130 | тяжелая | Древесная пыль | 130000 | 6 |
| 20 | 80 | 24 | 6 | 100 | 140 | легкая | Древесная пыль | 140000 | 6 |
| 21 | 40 | 12 | 4 | 11 | 10 | легкая | Аэрозоль свинца | 20 | 0,01 |
| 22 | 40 | 12 | 4 | 12 | 15 | легкая | Аэрозоль свинца | 40 | 0,01 |
| 23 | 40 | 12 | 4 | 13 | 20 | легкая | Аэрозоль свинца | 60 | 0,01 |
| 24 | 40 | 12 | 4 | 14 | 25 | легкая | Аэрозоль свинца | 80 | 0,01 |
| 25 | 40 | 12 | 4 | 15 | 30 | легкая | Аэрозоль свинца | 100 | 0,01 |
| 26 | 40 | 12 | 4 | 16 | 10 | ср.тяжести | Аэрозоль свинца | 20 | 0,01 |
| 27 | 40 | 12 | 4 | 17 | 20 | ср.тяжести | Аэрозоль свинца | 40 | 0,01 |
| 28 | 40 | 12 | 4 | 18 | 30 | ср.тяжести | Аэрозоль свинца | 60 | 0,01 |
| 29 | 40 | 12 | 4 | 19 | 40 | ср.тяжести | Аэрозоль свинца | 80 | 0,01 |
| 30 | 40 | 12 | 4 | 20 | 50 | ср.тяжести | Аэрозоль свинца | 100 | 0,01 |

ЗАДАНИЕ №4.

"Определение предельно - допустимого уровня лазерного излучения, класса опасности лазера и лазерно-опасных зон"

Цель практических занятий - ознакомить студента с методикой оценки безопасности эксплуатации лазеров.

Исходные материалы - варианты практических занятий (см. табл. вариантов) и методические указания (см. Методические указания по проведению практического занятия по дисциплине " Безопасность жизнедеятельности " на тему "Определение предельно-допустимого уровня лазерного излучения, класса опасности лазера и лазерно-опасных зон ").

Порядок выполнения:

- выбрать вариант;
- ознакомиться с методикой;
- выполнить поставленную задачу;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

1.1. Действие лазерного излучения на человека

Лазерное излучение является электромагнитным излучением, генерируемым в диапазоне длин волн 0,2 - 1000 мкм. В соответствии с биологическим действием этот диапазон разбит на ряд областей спектра:

- от 0,2 до 0,4 мкм - ультрафиолетовая область;
- свыше 0,4 до 0,75 мкм - видимая область;
- свыше 0,75 до 1,4 мкм - ближняя инфракрасная область;
- свыше 1,4 мкм - дальняя инфракрасная область.

Биологические эффекты от воздействия лазерного излучения на организм, делятся на две группы:

а) первичные эффекты - органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых тканях.

б) вторичные эффекты - неспецифические изменения, возникающие в организме в ответ на облучение.

В данном практическом занятии будут рассматриваться первичные эффекты, при моноимпульсном и непрерывном лазерном излучении.

1.2. Предельно-допустимые уровни лазерного излучения

За предельно-допустимые уровни лазерного излучения (ПДУ) принимаются энергетические экспозиции для роговицы, сетчатки и кожи, не вызывающие биологических эффектов.

ПДУ лазерного излучения для ультрафиолетовой области (длина волны λ , от 0,2 до 0,4 мкм) - энергетическая экспозиция на роговице глаза и коже за общее время облучения в течение рабочего дня (табл. 1).

Таблица 1

ПДУ энергетической экспозиции (Н), создаваемой лазерным излучением с длиной волны (λ) от 0,2 до 0,4 мкм на роговице глаза или коже

| λ , мкм | от 0,2 до 0,21 | свыше 0,21 до 0,215 | свыше 0,215 до 0,29 | свыше 0,29 до 0,30 | свыше 0,30 до 0,37 | свыше 0,37 |
|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Н, Дж*см ⁻² | 1*10 ⁻⁸ | 1*10 ⁻⁷ | 1*10 ⁻⁶ | 1*10 ⁻⁵ | 1*10 ⁻⁴ | 1*10 ⁻³ |

ПДУ лазерного излучения видимой (длина волны свыше 0,4 до 0,75 мкм) и ближней инфракрасной (свыше 0,75 до 1,4 мкм) областей спектра регламентируются на роговице глаза и определяются по формуле:

$$H = H_1 \cdot K_1,$$

где H - ПДУ энергетической экспозиции, Дж*см⁻²;

H_1 - энергетическая экспозиция на роговице глаза в зависимости от длительности воздействия и углового размера источника излучения при максимальном диаметре зрачка, Дж*см⁻² (табл. 2);

K_1 - поправочный коэффициент на длину волны при максимальном диаметре зрачка (табл. 3).

Для определения энергетической экспозиции на роговицу глаза (H_1) необходимо знать угловой размер источника, который определяется по формуле:

$$\alpha = (d \cdot \cos \Theta) / L,$$

где α - угловой размер источника, рад;

d - диаметр лазерного пучка, м;

Θ - угол между нормалью к поверхности источника и направлением излучения, гр.;

L - расстояние от источника излучения до точки наблюдения., м.

Источник излучения считается точечным при $\alpha < 10^{-3}$ рад.

Значения энергетической экспозиции на роговицу глаза в зависимости от длительности воздействия (t) и углового размера источника излучения (α) при максимальном размере зрачка 8 мм. приведены в табл. 2.

Значение поправочного коэффициента в зависимости от длины волны (λ) лазерного излучения при максимальном диаметре зрачка приведены в табл.3.

Таблица 2

Энергетическая экспозиция (Н1) на роговице глаза в зависимости от длительности воздействия (t) и углового размера источника (α)

| Длительность воздействия t, с | Энергетическая экспозиция (Н1), Дж*см ⁻² в зависимости от значений углового размера источника (α), рад. | | | | | | | |
|-------------------------------|--|---|---|---|---|---|----------------------------------|----------------------|
| | до 10 ⁻³ точечный | свыше 10 ⁻³ до 5*10 ⁻³ | свыше 5*10 ⁻³ до 10 ⁻² | свыше 10 ⁻² до 5*10 ⁻² | свыше 5*10 ⁻² до 10 ⁻¹ | свыше 10 ⁻¹ до 5*10 ⁻¹ | свыше 5*10 ⁻¹ до 1 | свыше 1 до 2,5 |
| до 10 ⁻¹ | 2,2*10 ⁻⁴ | 5,5*10 ⁻⁴ | 1,6*10 ⁻³ | 6,6*10 ⁻³ | 1,6*10 ⁻² | 6,6*10 ⁻² | 1,6*10 ⁻¹ | 3,8*10 ⁻¹ |
| до 1 | 4,0*10 ⁻⁴ | 1,0*10 ⁻³ | 3,0*10 ⁻³ | 1,2*10 ⁻² | 3,0*10 ⁻² | 1,2*10 ⁻¹ | 3,0*10 ⁻¹ | 7,0*10 ⁻¹ |
| до 10 | 7,1*10 ⁻⁴ | 1,8*10 ⁻³ | 5,3*10 ⁻³ | 2,1*10 ⁻² | 5,3*10 ⁻² | 2,1*10 ⁻¹ | 5,3*10 ⁻¹ | 1,2 |
| до 100 | 1,3*10 ⁻³ | 3,2*10 ⁻³ | 9,8*10 ⁻³ | 3,9*10 ⁻² | 9,8*10 ⁻² | 3,9*10 ⁻¹ | 9,8*10 ⁻¹ | 2,3 |
| до 1000 | 2,2*10 ⁻³ | 5,5*10 ⁻³ | 1,6*10 ⁻² | 6,6*10 ⁻² | 1,6*10 ⁻¹ | 6,6*10 ⁻¹ | 1,6 | 3,8 |

Таблица 3

Поправочный коэффициент в зависимости от длины волны для максимального диаметра зрачка

| λ, мкм | от 0,4 до 0,42 | свыше 0,42 до 0,45 | свыше 0,45 до 0,9 | свыше 0,9 до 1,1 | свыше 1,1 до 1,2 | свыше 1,2 до 1,3 | свыше 1,3 до 1,4 |
|--------|----------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| к1 | 2,3 | 1,4 | 0,8 | 1,0 | 2,3 | 7,0 | 2,3*10 |

ПДУ излучения дальней инфракрасной области спектра (длина волны свыше 1,4 до 20 мкм) на роговице глаза и кожи.

Таблица 4

ПДУ энергетической экспозиции роговицы глаза лазерным излучением с длиной волны свыше 1,4 мкм в зависимости от длины волны (λ) и длительности импульса (t)

| t, с | λ, мкм | ПДУ энергетической экспозиции (Н) Дж*см ⁻² | | | |
|---------|--------|---|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | от 1,4 до 2,4 | св 2,4 до 5,6 | св 5,6 до 9,3 | св 9,3 до 20 |
| до 0,1 | | 2*10 | 2 | 2*10 ⁻¹ | 8*10 ⁻² |
| до 1 | | 6*10 | 6 | 6*10 ⁻¹ | 2*10 ⁻¹ |
| до 10 | | 2*10 ² | 2*10 | 2 | 8*10 ⁻¹ |
| до 100 | | 10 ³ | 10 ² | 10 | 4 |
| до 1000 | | 4*10 ³ | 4*10 ² | 4*10 | 2*10 |

1.3. Расчет энергии, генерируемой лазерным излучением

Энергия, генерируемая лазерным излучением определяется по формуле:

$$E = P \cdot t,$$

где **P** - мощность лазерного излучения, Вт.

t - время действия лазерного излучения, с.

Значения **P** и **t** определяются согласно варианту.

1.4 Расчет лазерно-опасных зон

Лазерно-опасная зона (ЛОЗ) - зона, в которой уровни лазерного излучения превышают допустимые, т.е. расстояние при котором $H = H_{пду}$ соответствует длине лазерно-опасной зоны (ЛОЗ) определяется по формулам.

Длина ЛОЗ при прямом лазерном излучении определяется по формуле:

$$L_{лоз} = \left(\sqrt{(4 \cdot E \cdot \beta_0 \cdot \tau_0) / (\pi \cdot H) - d} \right) / (2 \cdot \gamma),$$

где β_0 - коэффициент пропускания оптической системы ($\beta_0=1$);

τ_0 - коэффициент увеличения оптической системы ($\tau_0=1$);

d - начальный диаметр лазерного пучка, см ;

γ - угол расходимости луча, рад.

Длина лазерно-опасной зоны при рассеянном лазерном излучении определяется по формуле:

$$L_{лоз} = \sqrt{(E \cdot \rho \cdot \cos \Theta) / (\pi \cdot H)},$$

где ρ - коэффициент отражения в зависимости от материала поверхности;

Θ - угол между направлением на расчетную точку и нормалью к поверхности, градусы.

1.5. Выбор марки стекол светофильтров лазеров

Инженерно-технические методы защиты от лазерного облучения предусматривает создание безопасных лазерных установок за счет уменьшения мощности применяемого лазера и надежным экранированием лазерной установки.

Оптические устройства и приспособления для визуального наблюдения за мишенью снабжаются фильтрами с полосой поглощения, включающей частоту излучения лазера.

Тип светофильтра можно выбрать в зависимости от длины волны лазерного излучения согласно таблице 5.

Таблица 5

Марки стекол светофильтров в зависимости от длины волны

| Длина волны, мкм | 0,48-0,51 | 0,53 | 0,69 | 0,84 | 1,06 | 1,54 | 10,6 |
|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|-------|
| Марка стекла | ОС-12 ОС-13 ОС-23-1 | ОС-12 ОС-13 ОС-23-21 | СЗС-21 СЗС-22 | СЗС-21 СЗС-22 | СЗС-22 СЗС-24 | СЗС-22 СЗС-24 СЗС-26 | БС-15 |

Примечание: ОС - оранжевое стекло; СЗС - сине-зеленое стекло; БС - бесцветное стекло.

2. Порядок выполнения практического задания

2.1. Выбрать вариант согласно приложения (табл. вариантов)

2.2. Определить ПДУ лазерного излучения по методике, описанной в п.1.2 в соответствии с заданными параметрами выбранного варианта.

2.3. Определить лазерно-опасную зону при прямом и рассеянном лазерном

излучение в соответствии с заданными параметрами выбранного варианта и ПДУ₃ определенными в п. 2.2.

2.4. Выбрать марку стекол светофильтров лазера в соответствии с заданной длиной волны,

2.5. Оформить отчет о выполненном практическом задании и представить преподавателю.

Варианты заданий

| №. | Длина волны λ , мкм | Время воздействия t,с | Диаметр лаз. луча d, см | Угол Θ ,гр. | Расстояние до точки набл., L,м | Мощность излучения P, Вт | Угол расхо- димости луча γ , рад. | Кэф-т отражения, ρ |
|----|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| 1 | 0,49 | 10 | 0,2 | 30 | 1 | 0,02 | 0,1 | 0,6 |
| 2 | 0,79 | 40 | 0,5 | 40 | 0,5 | 1 | 0,2 | 0,9 |
| 3 | 0,69 | 25 | 0,1 | 50 | 0,7 | 0,2 | 0,3 | 0,9 |
| 4 | 10,6 | 36 | 0,8 | 10 | 1 | 10 | 0,5 | 0,9 |
| 5 | 0,57 | 0,1 | 0,3 | 20 | 1,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 |
| 6 | 0,53 | 60 | 0,8 | 30 | 1,5 | 1 | 0,7 | 0,4 |
| 7 | 1,3 | 400 | 0,5 | 40 | 1,5 | 0,1 | 4 | 0,8 |
| 8 | 10,6 | 0,25 | 0,1 | 50 | 0,5 | 100 | 1 | 0,2 |
| 9 | 0,53 | 2,5 | 0,4 | 60 | 1 | 100 | 0,2 | 0,7 |
| 10 | 0,79 | 800 | 0,1 | 70 | 0,5 | 0,01 | 1,1 | 0,9 |
| 11 | 0,45 | 80 | 0,1 | 30 | 0,5 | 0,01 | 0,6 | 0,9 |
| 12 | 10,6 | 25 | 0,3 | 40 | 0,7 | 0,1 | 1,4 | 0,6 |
| 13 | 0,79 | 40 | 0,3 | 20 | 1 | 0,1 | 0,5 | 0,9 |
| 14 | 0,66 | 8 | 0,3 | 0,1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,8 |
| 15 | 0,66 | 8 | 0,3 | 40 | 1 | 1 | 0,8 | 0,7 |
| 16 | 0,69 | 10 | 0,8 | 60 | 0,5 | 10 | 1,1 | 0,9 |
| 17 | 0,56 | 100 | 0,1 | 10 | 0,5 | 0,1 | 1,5 | 0,8 |
| 18 | 10,6 | 20 | 0,2 | 20 | 1 | 1 | 0,5 | 0,6 |
| 19 | 1,06 | 40 | 0,4 | 30 | 1 | 0,4 | 2 | 0,8 |
| 20 | 10,06 | 10 | 0,3 | 40 | 0,8 | 100 | 0,5 | 0,4 |
| 21 | 1,06 | 400 | 0,4 | 50 | 0,5 | 1 | 1 | 0,6 |
| 22 | 0,69 | 80 | 0,2 | 60 | 1,5 | 0,5 | 0,1 | 0,6 |
| 23 | 0,39 | 40 | 0,2 | 70 | 0,8 | 0,1 | 0,1 | 0,4 |
| 24 | 0,63 | 250 | 0,2 | 10 | 1,5 | 0,5 | 0,2 | 0,6 |
| 25 | 2,9 | 300 | 0,2 | 30 | 0,6 | 0,01 | 1 | 0,8 |
| 26 | 0,315 | 1 | 0,4 | 30 | 0,6 | 0,01 | 0,5 | 0,9 |
| 27 | 0,76 | 0,5 | 0,3 | 5 | 0,5 | 5 | 0,3 | 0,6 |
| 28 | 0,69 | 10 | 0,6 | 10 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,7 |
| 29 | 0,49 | 150 | 0,2 | 20 | 0,3 | 0,01 | 2 | 0,8 |
| 30 | 1,29 | 0,25 | 0,7 | 30 | 0,7 | 1 | 1 | 0,9 |

ЗАДАНИЕ №5. "Нормирование ионизирующих излучений"

Порядок выполнения:

- выбрать вариант;
- ознакомиться с методикой проведения практического занятия;
- выполнить задание;
- оформить отчет.

1. Основные положения

Ионизирующим излучением называется излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. К ионизирующим излучениям относятся корпускулярные излучения (альфа-, бета-, нейтронное, поток заряженных частиц) и электромагнитные излучения (гамма-, рентгеновское излучение). При воздействии ионизирующих излучений на живой организм поглощается энергия, вследствие чего возникают возбуждения и ионизация атомов облучаемого вещества, что может привести к отрицательным последствиям.

2. Нормирование ионизирующих излучений

Нормы радиационной безопасности установлены НРБ-99, которыми регламентированы:

1) Категории облучаемых лиц:

Персонал - лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

Население – все лица, включая персонал, находящиеся вне работы с источниками ионизирующего излучения.

2) Основные пределы доз (ПД).

Предел дозы (ПД) – величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Основные пределы доз (ПД) приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные пределы доз

| Нормируемые величины* | Пределы доз | |
|---|--|--|
| | Персонал (группа А)** | Население |
| Эффективная доза | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год |
| Эквивалентная доза за год: -в хрусталике глаза | 150 мЗв | 15 мЗв |
| -коже | 500 мЗв | 50 мЗв |
| -кистях и стопах | 500 мЗв | 50 мЗв |

* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

** Основные пределы доз облучения персонала группы Б равны ¼ значений для персонала группы А.

Эквивалентная доза (Н) – поглощенная доза в органе или ткани умноженная на взвешивающий коэффициент коэффициент, учитывающий биологическое действие различных ионизирующих излучений на организм человека.

Единица измерения эквивалентной дозы – Зиверт (Зв).

Эффективная доза (Е) – сумма произведений эквивалентных доз в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты (W_T). Эффективная доза используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных органов и тканей с учетом их различной радиочувствительности. Эффективная доза рассчитывается по формуле:

$$E = \sum_T H_T \cdot W_T$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани;

W_T – взвешивающий коэффициент для соответствующего органа или ткани.

W_T определяет различную радиочувствительность органов и тканей к ионизирующему излучению.

Единица измерения эффективной дозы - Зиверт (Зв)

Установлены следующие взвешивающие коэффициенты (W_T) для органов и тканей:

| | |
|-----------------------------|------|
| Гонады | 0,20 |
| Костный мозг (красный) | 0,12 |
| Толстый кишечник | 0,12 |
| Легкие | 0,12 |
| Желудок | 0,12 |
| Мочевой пузырь | 0,05 |
| Грудная железа | 0,05 |
| Печень | 0,05 |
| Пищевод | 0,05 |
| Щитовидная железа | 0,05 |
| Кожа | 0,01 |
| Клетки костных поверхностей | 0,01 |
| Остальные | 0,05 |

Годовая эффективная (или эквивалентная) доза - сумма эффективной (или эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (или эквивалентной) дозы внутреннего облучения за этот же год, обусловленной поступлением в организм радионуклидов. При сочетании внешнего и внутреннего облучения должны соблюдаться следующие соотношения:

-эффективная доза

$$\frac{E}{ПД_E} + \sum_j \frac{П_j}{ППП_j} \leq 1, (2)$$

-эквивалентная доза

$$\frac{H}{\text{ПД}_H} + \sum_j \frac{P_j}{\text{ПГП}_j} \leq 1, (3)$$

где ПД_Е - предел дозы: величина предельной годовой эффективной дозы;

ПД_Н - предел дозы: величина предельной годовой эквивалентной дозы;

П_ј – доза от внутреннего поступления радионуклидов;

ПГП_ј – предел годового поступления радионуклидов внутрь организма человека.

Предел годового поступления (ПГП) – допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм человека в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Пределы годового поступления для персонала (группы А и Б) приведены в табл. 2, для населения – в табл. 3.

Таблица 2

Пределы годового поступления (ПГП) для персонала, Бк/год

| Радионуклид | Персонал группы А* (поступление с воздухом) |
|----------------|---|
| Цезий – 135 | 2,8*10**7 |
| Плутоний – 241 | 1,3*10**5 |
| Цирконий – 93 | 8*10**5 |
| Цезий – 134 | 2,9*10**6 |
| Цезий – 137 | 4,2*10**6 |

* Пределы годового поступления для персонала группы Б равны ¼ значений для персонала группы А.

Для персонала группы А и Б пределы годового поступления (ПГП) радионуклидов внутрь организма с водой и пищей не установлены.

Таблица 3

Пределы годового поступления (ПГП) для населения, Бк/ год

| Возрастная категория населения* | Радионуклид | Поступление с воздухом | Поступление с водой и пищей |
|---------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------|
| Взрослые (свыше 17 лет) | Цезий – 135 | 1,4*10**6 | 5*10**5 |
| Взрослые | Плутоний – 241 | 1,1*10**3 | 2,1*10**5 |
| 12-17 лет | Барий – 133 | 1,8*10**5 | 1,4*10**5 |
| 7-12 лет | Иод – 129 | 1,5*10**4 | 5,3*10**3 |
| 1-2 года | Натрий - 22 | 1,4*10**5 | 6,7*10**4 |

* Поступление радионуклидов с пищей не рассматривается у детей в возрасте менее года, поскольку они питаются преимущественно грудным молоком.

Доза от внутреннего облучения при поступлении радионуклидов с вдыхаемым воздухом или водой и пищей определяется по следующей формуле:

$$P_j = A_j * V_j * t, \text{ Бк/год}$$

где A_ј - удельная активность радионуклида на единицу объема воздуха (Бк/м³), воды (Бк/л) и пищи (Бк/кг) или (Бк/л);

V_ј - годовой объем вдыхаемого воздуха (м³/год), воды (л/год), пищи (кг/год) или (л/год);

t - время поступления радионуклида в организм человека, год.

Данные о скорости дыхания, потреблении воды и пищи приведены табл. 4.

Таблица 4

Данные о потреблении питьевой воды, продуктов питания и скорости дыхания

| Параметр | Возрастная группа, год | | | | |
|--|------------------------|------|------|-------|---------------------|
| | 1-2 | 2-7 | 7-12 | 12-17 | Взрослые (свыше 17) |
| Молочные продукты, л/год | 231 | 124 | 302 | 353 | 190 |
| Мясные продукты, кг/год | 2 | 27 | 52 | 63 | 60 |
| Растительные продукты, кг/год: картофель | 12 | 84 | 163 | 203 | 110 |
| Питьевая вода, л/год | 182 | 260 | 260 | 260 | 370 |
| Объем воздуха для дыхания, м ³ /год | 1900 | 3200 | 5200 | 7300 | 8100 |

3. Порядок выполнения работы

1) Выбрать вариант по таблице вариантов.

2) Ознакомиться с методикой.

3) В соответствии с заданным вариантом привести определение годовой эффективной или эквивалентной дозы и выбрать формулу расчета. При внешнем облучении хрусталика глаза, кожного покрова, кистей и стоп нормирование производится, при внешнем облучении других органов и тканей.

4) Определить эффективную дозу от внешнего излучения. При внешнем облучении хрусталика глаза, кожного покрова, кистей и стоп эффективную дозу определять не нужно, нормирование производится по эквивалентной дозе (табл. 1.).

5) Определить дозу от внутреннего облучения при поступлении радионуклидов с вдыхаемым воздухом, водой и пищей.

6) Сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности, выполнив расчёты.

7) Оформить выполненное задание в виде отчета и предъявить преподавателю.

Варианты

| № | Категория облучаемых лиц | Возрастная категория | Внешнее облучение | | Внутреннее облучение | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|--------|---|-----------------------|---|--|
| | | | Эквивалентная доза мЗв/год | Облучение органа или ткани | Вид радионуклида | t, год | Поступление с воздухом | | Поступление с водой и пищей | |
| | | | | | | | Удельная активность, Бк/(м ³ *год) | Вид продуктов питания | Удельная активность, Бк/(кг * год) или Бк/(л*год) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | Персонал группы А | Взрослые | 50 | Легкие | Цезий-135 | 0,1 | 1,5*10 ⁴ | - | - | |
| 2 | Персонал группы Б | Взрослые | 15 | Желудок | Плутоний-241 | 0,2 | 10 | - | - | |
| 3 | Персонал группы А | Взрослые | 70 | Печень | Цирконий-93 | 0,3 | 150 | - | - | |

| | | | | | | | | | |
|----|-------------------|----------|-----|---------------|--------------|-----|---------------------|-------------------|---------|
| 4 | Персонал группы Б | Взрослые | 20 | Легкие | Цезий-134 | 0,4 | 100 | - | - |
| 5 | Персонал группы А | Взрослые | 90 | Желудок | Цезий-137 | 0,5 | 500 | - | - |
| 6 | Население | Взрослые | 10 | Кожный покров | Цезий-135 | 0,1 | 800 | Мясные продукты | 1*10**4 |
| 7 | Население | Взрослые | 20 | Кисти рук | Плутоний-241 | 0,2 | 0,3 | Картофель | 3*10**3 |
| 8 | Население | 12-17 | 30 | Стопы | Барий-133 | 0,3 | 40 | Мясные продукты | 2*10**3 |
| 9 | Население | 7-12 | 7 | Кожный покров | Иод-129 | 0,4 | 3 | Питьевая вода | 10 |
| 10 | Население | 1-2 | 5 | Кисти рук | Натрий-22 | 0,5 | 60 | Молочные продукты | 200 |
| 11 | Персонал группы Б | Взрослые | 20 | Печень | Цезий-135 | 0,6 | 0,7*10 ³ | - | - |
| 12 | Персонал группы А | Взрослые | 80 | Желудок | Плутоний-241 | 0,7 | 10 | - | - |
| 13 | Персонал группы Б | Взрослые | 15 | Легкие | Цирконий-93 | 0,8 | 15 | - | - |
| 14 | Персонал группы А | Взрослые | 60 | Печень | Цезий-134 | 0,9 | 150 | - | - |
| 15 | Персонал группы Б | Взрослые | 10 | Желудок | Цезий-137 | 1,0 | 60 | - | - |
| 16 | Население | Взрослые | 20 | Стопы | Плутоний-241 | 0,6 | 0,9 | Картофель | 500 |
| 17 | Население | Взрослые | 15 | Кожный покров | Цезий-135 | 0,7 | 100 | Мясные продукты | 4*10**3 |
| 18 | Население | 12-17 | 10 | Кисти рук | Барий-133 | 0,8 | 80 | Молочные продукты | 150 |
| 19 | Население | 7-12 | 7 | Стопы | Иод-129 | 0,9 | 1 | Питьевая вода | 5 |
| 20 | Население | 1-2 | 3 | Кожный покров | Натрий-22 | 1,0 | 20 | Молочные продукты | 5 |
| 21 | Персонал группы А | Взрослые | 100 | Легкие | Цезий-137 | 1,0 | 200 | - | - |
| 22 | Персонал группы Б | Взрослые | 25 | Желудок | Цезий-134 | 0,9 | 30 | - | - |
| 23 | Персонал группы А | Взрослые | 80 | Печень | Цирконий-93 | 0,8 | 50 | - | - |
| 24 | Персонал группы Б | Взрослые | 20 | Легкие | Плутоний-241 | 0,7 | 2 | - | - |
| 25 | Персонал группы А | Взрослые | 60 | Печень | Цезий-135 | 0,6 | 2*10 ³ | - | - |
| 26 | Население | 12-17 | 5 | Кожный покров | Барий-133 | 0,5 | 50 | Питьевая вода | 500 |
| 27 | Население | 7-12 | 6 | Кисти рук | Иод-129 | 0,4 | 2 | Картофель | 10 |
| 28 | Население | 1-2 | 7 | Стопы | Натрий-22 | 0,3 | 20 | Молочные продукты | 300 |
| 29 | Население | Взрослые | 8 | Кожный покров | Плутоний-241 | 0,2 | 0,2 | Картофель | 2*10**3 |
| 30 | Население | Взрослые | 9 | Стопы | Цезий-35 | 0,1 | 700 | Мясные продукты | 2*10**4 |

Пример выполнения практического занятия «Нормирование ионизирующих излучений».

Исходные данные:

Категория облучаемых лиц – персонал группы Б.

Возрастная категория – взрослые.

Внешнее облучение : эквивалентная доза –10 мЗв год

Облучения органа или ткани – легкие.

Внутреннее облучение: вид радионуклида – цезий-135
период облучения – 0,5 года

удельная активность при поступлении с воздухом – $0,5 \cdot 10^3$ Бк/(м³ год)

В соответствии с данными варианта и п. 2 и 3 порядка выполнения работы привести определение годовой эффективной (или эквивалентной) дозы и выбрать формулу расчета (формула (2) или (3)) при сочетании внутреннего и внешнего облучения).

Годовая эффективная доза – сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения за этот же год, обусловленной поступлением в организм радионуклидов.

При сочетании внешнего и внутреннего облучения должно соблюдаться следующее соотношение:

$$\frac{E}{ПД_E} + \sum_j \frac{П_j}{ПГП_j} \leq 1,$$

где E – эффективная доза, мЗв/год;

ПД_E - предел дозы: величина годовой эффективной дозы, мЗв/год;

П_j – доза облучения при поступлении радионуклидов внутрь организма, Бк/год;

ПГП_j – предел годового поступления радионуклидов внутрь организма человека, Бк/год.

Эффективная доза (E) рассчитывается по формуле:

$$E = \sum_T H_T \cdot W_T$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани, мЗв/год

W_T – взвешивающий коэффициент.

По данным варианта облученный орган – легкие, H = 10 мЗв/год, для легких W_T=0.12.

$$E = 10 \cdot 0,12 = 1,2 \text{ мЗв/год}$$

Предел эффективной дозы согласно табл. 1 для персонала группы Б:

$$ПД_E = 20/4 = 5 \text{ мЗв/год}$$

Доза от внутреннего облучения при поступлении радионуклидов с вдыхаемым воздухом или с водой и пищей определяется по формуле:

$$П_j = A_j \cdot V_j \cdot t \quad , \quad \text{Бк/год}$$

где A_j – удельная активность радионуклида на единицу объема воздуха (Бк/м³), воды (Бк/л) и пищи(Бк/кг) или (Бк/л);

V_j – годовой объем вдыхаемого воздуха (м³/год), воды (л/год), пищи (кг/год) или (л/год).

t – время поступления радионуклида, год.

Согласно данным варианта при поступлении радионуклидов внутрь организма человека с воздухом $A_j = 0.5 * 10^4$ (Бк/м³ · год), $t = 0,5$ года (ПГП при поступлении радионуклидов внутрь организма человека с водой и продуктами питания для персонала групп А и Б не установлены)

Объем вдыхаемого воздуха за год для взрослых 8100 м³/год (табл 4).
Тогда

$$P_j = 0,5 * 10^3 * 8100 * 0,5 = 0,2 * 10^7 \text{ Бк/год}$$

ПГП для цезия-135 и персонала группы Б согласно табл. 2:

$$ПГП = 2,8 * 10^7 / 4 = 0,7 * 10^7 \text{ Бк/год}$$

Подставим полученные значения в результирующую формулу:

$$\frac{1.2}{5} + \frac{0.2 \cdot 10^7}{0.7 \cdot 10^7} = 0.52 < 1$$

Вывод: Радиационная обстановка соответствует нормам.

ЗАДАНИЕ №6.

"Оценка возможности использования железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя"

Цель практических занятий: ознакомить студента с методикой оценки возможности использования железобетонного фундамента цеха в качестве заземлителя.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант (см. таблицу вариантов);
- ознакомиться с методикой расчета;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

В народном хозяйстве широко используют трехфазные трехпроводные сети с изолированной нейтралью и трехфазные четырехпроводные сети с глухо заземленной нейтралью, в которых основной защитой от электротравм при нарушении изоляции является соответственно заземление и зануление.

И заземление и зануление для эффективной защиты от поражения электрическим током должны иметь малое сопротивление растеканию тока в земле.

Для уменьшения стоимости заземляющих устройств и повышения их долговечности в последнее время стали использовать фундаменты промышленных зданий.

Оцените возможность использования железобетонного фундамента заданного Вам цеха (Отделения) в качестве заземлителя.

При использовании железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей сопротивление растеканию заземляющего устройства R_{ϕ} должно оцениваться по формуле:

$$R_{\phi} = 0.5 \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{э}}$ - удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, Ом·м;

S - площадь, ограниченная периметром здания, м.

Площадь, ограниченная периметром здания, составляет:

$$S = A \cdot B,$$

где A и B - длина и ширина здания, м.

Для расчета $\rho_{\text{э}}$ следует использовать формулу:

$$\rho_{\text{э}} = \rho_1 \times \left(1 - e^{-\frac{\alpha h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \times \left(1 - e^{-\frac{\beta \sqrt{S}}{h_1}} \right), \quad (2)$$

где ρ_1 - удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли, Ом·м;
 ρ_2 - удельное электрическое сопротивление нижнего слоя земли, Ом·м;
 h_1 - мощность (толщина) верхнего слоя земли, м;
 $\alpha_1\beta$ - безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли.

Если $\rho_1 \geq \rho_2$, $\alpha = 3.6$; $\beta = 0.1$.

Если $\rho_1 < \rho_2$, $\alpha = 1.1 \cdot 10^2$; $\beta = 0.3 \cdot 10^{-2}$.

Под верхним слоем следует понимать слой земли, удельное сопротивление которого ρ_1 более чем в 2 раза отличается от удельного электрического сопротивления нижнего слоя ρ_2 .

Определив сопротивление растеканию тока железобетонного фундамента R_Φ заданного Вам цеха (отделения) по формуле (1), сравните полученное значение с допустимой величиной сопротивления заземляющего устройства R_n и указанное в таблице 1.

При $R_\Phi \leq R_n$ железобетонные фундамента здания цеха (отделения) могут быть использованы в качестве заземлителей без дополнительных заземляющих устройств.

При $R_n > R_\Phi$ определите значения сопротивления растеканию тока необходимого дополнительного заземляющего устройства по формуле:

$$R_{доп} = \frac{R_n \cdot R_\Phi}{R_\Phi - R_n}, \quad (3)$$

где $R_{доп}$ - сопротивление растеканию тока дополнительного заземляющего устройства, Ом;

R_n - допустимое сопротивление заземляющего устройства, Ом;

R_Φ - сопротивление растеканию тока железобетонного фундамента, Ом.

Таблица 1

Сопротивления заземляющих устройств электроустановок напряжением до 1000 В

| Сопротивление заземляющего устройства, не более, Ом | | | | | | |
|---|-----|-----|---|-----|-----|-------------------------------------|
| В сетях с заземленной нейтралью* | | | | | | В сетях с изолированной нейтралью** |
| Междуфазное напряжение трехфазного источника, В | | | Напряжение однофазного источника питания, В | | | |
| | | | | | | |
| 660 | 380 | 220 | 380 | 220 | 127 | |
| 2 | 4 | 8 | 2 | 4 | 8 | 10 |

* При удельном электрическом сопротивлении земли выше 100 Ом·м допускается увеличение указанных норм в $\rho/100$ раз.

** При удельном электрическом сопротивлении земли выше 500 Ом·м допускается вводить повышающие коэффициенты, зависящие от ρ , например, увеличение указанных норм в $\rho/500$ раз.

ВАРИАНТЫ

| № | Габариты | | Удельное электр. сопр-е верхнего слоя земли, ρ_1 , Ом·м | Удельное электр. сопр-е нижнего слоя земли, ρ_2 , Ом·м | Мощность (толщина) верхнего слоя земли, h_1 , м | Тип сети | Напряжение сети, В |
|-----|----------|------|--|---|---|--|--------------------|
| | А, м | В, м | | | | | |
| 1. | 60 | 18 | 8 | 20 | 3 | Трехфазная трехпроводная с изолированной нейтралью | 380 |
| 2. | 72 | 24 | 10 | 22 | 3 | | 380 |
| 3. | 66 | 24 | 12 | 26 | 3 | | 220 |
| 4. | 72 | 18 | 14 | 30 | 3 | | 220 |
| 5. | 99 | 24 | 16 | 36 | 3 | | 380 |
| 6. | 72 | 24 | 18 | 40 | 3 | | 380 |
| 7. | 72 | 18 | 20 | 50 | 3.5 | | 380 |
| 8. | 90 | 24 | 22 | 60 | 3 | | 220 |
| 9. | 72 | 24 | 24 | 70 | 3 | | 380 |
| 10. | 66 | 18 | 26 | 80 | 3.5 | | 220 |
| 11. | 60 | 18 | 30 | 10 | 3.5 | Трехфазная четырехпроводная с глухозаземленной нейтралью | 380 |
| 12. | 66 | 12 | 40 | 12 | 4 | | 380 |
| 13. | 72 | 18 | 45 | 15 | 3 | | 220 |
| 14. | 90 | 18 | 40 | 15 | 3 | | 220 |
| 15. | 36 | 12 | 55 | 22 | 3 | | 380 |
| 16. | 24 | 12 | 60 | 25 | 4 | | 380 |
| 17. | 12 | 12 | 40 | 20 | 3 | | 220 |
| 18. | 24 | 12 | 30 | 18 | 4 | | 220 |
| 19. | 18 | 18 | 22 | 12 | 4 | | 380 |
| 20. | 60 | 18 | 20 | 16 | 4 | | 380 |
| 21. | 72 | 18 | 12 | 12 | 3.5 | Однофазная | 220 |
| 22. | 60 | 24 | 18 | 18 | 3.5 | | 220 |
| 23. | 36 | 36 | 12 | 15 | 3 | | 220 |
| 24. | 24 | 24 | 12 | 12 | 3.5 | | 380 |
| 25. | 12 | 12 | 20 | 20 | 3 | | 380 |
| 26. | 24 | 12 | 16 | 13 | 3.5 | | 380 |
| 27. | 60 | 72 | 60 | 60 | 3 | | 380 |
| 28. | 66 | 24 | 50 | 30 | 3 | | 380 |
| 29. | 72 | 24 | 42 | 18 | 3.5 | | 220 |
| 30. | 66 | 18 | 20 | 12 | 3 | | 220 |

ЗАДАНИЕ №7.

«Оценка потенциального вредного воздействия тяжелых металлов на организм человека»

Цель практических занятий: ознакомить студента с возможными неблагоприятными последствиями воздействия некоторых тяжелых металлов на организм человека.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант по таблице, вариантов;
- ознакомиться с методикой;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

В результате деятельности человека в окружающую среду попадает значительное количество загрязняющих веществ, многие из которых являются вредными веществами, отрицательно, воздействующие прямо и косвенно на организм человека. Расширение промышленной деятельности ведет к увеличению потенциально опасных веществ и окружающей среде. Загрязнители окружающей среда перераспределяются в пространстве вследствие движения воздуха, воды и из-за того, что они попадают в пищу живым организмам, а далее по пищевым цепям к человеку.

Основные источники антропогенных загрязнений – промышленные выбросы вредных газов, золы, дыма предприятиями металлургической химической, машиностроительной, приборостроительной промышленности, тепловыми станциями, автотранспортом, промышленностью строительными материалами и многими другими. Значительную долю среди загрязнителей окружающей среды занимают тяжелые металлы и их соединения. Большое значение имеет идентификация токсичных и потенциально-токсичных веществ, определена источников их поступления в окружающую среду, путь их в организм человека и результат их воздействия на здоровье человека.

Металлы по плотности подразделяются на две группы:

- легкие металлы, плотность которых не более 5000 кг/м^3 ;
- тяжелые металлы - все остальные (табл. 1).

Большинство тяжелых металлов и их соединений токсичны. Степень их вредного воздействия на организм человека определяется их концентрацией в атмосферном воздухе и пищевых продуктах, поскольку основные пути их поступления в организм – через органы дыхания, а также с пищей и водой. Токсичные и потенциально-токсичные вещества, источник их поступления в среду, путь поступления к человеку и возможное заболевание приведены в таблице 2.

Тяжелые металлы

| Название элемента и его обозначение | Атомный вес | Плотность, кг/м ³ |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------|
| Цинк | Zn | 65.37 |
| Хром | Cr | 51.996 |
| Марганец | Mn | 54.938 |
| Олово | Sn | 118.69 |
| Железо | Fe | 55.847 |
| Кадмий | Cd | 112.40 |
| Никель | Ni | 58.71 |
| Медь | Cu | 63.546 |
| Висмут | Bi | 208.98 |
| Свинец | Pb | 207.19 |
| Ртуть | Hg | 200.59 |
| Вольфрам | W | 183.85 |
| Молибден | Mo | 95.94 |
| Серебро | Ag | 107.868 |
| Золото | Au | 196.967 |
| Платина | Pt | 195.09 |
| Осмий | Os | 190.2 |

Для количественной оценки используется понятие предельно-допустимой концентрации (ПДК), которой называется норматив, определяющий количество вредных веществ в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии которого за определенный промежуток времени на организм не происходит изменения здоровья у человека и не вызываются неблагоприятные последствия у потомства. Под среднесуточной ПДК понимают концентрацию загрязняющих веществ в воздухе, не оказывающую на человека прямого и косвенного вредного воздействия при круглосуточном вдыхании.

Тяжелые металлы: Zn, Cr, Mn, Sn, Fe, Cd, Ni, Cu, Bi, Pb, Hg, W, Mo обладают токсичностью (Иногда сюда же по вредному воздействию относят мышьяк As с плотностью 5730 кг/м³). Ag, Au, Pt, Os являются драгоценными металлами.

Среднесуточные ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест приведены в табл. 3. Для определения ПДК загрязняющих веществ в различных пищевых продуктах следует использовать данные табл. 4. Результаты оценки вредного воздействия тяжелых металлов на организм человека могут быть представлены в виде таблицы, образец которой приведен в табл. 5.

Таблица 2

Токсичные и потенциально-токсичные вещества в природно-антропогенных экосистемах и их воздействие на организм человека

| Вещество | Источник поступления в среду | Поступление к человеку | Заболевание |
|----------|---|------------------------------------|---|
| Цинк | Производство цветных металлов; оцинковывание | С воздухом | Интоксикация |
| Хром | Химическая промышленность; металлургия; производство огнеупорных материалов | С воздухом | Бронхиальный рак |
| Марганец | Выплавка металлов; удобрения; жидкое топливо; использование спичек и пиротехнических изделий | С воздухом | Прогрессирующие поражения центральной нервной системы, пневмония и др. |
| Железо | Промышленное производство; природная вода | С пищей, С водой | Цирроз печени, заболевание кровеносной системы |
| Кадмий | Производство цветных металлов; удобрения; пестициды; машиностроение | С пищей, С водой, С воздухом | Почечные болезни, рак предстательной железы |
| Никель | Промышленное производство; никелирование изделий | С воздухом, С пищей | Бронхиальный рак, дерматиты, интоксикация, аллергия |
| Медь | Цветная металлургия; промышленное производство медных и латунных изделий; химическая промышленность и др. | С водой С пищей | Интоксикация, анемия, гепатит |
| Свинец | Цветная металлургия; пестициды; двигатели внутреннего сгорания; придорожная пыль; радиоэлектронная промышленность | С воздухом, С водой, С пищей | Интоксикация, поражение центральной нервной системы, печени почек, мозга, половых органов |
| Ртуть | Добыча и производство; пестициды; сжигание органического топлива | С водой, С воздухом, С пищей | Интоксикация, паралич, психическая неполноценность новорожденных |
| Молибден | Черная и цветная металлургия; машиностроение; почва; природные воды; производство красителей | С воздухом, С пищей, С водой | Нарушения центральной нервной системы, подагра |
| Мышьяк | Промышленное производство; пестициды; почва, обработанная гербицидами | С водой, С пищей | Интоксикация, рак легких и кожи, нарушение функции желудка, периферические невриты |

Таблица 3

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

| Вредное вещество | Среднесуточная ПДК, мг/м ³ | Класс опасности |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| Вольфрам натрия (в пересчете на W) | 0.1 | 3 |
| Железа оксид (в пересчете на Fe) | 0.04 | 3 |
| Железа сульфат (в пересчете на Fe) | 0.07 | 3 |
| Железа хлорид (пересчете на Fe) | 0.04 | 2 |
| Кадмиевая оксид (в пересчете на Cd) | 0.01 | 2 |
| Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид Mn) | 0.01 | 2 |
| Соединение меди (в пересчете на Cu) | 0.02 | 2 |
| Мышьяк и его соединения (в пересчете на As) | 0.03 | 2 |
| Растворимые соли никеля (в пересчете на Ni) | 0.002 | 1 |
| Никель и его оксид | 0.001 | 2 |
| Олова хлорид (в пересчете на Sn) | 0.05 | 3 |
| Соединения ртути (в пересчете на Hg) | 0.0003 | 1 |
| Свинец и его соединения (в пересчете на Pb) | 0.0003 | 1 |
| Свинец сернистый (в пересчете на Pb) | 0.0017 | 1 |
| Хром шестивалентный | 0.0015 | 1 |
| Цинка оксид (в пересчете на Zn) | 0.05 | 3 |

Таблица 4

Предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в пищевых продуктах

| Пищевые продукты и загрязняющие вещества | ПДК, мг/кг |
|--|------------|
| Зерно, мука, крупы продовольственные | |
| Ртуть | 0.01 |
| Свинец | 0.2 |
| Мясо и птица /замороженные/, мясопродукты | |
| Свинец | 0.5 |
| Ртуть | 0.03 |
| Рыба и рыбопродукты | |
| Свинец | 1.0 |
| Мышьяк | 1.0 |
| Ртуть /рыба морская/ | 0.4 |
| Ртуть /рыба пресноводная хищная/ | 0.6 |
| Ртуть /рыба пресноводная нехищная/ | 0.3 |
| Ртуть /рыбные консервы/ | 0.3 |
| Ртуть /моллюски и ракообразные/ | 0.2 |
| Молоко и молочные продукты | |
| Ртуть | 0.005 |
| Свинец | 0.05 |
| Кадмий | 0.01 |
| Фрукты, цитрусовые, овощи | |
| Свинец | 0.4-0.5 |
| Мышьяк | 0.2 |
| Фруктовые соки и компоты | |
| Свинец | 0.4 |
| Мышьяк | 0.2 |
| Медь | 5.0 |

| | |
|--|-----------|
| Кадмий | 0.02 |
| Жиры и масла | |
| Свинец | 1.0 |
| Кадмий | 0.05 |
| Медь /животный жир/ | 0.5 |
| Медь /масло растительное/ | 0.4 |
| Медь /маргарин/ | 0.1 |
| Цинк | 10.0 |
| Безалкогольные напитки | |
| Свинец | 0.4 |
| Кадмий | 0.01 |
| Алкогольные напитки | |
| Свинец | 0.3 |
| Кадмий | 0.05 |
| Сахар | |
| Свинец | 1.0 |
| мышьяк | 1.0 |
| Соусы | |
| свинец | 3.0 |
| Соевые белки | |
| Ртуть | 0.03 |
| Кадмий | 0.2 |
| Свинец | 2.0 |
| Цинк | 60.0 |
| Мышьяк | 1.0 |
| Медь | 30.0 |
| Продукты, законсервированные в жестяную тару | |
| Олово | 100-200 |
| Продукты детского и диетического питания | |
| Ртуть | 0.005 |
| Свинец | 0.1 |
| Кадмий | 0.01 |
| Медь | 2.0 |
| Цинк | 5.0 |
| Продукты для детского питания на фруктовой и овощной основе | |
| Ртуть | 0.01 |
| Кадмий | 0.03-0.05 |
| Мышьяк | 0.1 |
| Медь | 5.0 |
| Цинк | 30.0 |
| Зерно для детского и диетического питания | |
| Ртуть | 0.01 |
| Свинец | 0.2 |
| Кадмий | 0.02 |
| Медь | 5.0 |
| Медь /гречиха/ | 10.0 |
| Цинк | 25.0 |
| Молотые продукты для диетического питания | |
| Ртуть | 0.01 |
| Свинец | 0.2 |
| Кадмий | 0.02 |
| Медь | 4.0 |
| Медь /гречневая крупа/ | 10.0 |
| Цинк | 20.0 |

Порядок выполнения

1. Выбрать вариант по таблице вариантов.
2. Ознакомиться с методикой.
3. Выделить токсичные тяжелые металлы и вещества потенциально опасные для организма человека.
4. Заполнить табл.5, при этом оценку соединений производить по тяжелому металлу. В графах «Сравнение ...» привести фактические концентрации веществ, заданные по варианту и указать соответствие нормам (<ПДК(+), =ПДК(+), >ПДК(-)).
5. Определить источник поступления этих веществ в среду обитания и путь поступлений к человеку.
6. Определить ПДК в атмосферном воздухе вредных веществ и сравнить с фактическим значением.
7. Определить пищевые продукты, содержащие тяжелые металлы и другие вредные вещества, а также ПДК этих веществ в продуктах.
8. Сравнить фактическое содержание этих веществ в продуктах с ПДК.
9. Выявить возможное заболевание, вызываемое тяжелым металлом.
10. Оформить выполненное задание в виде отчета (формат А4).

Таблица 5

Результаты оценки вредного воздействия тяжелых металлов на организм человека

| | |
|---|--|
| Тяжелый металл, его соединения | |
| Источник поступления в среду обитания | |
| Путь поступления к человеку | |
| ПДК в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м ³ | |
| Класс опасности | |
| Сравнение фактического значения концентрации вещества в атмосферном воздухе с ПДК | |
| Пищевые продукты, содержащие тяжелые металлы | |
| ПДК тяжелых металлов в пищевых продуктах, мг/кг | |
| Сравнение фактического содержания тяжелых металлов в продуктах с ПДК | |
| Возможное заболевание, вызываемое тяжелым металлом | |

ВАРИАНТЫ

| № | Вещество | Фактическая концентрация | | |
|----|------------------|---|----------------------------|-----|
| | | Среднесуточная в атмосферном воздухе, мг/м ³ | В пищевых продуктах, мг/кг | |
| 01 | Марганец | 0.05 | Молоко | - |
| | Мышьяк | 0.04 | Рыба | 1.5 |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 100 |
| | Свинец | 0.003 | Компот | 0.5 |
| | Иод (анион) | - | Овощи | 3 |
| | Медь | - | Масло | 0.5 |
| | Кадмий | - | Молоко | 0.1 |
| | Натрий (катион) | - | Фруктовый сок | 0.1 |
| 02 | Оксид кадмия | 0.03 | Жиры | - |
| | Кадмий | - | Ликер | 0.1 |
| | Магний (катион) | - | Вода | 50 |

| | | | | |
|----|-------------------------|--------|--|-------|
| | Цинк | - | Соевые белки | 70 |
| | Мышьяк | 0.5 | Сахар | 2.0 |
| | Кальций (катион) | - | Молоко | 90 |
| | Иод (анион) | - | Зерно | 0.1 |
| | Свинец | 0.01 | Мясо | 0.6 |
| 03 | Мышьяк | 0.04 | Соевые белки | 2.0 |
| | Окись цинка | 0.06 | Фрукты | - |
| | Натрий (катион) | - | Рыба | 1.0 |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 50.0 |
| | Карбонат натрия | - | Вода | 5.0 |
| | Растворимые соли никеля | 0.05 | Мясо | - |
| | Медь | - | Жир | 1.0 |
| 04 | Хлористый натрий | - | Сок | 0.1 |
| | Медь | - | Маргарин | 0.15 |
| | Ртуть | 0.0005 | Зерно | 0.05 |
| | Калий (катион) | - | Вода | 1.0 |
| | Свинец | 0.0004 | Вино | 0.4 |
| | Цинк | - | Диетическое питание | 7.0 |
| | Кадмий | - | Жиры | 0.1 |
| | Кальций (катион) | - | Компот | 1.0 |
| 05 | Никель | 0.02 | Зерно | - |
| | Калий (катион) | - | Вода | 20,0 |
| | Хром (6+) | 0.02 | Цитрусы | - |
| | Литий | - | Вода | 0,01 |
| | Алюминий | - | Молоко | 0,001 |
| | Ртуть | - | Мясопродукты | 0,05 |
| | Мышьяк | 0.05 | Сахар | 1,05 |
| | Оксид цинка | 0.07 | Фрукты | - |
| 06 | Медь | - | Маргарин | 0, |
| | Железа сульфат | 0.09 | Масло | - |
| | Магний (катион) | - | Вода | 5,0 |
| | Углерод | - | Выпечка | 0,001 |
| | Марганец | 0.05 | Мясо | - |
| | Натрия хлорид | - | Крупа | 1,0 |
| | Оксид кадмия | 0.02 | Рыба | - |
| | Ртуть | - | Продукты детского и диетического питания | 0,01 |
| 07 | Свинец | 0.0005 | Мука | 0,3 |
| | Оксид никеля | 0.005 | Жир | - |
| | Цинк | - | Масло | 12,0 |
| | Кадмий | - | Сок фруктовый | 0,05 |
| | Мышьяк | - | Сахар | 2,0 |
| | Иод (анион) | - | Жир | 0,5 |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 20,0 |
| | Диоксид углерода | 0.5 | Вода | 1,0 |
| 08 | Медь | - | Жир | 0,6 |
| | Цинк | - | Зерно (для детского питания) | 20,0 |
| | Диоксид кремния | 0.01 | Овощи | 0,6 |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 80,0 |
| | Ртуть | 0.0001 | Молоко | 0,05 |
| | Литий | - | Компот | 1,0 |
| | Свинец | 0.0005 | Сок фруктовый | 0,5 |
| | Мышьяк | - | Фрукты | 0,6 |
| 09 | Железа оксид | 0.05 | Мука | - |
| | Свинец | 0.03 | Мясо | 1.0 |
| | Калий (катион) | - | Вода | 50.0 |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 90.0 |
| | Кадмий | - | Компот | 0.1 |
| | Иод (анион) | - | Рыба | 0.1 |
| | Соединения меди | 0.03 | Крупа | - |

| | | | | |
|----|------------------|--------|---|-------|
| | Оксид цинка | 0.08 | Сахар | - |
| 10 | Цинк | - | Соевые белки | 80.0 |
| | Свинец | 0.0005 | Мясопродукты | 0. |
| | Ртуть | 0.0005 | Моллюски | 0.2 |
| | Хлористый калий | - | Вода | 0.5 |
| | Агния хлорид | - | Вода | 1.0 |
| | Медь | - | Соки, фрукты | 6.0 |
| | Диоксид углерода | 0.9 | Вода | 3.0 |
| | Кадмий | - | Молотые продукты для детского питания | 0.05 |
| 11 | Ртуть | - | Молоко | 0.05 |
| | Сернистый свинец | 0.0015 | Рыба | - |
| | Сульфат магния | - | Вода | 0.01 |
| | Мышьяк | 0.05 | Сахар | 2.0 |
| | Соединения меди | 0.05 | Мука | - |
| | Цинк | - | Продукты детского питания | 6.0 |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 30. |
| | Сульфат бария | - | Вода | 1.0 |
| 12 | Сульфат железа | 0.075 | Мука | - |
| | Оксид кадмия | 0.05 | Зерно | - |
| | Хлористый натрий | - | Вода | 50.0 |
| | Оксид цинка | 0.05 | Пиво | - |
| | Хлористый магний | - | Вода | 5.0 |
| | Иод (анион) | - | Рыба | 0.5 |
| | Свинец | 0.0005 | Пиво | 0.4 |
| | Медь | - | Продукты детского питания на овощной основе | |
| 13 | Мышьяк | 0.05 | Рыба | 1.8 |
| | Свинец | 0.006 | Компот | 0.7 |
| | Калий (катион) | - | Вода | 2.0 |
| | Натрий (катион) | - | Сок | 0.5 |
| | Оксид цинка | 0.08 | Овощи | - |
| | Магний (катион) | - | Вода | 80.0 |
| | Ртуть | 0.0006 | Продукты детского питания на фруктовой основе | 0.02 |
| | Кадмий | - | Зерно для детского питания | 0.03 |
| 14 | Оксид кадмия | 0.02 | Мясо | - |
| | Вольфрам натрия | 0.15 | Рыба | - |
| | Цинк | - | Жиры | 15.0 |
| | Диоксид кремния | 0.0001 | Молоко | 0.01 |
| | Кадмий | - | Безалкогольные напитки | 0.1 |
| | Свинец | 0.0004 | Масло | 1.8 |
| | Натрия хлорид | - | Рыба | 1.0 |
| | Магний (катион) | - | Продукты, законсервированные в жестяную тару | 0.9 |
| 15 | Литий | - | Безалкогольные напитки | 0.01 |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 25.0 |
| | Кадмий | - | Соевые белки | 0.5 |
| | Диоксид углерода | 0.856 | Вода | 4.2 |
| | Соединения ртути | 0.004 | Мука | - |
| | Олова хлорид | 0.5 | Мясо | - |
| | Соединения меди | 0.03 | Масло | - |
| | Свинец | 0.001 | Продукты детского питания | 0.12 |
| 16 | Хлористый натрий | - | Вода | 60.0 |
| | Олово | - | Продукты, законсервированные в жестяную тару | 300.0 |
| | Йод (анион) | - | Рыба | 0.6 |
| | Медь | - | Маргарин | 0.2 |
| | Оксид никеля | 0.002 | Мясо | - |
| | Соединения ртути | 0.001 | Крупа | - |

| | | | | |
|----|------------------|---------|--|------|
| | Кальций (катион) | - | Вода | 50.0 |
| | Марганец | 0.02 | Зерно | - |
| 17 | Железа оксид | 0.05 | Крупа | - |
| | Свинец | 0.0004 | Ликер | 0.4 |
| | Медь | - | Продукты детского питания на овощной основе | 5.6 |
| | Сульфат бария | - | Вода | 0.5 |
| | Сульфат магния | - | Вода | 0.0 |
| | Оксид кадмия | 0.02 | Вода | - |
| | Литий | - | Компот | 1.5 |
| | Железа сульфат | 0.08 | Зерно | 0.2 |
| 18 | Марганец | 0.03 | Сахар | - |
| | Свинец | 0.0008 | Соус | 3.5 |
| | Хром (6+) | 0.0018 | Крепа | - |
| | Медь | - | Гречиха | 12.0 |
| | Калий (катион) | - | Вода | 30.0 |
| | Ртуть | - | Рыба пресноводная хищная | 0.8 |
| | Магния хлорид | - | Вода | 2.0 |
| | Натрия хлорид | - | Молотые продукты для детского и диетического питания | 5.0 |
| 19 | Мышьяк | 0.05 | Рыба | 1.9 |
| | Ртуть | 0.0004 | Молотые продукты для диетического питания | 0.02 |
| | Свинец | 0.0004 | Безалкогольные напитки | 0.4 |
| | Медь | - | Компоты | 5.1 |
| | Кадмий | - | Ликер | 0.5 |
| | Сульфат магния | - | Вода | 0.02 |
| | Диоксид углерода | 0.6 | Вода | 1.0 |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 50.0 |
| 20 | Никель | 0.002 | Крупа | - |
| | Магния хлорид | - | Вода | 0.7 |
| | Железа хлорид | 0.045 | Сок | - |
| | Соединения меди | 0.03 | Зерно | - |
| | Йод (анион) | - | Жир | 0.05 |
| | Литий | - | Компот | 0.5 |
| | Свинец | 0.00035 | Зерно для детского и диетического питания | 0.28 |
| | Кадмий | - | Соевые белки | 0.3 |
| 21 | Ртуть | 0.00035 | Рыбные консервы | 0.4 |
| | Медь | - | Фруктовые соки и компоты | 5.1 |
| | Мышьяк | 0.035 | Рыба | 1.0 |
| | Олова хлорид | 0.56 | Мясо | - |
| | Натрия хлорид | - | Рыба | 0.5 |
| | Литий | - | Сок | 0.1 |
| | Свинец | 0.0005 | Масло | 1.2 |
| | Магний (катион) | - | Вода | 56.7 |
| 22 | Мышьяк | 0.048 | Рыба | 1.8 |
| | Йод (анион) | - | Овощи | 3.5 |
| | Марганец | 0.07 | Молоко и молочные продукты | - |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 50.0 |
| | Свинец | 0.003 | Фруктовый сок | 0.7 |
| | Медь | - | Масло | 0.8 |
| | Натрий (катион) | - | Фруктовый сок | 0.5 |
| | Кадмий | - | Молоко | 0.15 |
| 23 | Медь | - | Маргарин | 0.2 |
| | Натрия хлорид | - | Фруктовый сок | 0.12 |
| | Калий (катион) | - | Вода | 1.5 |
| | Ртуть | 0.0006 | Зерно | 0.07 |
| | Кальций (катион) | - | Компот | 1.2 |
| | Цинк | - | Диетическое питание | 8.5 |

| | | | | |
|-------------|-------------------------|--------|---|-------|
| | Кадмий | - | Жиры | 0.15 |
| | Свинец | 0.0005 | Вино | 0.5 |
| 24 | Свинец | 0.001 | Мясо | 0.65 |
| | Оксид кадмия | 0.035 | Жиры | - |
| | Йод (анион) | - | Зерно | 0.18 |
| | Кальций (катион) | - | Молоко | 80.0 |
| | Магний (катион) | - | Вода | 40.0 |
| | Цинк | - | Соевые белки | 80.0 |
| | Мышьяк | 0.6 | Сахар | 3.0 |
| | Никель | 0.06 | Мясо | - |
| 25 | Свинец | 0.04 | Мясо | 1.2 |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 60.0 |
| | Оксид железа | 0.05 | Мука | - |
| | Калий (катион) | - | Вода | 90.0 |
| | Оксид цинка | 0.09 | Сахар | - |
| | Соединения меди | 0.04 | Крупа | - |
| | Йод (анион) | - | Рыба | 0.02 |
| | Кадмий | - | Компот | 0.13 |
| 26 | Медь | - | Продукты детского питания на фруктовой основе | 8.0 |
| | Хлористый магний | - | Вода | 3.0 |
| | Сульфат железа | 0.08 | Мука | - |
| | Оксид кадмия | 0.06 | Зерно | - |
| | Свинец | 0.0004 | Пиво | 0.5 |
| | Йод (анион) | - | Рыба | 0.4 |
| | Оксид цинка | 0.06 | Вода | - |
| | Хлористый натрий | - | Вода | 10.0 |
| 27 | Никель | 0.03 | Зерно | - |
| | Оксид цинка | 0.06 | Овощи | - |
| | Калий (катион) | - | Вода | 30.0 |
| | Мышьяк | 0.07 | Сахар | 1.5 |
| | Хром (6+) | 0.03 | Фрукты | - |
| | Ртуть | - | Мясо | 0.06 |
| | Литий | - | Вода | 0.001 |
| | Алюминий | - | Молоко | 0.002 |
| 28 | Медь | - | Продукты детского питания на фруктовой основе | 6.5 |
| | Сульфат железа | 0.08 | Мука | - |
| | Свинец | 0.0005 | Пиво | 0.4 |
| | Оксид кадмия | 0.05 | Зерно | - |
| | Хлористый натрий | - | Вода | 60.0 |
| | Магния хлорид | - | Вода | 0.3 |
| | Оксид цинка | 0.06 | Вино | - |
| | Йод (анион) | - | Рыба | 0.2 |
| 29 | Свинец | 0.0004 | Мука | 0.3 |
| | Ртуть | - | Молоко | 0.04 |
| | Сернистый свинец | 0.0018 | Рыба | - |
| | Сульфат магния | - | Вода | 0.02 |
| | Мышьяк | 0.06 | Сахар | 2.0 |
| | Соединение меди | 0.05 | Мука | - |
| | Натрий (катион) | - | Вода | 20.0 |
| | Сульфат бария | - | Вода | 0.8 |
| 30 | Растворимые соли никеля | 0.06 | Рыба | - |
| | Медь | - | Масло | 1.0 |
| | Мышьяк | 0.05 | Соевые белки | 2.0 |
| | Оксид цинка | 0.07 | Фрукты | - |
| | Натрий (катион) | - | Рыба | 0.6 |
| | Кальций (катион) | - | Вода | 50.0 |
| | Кадмий | - | Жиры | 0.2 |
| Йод (анион) | - | Вода | 10.0 | |

ЗАДАНИЕ №8.

"Расчет аппаратуры для защиты атмосферы от промышленных загрязнений"

Цель практических занятий: ознакомить студента с методикой расчета аппаратуры для защиты атмосферы от промышленных загрязнений.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант по таблице вариантов;
- ознакомиться с методикой;
- выбрать тип используемой аппаратуры;
- провести расчет выбранной аппаратуры;
- привести схему выбранной и рассчитанной аппаратуры;
- оценить эффективность очистки;
- оформить выполненное задание в виде отчета.

Расчет аппаратуры для защиты атмосферы от промышленных загрязнений

Различные производственные процессы могут загрязнять атмосферный воздух взвешенными твердыми или жидкими частицами, которые делятся на пыль, дым и туман. Для улавливания взвешенных частиц применяется различная аппаратура, в составе которой значительное место занимают циклонные аппараты, являющиеся наиболее распространенной аппаратурой для сухого механического пылеулавливания. Данное практическое занятие включает в себя расчет и оценку эффективности различных типов циклонных аппаратов. На рис. 1,2 приведены схемы циклонов с обозначением основных конструктивных параметров, значения которых в долях внутреннего диаметра **D** для различных типов циклонов приведены в табл. 1. В табл. 2 приведены некоторые технологические параметры циклонов.

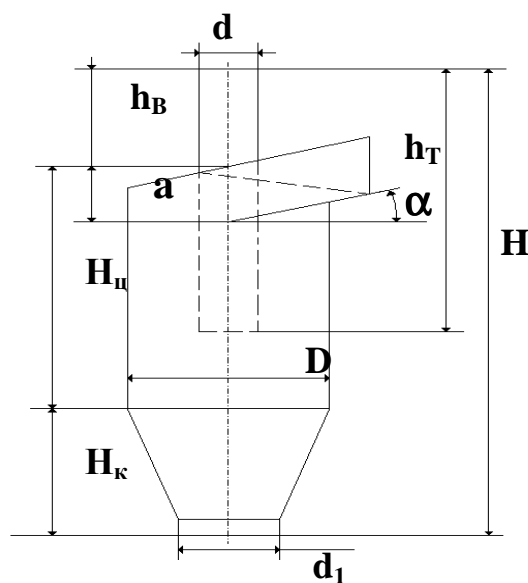
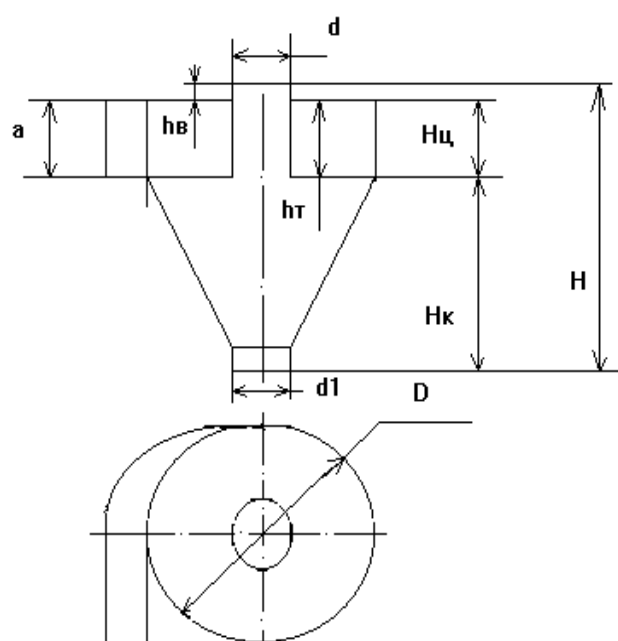


Рис.1. Схема цилиндрического циклона

Таблица 1

Геометрические размеры циклонов, приведенные в долях внутреннего диаметра D

| № п/п | Конструктивный параметр | Типы циклонов | | | | | | |
|-------|-------------------------|------------------------|--------|-------|-------|--------------------|----------|-----------|
| | | Цилиндрические циклоны | | | | Конические циклоны | | |
| | | ЦН-15 | ЦН-15У | ЦН-24 | ЦН-11 | СДК-ЦН-33 | СК-ЦН-34 | СК-ЦН-34М |
| 1 | α , град | 15 | 15 | 24 | 11 | - | - | - |
| 2 | H_T | 1.74 | 1.5 | 2.11 | 1.56 | 0.535 | 0.515 | 0.4 |
| 3 | $H_{Ц}$ | 2.26 | 1.51 | 2.11 | 2.06 | 0.535 | 0.515 | 0.4 |
| 4 | H_K | 2.0 | 1.5 | 1.75 | 2.0 | 0.3 | 2.11 | 2.6 |
| 5 | D | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.334 | 0.34 | 0.22 |
| 6 | D_1 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.334 | 0.229 | 0.18 |
| 7 | a | 0.66 | 0.66 | 1.11 | 0.48 | 0.535 | 0.25 | 0.4 |
| 8 | h_B | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.25 | 0.515 | 0.3 |



D - внутренний диаметр циклона ; H - высота циклона ; h_t - высота выхлопной трубы ; $H_{ц}$ - высота цилиндрической части ; H_k - высота конуса циклона ; d - внутренний диаметр выхлопной трубы ; d_1 - внутренний диаметр выпускного отверстия ; a - высота входного патрубка ; h_B - высота внешней части выхлопной трубы

Рис.2. Схема конического циклона

Цилиндрические циклоны предназначены для улавливания сухой пыли, золы и т.п. Наиболее эффективно циклоны работают при размерах частиц пыли более 20 мкм. Конические циклоны предназначены для очистки газовых и воздушных сред при размерах частиц пыли менее 20 мкм и от сажистых частиц. Производительность циклона увеличивается с ростом его диаметра. Для расчета циклона необходимо выбрать тип циклона в зависимости от вида взвешенных частиц и их размера. Задавшись типом циклона, определяют оптимальную скорость W_{opt} (табл.2).

Примечание: дисперсный состав пыли приведен для следующих условий работы: $D = 0.6$ м; $\rho = 1930$ кг/м³; $\mu = 22.2 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м²; $W = 3.5$ м/с .

Для циклонов принят следующий ряд типовых значений внутренних диаметров: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400, 3000 мм.

Таблица 2

Значения оптимальной скорости и дисперсный состав пыли

| Наименование параметра | Типы циклонов | | | | | | |
|--|------------------------|--------|-------|-------|------------------------|----------|-----------|
| | Цилиндрические циклоны | | | | Цилиндрические циклоны | | |
| | ЦН-15 | ЦН-15У | ЦН-24 | ЦН-11 | СДК-ЦН-33 | СК-ЦН-34 | СК-ЦН-34М |
| Оптимальная скорость, $W_{\text{опт}}$, м/с | 3.5 | 3.5 | 4.5 | 3.5 | 2.0 | 1.7 | 2.0 |
| Дисперсный состав пыли, $\lg \sigma$ | 0.283 | 0.352 | 0.30 | 0.35 | 0.364 | 0.308 | 0.340 |
| d_{50}^T , мкм | 6.0 | 4.5 | 8.5 | 3.65 | 2.31 | 1.95 | 1.13 |

Диаметр циклона определяют по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot W_{\text{опт}}}}, \quad (1)$$

где D - диаметр циклона, м;

Q - производительность циклона, м³/с;

$W_{\text{опт}}$ - оптимальная скорость, м/с.

В соответствии с типом циклона по его диаметру определяют геометрические размеры циклона (табл.1).

Полученное значение диаметра необходимо округлить до ближайшего типового значения в соответствии с рядом принятых значений и далее расчеты ведут по типовому значению D . Если расчетный диаметр циклона превышает его максимально-допустимое значение, то необходимо применять два или более параллельно установленных циклона.

По выбранному диаметру циклона определяют действительную скорость газа в циклоне по формуле:

$$W = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot n \cdot D^2}, \quad (2)$$

где W – действительная скорость газа, м/с;

n - число циклонов.

Действительная скорость не должна отличаться от оптимальной более чем на 15%.

Для проведения оценки эффективности очистки газов в циклоне сначала необходимо рассчитать диаметр частиц по формуле:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \rho^T \cdot \mu \cdot W^T}{D^T \cdot \rho \cdot \mu^T \cdot W}}, \quad (3)$$

где d_{50} - диаметр частиц, улавливаемых с эффективностью 50%, мкм;

d_{50}^T - диаметр частиц, улавливаемых с эффективностью 50% для

типового циклона (см. табл. 2), мкм;

D - диаметр циклона, м;

D^T - диаметр типового циклона ($D = 0.6$ м);

ρ - плотность частиц, кг/м³;

ρ^T - плотность частиц для типового циклона ($\rho = 1930$ кг/м³).

μ - вязкость газа, Н·с/м²;

μ^T - вязкость газа для типового циклона ($\mu^T = 22.2 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м²);

W - действительная скорость газа, м/с;

W^T - действительная скорость газа в типовом циклоне ($W^T = 3.5$ м/с).

С учетом значений для типового циклона с характерными условиями, использованными для составления табл.2, расчетная формула (3) принимает вид:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D}{0.6} \cdot \frac{1930}{\rho} \cdot \frac{\mu}{22.2 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{3.5}{W}}, \quad (4)$$

Далее определяется параметр x по следующей формуле:

$$x = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\sqrt{\lg \sigma \cdot \lg \sigma_m}}, \quad (5)$$

где d_m и $\lg \sigma_m$ - дисперсный состав пыли (задан по варианту);

$\lg \sigma$ - дисперсный состав пыли для данного типа циклона (см. табл. 2).

По значению параметра x определяют значение нормальной функции распределения $\Phi(x)$ (рис. 3).

Эффективность очистки газов в циклоне оценивается по следующей формуле:

$$\eta = 0,5 \cdot [1 + \Phi(x)], \quad (6)$$

где η - эффективности очистки;

$\Phi(x)$ - значение нормальной функции распределения параметра x .

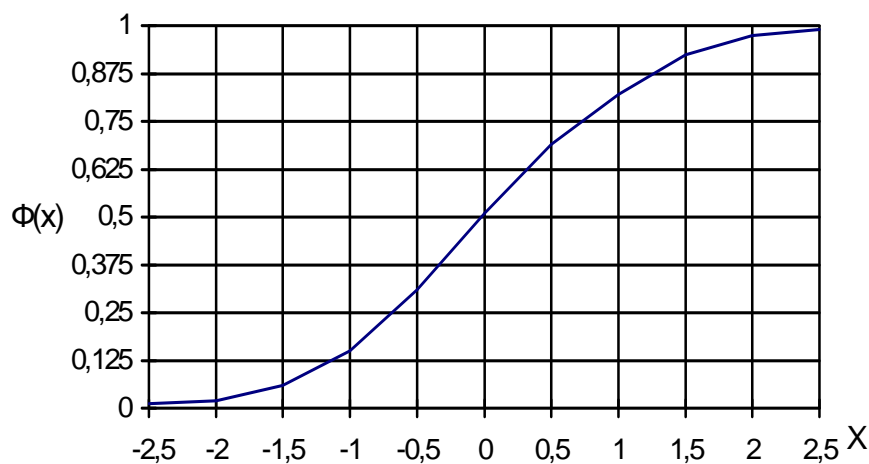


Рис.3. Зависимость нормальной функции распределения $\Phi(x)$ от параметра x

ВАРИАНТЫ

| № | Вид пыли | Дисперсный состав пыли | | Кол-во очищаемого газа, Q, м ³ /с | Плотность частиц, ρ, кг/м ³ | μ вязкость газа μ·10 ⁻⁶ , Н·с/м ² |
|-----|-----------------------|------------------------|----------------------|--|--|---|
| | | Lg σ _m | d _m , мкм | | | |
| 1. | Летучая зола | 0.5 | 10 | 1.0 | 1930 | 22.2 |
| 2. | Летучая зола | 0.5 | 15 | 1.1 | 1900 | 22.2 |
| 3. | Летучая зола | 0.5 | 20 | 1.2 | 1850 | 22.2 |
| 4. | Летучая зола | 0.5 | 30 | 1.3 | 1830 | 22.2 |
| 5. | Летучая зола | 0.5 | 40 | 1.4 | 1800 | 22.2 |
| 6. | Пыль красителей | 0.4 | 9 | 1.4 | 1920 | 22.1 |
| 7. | Пыль красителей | 0.4 | 8 | 1.3 | 1910 | 22.1 |
| 8. | Пыль красителей | 0.4 | 7 | 1.2 | 1900 | 22.1 |
| 9. | Пыль красителей | 0.4 | 6 | 1.1 | 1880 | 22.1 |
| 10. | Пыль красителей | 0.4 | 5 | 1.0 | 1860 | 22.1 |
| 11. | Силикозоопасые пыли | 0.3 | 5 | 2.0 | 1840 | 22.0 |
| 12. | Силикозоопасые пыли | 0.3 | 6 | 2.1 | 1820 | 22.0 |
| 13. | Силикозоопасые пыли | 0.3 | 7 | 2.2 | 1800 | 22.0 |
| 14. | Силикозоопасые пыли | 0.3 | 8 | 2.3 | 1810 | 22.0 |
| 15. | Силикозоопасые пыли | 0.3 | 9 | 2.4 | 1830 | 22.0 |
| 16. | Металлургические пыли | 0.5 | 90 | 2.5 | 1910 | 20 |
| 17. | Металлургические пыли | 0.5 | 80 | 2.6 | 1920 | 20 |
| 18. | Металлургические пыли | 0.5 | 70 | 2.7 | 1930 | 20 |
| 19. | Металлургические пыли | 0.5 | 60 | 2.8 | 1940 | 20 |
| 20. | Металлургические пыли | 0.5 | 50 | 2.9 | 1950 | 20 |
| 21. | Металлургические пыли | 0.4 | 40 | 3.0 | 1960 | 21 |
| 22. | Металлургические пыли | 0.4 | 30 | 3.1 | 1970 | 21 |
| 23. | Металлургические пыли | 0.4 | 20 | 3.2 | 1980 | 21 |
| 24. | Металлургические пыли | 0.4 | 10 | 3.3 | 1990 | 21 |
| 25. | Металлургические пыли | 0.4 | 9 | 3.4 | 1900 | 21 |
| 26. | Пыль от вагранок | 0.3 | 8 | 2.0 | 1900 | 22 |
| 27. | Пыль от вагранок | 0.3 | 10 | 1.9 | 1910 | 22 |
| 28. | Пыль от вагранок | 0.3 | 20 | 1.8 | 1920 | 22 |
| 29. | Пыль от вагранок | 0.3 | 30 | 1.7 | 1930 | 22 |
| 30. | Пыль от вагранок | 0.3 | 50 | 1.6 | 1940 | 22 |

ЗАДАНИЕ №9.

«Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты»

Порядок выполнения:

- выбрать вариант;
- ознакомиться с методикой проведения практического занятия;
- выполнить задание;
- оформить отчёт.

Источниками электромагнитных полей промышленной частоты 50Гц являются линии электропередач, распределительные устройства, коммутационные аппараты, электроустановки, устройства защиты, измерительные приборы и т.д. Длительное воздействие электромагнитных полей на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, что приводит к головным болям в височной и затылочной областях, вялости, расстройству сна, снижению памяти, к повышенной раздражимости, апатии, изменению кровяного давления, болям в области сердца. При воздействии электромагнитных полей промышленной частоты возможны также нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений.

2. Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты

2.1. Нормирование электромагнитных полей в рабочей зоне

Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц осуществляется по предельно-допустимым уровням напряженности электрической (В/м) и магнитной (А/м) составляющих в зависимости от времени пребывания в рабочей зоне.

Реакция организма человека на составляющие электромагнитного поля не является одинаковой. Неблагоприятные воздействия магнитной составляющей полей проявляются при напряженности порядка 160-200 А/м. Практически при обслуживании даже мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля промышленной частоты 50 Гц не превышает 20-25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитных полей достаточно производить по величине электрической составляющей поля.

Пребывание обслуживающего персонала при воздействии электрической составляющей электромагнитного поля (ЭП) напряженностью разрешается в течение всего рабочего дня ($T_1=8ч$).

$$E \leq 5 \text{ кВ/м} \quad (1)$$

Допустимое время T_2 пребывания в рабочей зоне при напряженности электрической составляющей поля:

$$5 < E \leq 20 \text{ кВ/м} \quad (2)$$

определяется по формуле:

$$T_2 = \frac{50}{E} - 2, \quad (3)$$

где T_2 – время пребывания, ч;

E – напряженность электрической составляющей поля, кВ/м.

Допустимое время работы при напряженности не должно превышать $T_3=10$ мин. Пребывание персонала в рабочей зоне при напряженности свыше 25 кВ/м не разрешается.

$$20 < E \leq 25 \text{ кВ/м}, \quad (4)$$

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью приведенное время пребывания рассчитывается по формуле:

$$T_{пр} = 8 \cdot \left(\frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2} + \dots + \frac{t_n}{T_n} \right), \quad (5)$$

где $T_{пр}$ – приведенное время, ч;

t_1, t_2, \dots, t_n – фактическое время пребывания в зонах действия электромагнитных полей промышленной частоты от источников 1, 2, ..., n, ч;

T_1, T_2, \dots, T_n – допустимое время пребывания персонала в зонах действия источников 1, 2, ..., n, ч;

Различие в уровнях напряженности ЭП устанавливается минимально в 1кВ/м.

Приведенное время $T_{пр}$ не должно превышать 8ч:

$$T_{пр} \leq 8 \text{ ч} .$$

2.2. Нормирование электромагнитных полей в условиях населенных мест

Установлены следующие допустимые пределы напряженности ЭП:

- 1) внутри жилых помещений - не более 0,5 кВ/м;
- 2) на территории жилой застройки – не более 1 кВ/м;
- 3) в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов – не более 5 кВ/м;
- 4) на участках пересечения воздушных линий электропередач с автомобильными дорогами I-IV категории – не более 10 кВ/м;
- 5) в населенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственные угодья) – не более 15 кВ/м;

б) в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения не более 20 кВ/м.

3. Порядок выполнения работы

1. Выбрать вариант по таблице вариантов.
2. Ознакомиться с методикой.
3. Определить допустимое время пребывания персонала на рабочем месте в зоне действия электромагнитного поля промышленной частоты от каждого из источников в отдельности E_1 , E_2 , E_3 , заданных по варианту.
4. Определить приведенное время пребывания персонала на рабочем месте при совместном воздействии источников E_1 , E_2 , E_3 в течение рабочего дня. Сделать вывод о соответствии нормам.
5. Определить допустимое значение напряженности электрической составляющей электромагнитного поля промышленной частоты для населенных мест в соответствии с условиями, заданными по варианту (графа 8 таблицы вариантов).
6. Сравнить допустимые уровни напряженности для населенных мест с фактическим значением E_{ϕ} , заданным по варианту (графа 9 таблицы вариантов) и сделать вывод о соответствии нормам.
7. Оформить выполненное задание в виде отчета (формат А4) и представить преподавателю.

Варианты

| № | E_1 , кВ/м | t_1 , час | E_2 , кВ/м | t_2 , час | E_3 , кВ/м | t_3 , мин | Условия населенных мест | E_{ϕ} , кВ/м |
|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|---|----------------------|
| 1 | 5 | 1 | 7 | 1,8 | 21 | 1 | Внутри жилых помещений | 0,4 |
| 2 | 4 | 2 | 8 | 1,6 | 22 | 2 | На территории жилой застройки | 0,7 |
| 3 | 3 | 3 | 9 | 1,4 | 23 | 3 | Вне зоны жилой застройки | 4 |
| 4 | 2 | 4 | 10 | 1,2 | 24 | 4 | На участках пересечения воздушных линий с автомоб. дорогами | 8 |
| 5 | 1 | 1 | 11 | 1,0 | 25 | 5 | В населенной местности | 12 |
| 6 | 5 | 2 | 12 | 0,8 | 25 | 6 | В труднодоступной местности | 18 |
| 7 | 4 | 3 | 13 | 0,7 | 24 | 7 | Внутри жилых помещений | 0,6 |
| 8 | 3 | 4 | 14 | 0,6 | 23 | 1 | На территории жилой застройки | 1,2 |
| 9 | 2 | 1 | 15 | 0,5 | 22 | 2 | Вне зоны жилой застройки | 6 |
| 10 | 1 | 2 | 16 | 0,4 | 21 | 3 | На участках пересечения воздушных линий с автодорогами | 11 |
| 11 | 5 | 3 | 17 | 0,3 | 21 | 3 | В населенной местности | 16 |
| 12 | 4 | 4 | 18 | 0,2 | 22 | 2 | В труднодоступной местности | 21 |
| 13 | 3 | 1 | 19 | 0,1 | 23 | 1 | Внутри жилых помещений | 0,3 |
| 14 | 2 | 2 | 6 | 1,4 | 24 | 7 | На территории жилой застройки | 0,6 |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|----|-----|----|---|--|-----|
| 15 | 1 | 3 | 7 | 1,3 | 25 | 6 | Вне зоны жилой застройки | 3 |
| 16 | 5 | 4 | 8 | 1,2 | 25 | 5 | На участках пересечения воздушных линий с автодорогами | 7 |
| 17 | 4 | 1 | 9 | 1,1 | 24 | 4 | В населенной местности | 11 |
| 18 | 3 | 2 | 10 | 1,0 | 23 | 3 | В труднодоступной местности | 16 |
| 19 | 2 | 3 | 11 | 0,9 | 22 | 2 | Внутри жилых помещений | 0,7 |
| 20 | 1 | 4 | 12 | 0,8 | 21 | 1 | На территории жилой застройки | 1,3 |
| 21 | 5 | 1 | 13 | 0,7 | 21 | 2 | Вне зоны жилой застройки | 7 |
| 22 | 4 | 2 | 14 | 0,6 | 22 | 1 | На участках пересечения воздушных линий с автодорогами | 12 |
| 23 | 3 | 3 | 15 | 0,5 | 23 | 7 | В населенной местности | 18 |
| 24 | 2 | 4 | 16 | 0,4 | 24 | 6 | В труднодоступной местности | 23 |
| 25 | 1 | 1 | 17 | 0,3 | 25 | 5 | Внутри жилых помещений | 0,2 |
| 26 | 5 | 2 | 18 | 0,2 | 25 | 4 | На территории жилой застройки | 0,5 |
| 27 | 4 | 3 | 19 | 0,1 | 24 | 3 | Вне зоны жилой застройки | 2 |
| 28 | 3 | 4 | 6 | 1,2 | 23 | 2 | На участках пересечения воздушных линий с автодорогами | 5 |
| 29 | 2 | 1 | 7 | 1,3 | 22 | 1 | В населенной местности | 19 |
| 30 | 1 | 2 | 8 | 1,4 | 21 | 3 | В труднодоступной местности | 19 |

Пример выполнения практического занятия

“Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты”

Вариант 1

Исходные данные:

- 1) $E_1 = 5$ кВ/м; $t_1 = 1$ ч;
- 2) $E_2 = 7$ кВ/м; $t_2 = 1,8$ ч;
- 3) $E_3 = 21$ кВ/м; $t_3 = 1$ мин;
- 4) условия населенных мест – внутри жилых зданий;
- 5) $E_{\phi} = 0,4$ кВ/м.

Допустимое время пребывания персонала на рабочем месте в зоне действия электромагнитного поля промышленной частоты от каждого из источников 1,2,3 в отдельности составляет:

1) от источника 1 – поскольку $E_1 = 5$ кВ/м, то по условию разрешается пребывание в зоне действия 1-го источника в течение всего рабочего дня ($T_1 = 8$ ч);

2) от источника 2 – т.к. $E_2 = 7$ кВ/м, то время пребывания в рабочей зоне определяется по формуле:

$$T_2 = \frac{50}{E} - 2,$$

где T_2 – время пребывания, ч;

E – напряженность электрической составляющей поля, кВ/м.

Тогда

$$T_2 = \frac{50}{7} - 2 = 5,1 \text{ ч}$$

3) от источника 3 – т.к. $E_3 = 21$ кВ/м, то согласно условию $T_3 = 10$ мин.

Приведенное время пребывания персонала на рабочем месте при совместном воздействии источников E_1 , E_2 , E_3 , в течение рабочего дня рассчитывается по формуле:

$$T_{np} = 8 \cdot \left(\frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2} + \dots + \frac{t_n}{T_n} \right),$$

где T_{np} – приведенное время, ч;

t_1, t_2, \dots, t_n – фактическое время пребывания в зонах действия электромагнитных полей промышленной частоты от источников 1, 2, ..., n, ч;

T_1, T_2, \dots, T_n – допустимое время пребывания персонала в зонах действия источников 1, 2, ..., n, ч;

t_1, t_2, t_3 – заданны по варианту.

Тогда

$$T_{np} = 8 \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{1,8}{5,1} + \frac{1}{10} \right) \approx 4,8 \text{ ч}$$

Вывод. Поскольку выполняется условие, то электромагнитная обстановка в рабочей зоне соответствует нормам.

Допустимое значение напряженности электрической составляющей электромагнитного поля промышленной частоты, внутри жилых зданий (задано по варианту) составляет $\leq 0,5$ кВ/м. Поскольку $E_{\phi} = 0,4$ кВ/м, то можно сделать вывод о соответствии фактического значения напряженности электромагнитного поля нормам для населенных мест.

З А Д А Н И Е №10.

"Утилизация электрорадиодеталей, содержащих драгоценные металлы".

Цель практических занятий: ознакомить студента с некоторыми способами утилизации драгоценных металлов, содержащихся в электрорадиоизделиях, используемых в приборостроении, вычислительной технике и в быту.

Порядок выполнения:

- выбрать вариант по таблице вариантов;
- ознакомиться с методикой;
- выбрать утилизируемые электрорадиодетали и классифицировать их по преобладающим драгоценным металлам;
- привести схему утилизации драгоценных металлов;
- рассчитать годовой выход утилизированных драгоценных металлов;
- оценить цикличность работы оборудования по работе тигельной электропечи;
- оформить выполненное задание в виде отчета (формат А4).

В настоящее время в технике и в быту широко применяются различные радиоэлектронные изделия, состоящие из большого количества электрорадиодеталей, содержащих различные драгоценные металлы: золото, серебро, платину. Радиоэлектронная и электронно-вычислительная техника являются основными потребителями драгоценных металлов. Увеличение добычи драгоценных металлов отрицательно сказывается на состоянии окружающей среды, так как еще более нарушает экологическое равновесие литосферы.

В связи с этим, переработка печатных плат, содержащих электрорадиодетали, и различных радиодеталей целью утилизации и повторного использования драгоценных металлов является не только экономически целесообразной, но и экологически необходимой.

Многие элементы радиоэлектронных изделий и приборов в процессе эксплуатации подвержены повреждениям и быстрому выходу из строя, в результате чего образуется большое количество отходов драгоценных металлов (табл. 1). Технологический процесс извлечения драгоценных металлов может быть осуществлен по следующей схеме:

- сортировка электрорадиодеталей по доминирующим драгоценным металлам;
- дробление и измельчение;
- обжиг и плавление, в процессе которых происходит пиролитическое разложение (под действием высоких температур) неметаллической основы и получение металлических остатков драгоценных металлов;
- измельчение и гранулирование металлического остатка драгоценных металлов;
- магнитная сепарация с целью отделения магнитных и немагнитных

частиц;

– рафинирование (очистка первичных металлов от примесей) различных драгоценных металлов;

– расплавление разделенных по видам драгоценных металлов в виде гранул в индукционных электрических печах.

Таблица 1

Содержание драгоценных металлов в некоторых изделиях

| Номенклатура | Тип изделия | Содержание драгоценных металлов, мг | |
|--------------|-------------|-------------------------------------|----------|
| | | Золото | Серебро |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Микросхемы | К 553 УД1А | 5.1487 | - |
| | К 140 УД15 | 15.5657 | - |
| | К 501 ИВ1 | 11.0005 | - |
| | К 145 ВХ205 | 16.4567 | - |
| | К 145 ИЛ11Б | 31.1186 | 81.72 |
| | К 144 К1П | 24.С698 | - |
| | К 144 ПР3 | 25.4904 | - |
| | К 155 МД3 | 15.6639 | - |
| | К 165 ГФ1 | 37.7500 | - |
| | К 201 ЛБ4 | 16.4626 | - |
| | К 127 УН1 | 34.6297 | - |
| | К 161 ПР2 | 8.3182 | - |
| | К 155 ТМ1 | 6.7660 | - |
| | К 155 ЛА1 | 7.1581 | - |
| | К 170 ЛА1 | 5.2827 | - |
| | К 155 НД4 | 4.1473 | - |
| | К 155 КП4 | 2.4290 | - |
| | К 155 ТВ1 | 0.4290 | - |
| | К 172 ЛН1 | 0.6131 | - |
| | К 264 ГФ1 | 0.7941 | 7.5136 |
| К 264 УМ2 | 0.6017 | 7.7690 | |
| К 178 ЛН1 | 0.6131 | - | |
| Транзисторы | КТ 361 К | 0.8178 | - |
| | КТ 361 Г | 0.8000 | - |
| | К1 315 | 0.8142 | - |
| | КТ 315 И | 0.0800 | - |
| | КТ 315 А | 0.8100 | - |
| | КТ 315 Б | 0.5000 | - |
| | КТ 315 В | 0.0910 | - |
| | КТ 315 Г | 0.0850 | - |
| | КТ 358 | 4.5901 | - |
| | КТ 601 А | 27.5537 | - |
| КТ 605 | 4.6435 | - | |
| Транзисторы | КТ 404 | - | 3.4413 |
| | КТ 808 | 29.6109 | - |
| | КТ 802 А | 23.8209 | 95.1180 |
| | КТ 805 | - | 75.0955 |
| Транзисторы | КТ 908 | 33.4659 | - |

| | | | |
|------------------------------------|------------|---------|----------|
| | КТ 805 АМ | - | 75.0900 |
| | П 215 | - | 1.9600 |
| | П 307 В | 11.3439 | - |
| | П 607 | - | 22.5396 |
| Диоды и стабилитроны | Д 226 Б | 1.86114 | - |
| | Д 814 Г | 0.9932 | - |
| | Д 818 | 0.8044 | 0.0260 |
| | Д 242 | 2.1877 | - |
| | ДЗ11 | - | 1.203 |
| | КС 133 А | 0.8127 | - |
| | КС 156 А | 0.0844 | - |
| | КД 105 Б | 0.216 | - |
| | КД 204 | 0.3405 | 41.6730 |
| | КД 908 | 39.7533 | - |
| | КД 105 Г | 0.216 | - |
| | КЦ 407 А | 3.3120 | 11.6730 |
| Светоизлучающие диоды | АЛ 307 АМ | 3.5644 | - |
| | АЛ 307 БМ | 3.5644 | - |
| Резисторы | СП-5 | - | 147.8182 |
| | МЛТ-0,125 | - | 5.5340 |
| | МЛТ-1 | - | 9.6378 |
| | МЛТ-2 | - | 12.1858 |
| | МОИ-1 | - | 33.7042 |
| | МОИ-2 | - | 56.4369 |
| Конденсаторы | КЛС | - | 82.7620 |
| | КСО-1 | - | 1.4470 |
| | КСО-2 | - | 7.06.50 |
| | КСО-5 | - | 33.7050 |
| | К15-15 | - | 31.2641 |
| | КН-4А | - | 10.0655 |
| Микропереключатели и переключатели | ППБ-3 | - | 82.7620 |
| | ТБ1-1 | - | 243.9528 |
| | ДПБ | - | 83.1200 |
| | П2КАЗ | - | 345.2000 |
| | ПГ1-2-6П24 | - | 146.6000 |
| | ВП-1-1 | - | 23.1490 |
| | МПЗ-1 | - | 73.8000 |
| Реле | РТК-ЗМ-О6 | - | 223.0000 |
| | ТАМ-112-1 | - | 207.9000 |

Металлические остатки драгоценных металлов, которые не удалось разделить, подвергаются расплавлению в виде гранул в индукционных электрических печах с последующим разделением каждого металла в отдельности.

В технологическом процессе извлечения драгоценных металлов параллельно решаются вопросы защиты окружающей среды от вредного воздействия технологического процесса утилизации. В связи с малым содержанием драгоценных металлов в каждом изделии и вредном воздействии технологического процесса утилизации на окружающую среду организация процесса переработки драгоценных металлов осуществима при сборе

значительного количества вышедших из строя электрорадиодеталей.

Количество утилизированных драгоценных металлов за год можно определить по следующей формуле:

$$G_{DM} = 12 \cdot 10^{-3} \sum_i (m_i \cdot n_i) , \quad (1)$$

где G_{DM} - количество утилизированных драгоценных металлов за год, г;
 m_i - содержание драгоценных металлов в каждом типе изделия, мг;
 n_i - количество утилизируемых деталей в месяц, шт.

Необходимую загрузку оборудования можно оценить по загрузке индукционных электрических печей, используемых для переплавки гранул драгоценных металлов. В процессе, как правило, используется тигельные индукционные печи косвенного действия с определенной емкостью тигля, который должен быть полностью загружен. Для оценки используется понятие насыпной плотности гранул, которая отличается от плотности доминирующих драгоценных металлов.

Объем переплавляемых за год драгоценных металлов, в виде гранул можно определить по следующей, формуле:

$$V_{DM}^{GP} = \frac{10^{-3} \cdot G_{DM}}{\rho_{GP}} , \quad (2)$$

где V_{DM}^{GP} – объем переплавляемых за год гранул, м³;
 ρ – насыпная плотность гранул, кг/м³.

Количество полных загрузок оборудования за год можно определить по формуле:

$$K = \frac{V_{DM}^{GP}}{V_T} , \quad (3)$$

где K – количество загрузок за год;
 V_T – емкость тигля печи, м³.

Цикличность работы оборудования можно определить по формуле:

$$\text{Ц} = 12 / K \text{ (за период) } , \quad (4)$$

Расчет количества утилизируемых металлов и цикличность работы оборудования необходимо проводить отдельно для различных утилизируемых драгоценных металлов.

ВАРИАНТЫ

Примечание: в таблице вариантов используются обозначения: «М» - микросхема; «Т» - транзистор; «Д» - диод и стабилитрон; «Р» - резистор; «К» - конденсатор; «П» - переключатель и микропереключатель; «Рл» - реле.

| № вар. | Номенклатура | Тип изделия | Кол-во утилизируемых деталей в месяц, шт | Насыпная плотность, кг/м ³ | Емкость тигля, м ³ | № вар | Номенклатура | Тип изделия | Кол-во утилизируемых деталей в месяц, шт | Насыпная плотность, кг/м ³ | Емкость тигля, м ³ |
|--------|--------------|----------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|-------|--------------|---------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 01 | М | К 553 УД1А | 500 | 2200 | 0.005 | 03 | М | К 140 УД15 | 1000 | 2500 | 0.01 |
| | М | К 172 ЛН1 | 500 | | | | М | К 501 ИВ1 | 2000 | | |
| | Т | КТ 361 К | 1000 | | | | Т | КТ 36Т Г | 3800 | | |
| | Д | Д 226 Б | 5500 | | | | Т | КТ 315 Г | 1200 | | |
| | Д | Д 242 | 1500 | | | | Д | КТ 315 Г | 1000 | | |
| 02 | М | К 145 ИЛ11Б | 500 | 2000 | 0.01 | 04 | Р | СП-5 | 1500 | 1800 | 0.005 |
| | Т | КТ 805 | 1000 | | | | Т | КТ 805 АМ | 2000 | | |
| | Р | МЛТ-0.125 | 2000 | | | | К | КЛС | 3500 | | |
| | Р | МОИ-1 | 1000 | | | | К | КСО-1 | 1000 | | |
| | К | КСО-2 | 5500 | | | | П | ТБ1-1 | 1000 | | |
| 05 | М | К 145 ВХ205 | 1000 | 3800 | 0.005 | 10 | М | К 264 ГФ1 | 200 | 2500 | 0.004 |
| | М | К 144 К1П | 500 | | | | М | К 264 УМ2 | 800 | | |
| | Т | КТ 315 | 1500 | | | | Т | КТ 802 А | 1000 | | |
| | Т | КТ 315 Г | 6800 | | | | Д | Д 818 | 2000 | | |
| | Д | АЛ 307 АМ | 200 | | | | П | ДПБ | 8000 | | |
| 06 | Д | Д 311 | 400 | 2800 | 0.01 | 11 | Т | КТ 404 | 1200 | 3400 | 0.005 |
| | К | К15-15 | 1600 | | | | Т | П 215 | 2800 | | |
| | К | КН-4А | 1000 | | | | Д | Д 311 | 6500 | | |
| | К | КСО-1 | 2000 | | | | Р | МОИ-2 | 1000 | | |
| | П | ППБ-3 | 7500 | | | | К | КСО-5 | 2500 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|------------|------|------|-------|-----------|----|-----------|------|------|-------|
| 07 | М | К 178 ЛН1 | 500 | 3200 | 0.005 | 12 | Т | КТ 605 | 600 | 2700 | 0.01 |
| | М | К 155 ТВ1 | 1500 | | | | Т | КТ 908 | 1400 | | |
| | Т | КТ358 | 1000 | | | | М | К 127 УН | 1000 | | |
| | Т | КТ 808 | 2000 | | | | М | К 165 ГФ1 | 8500 | | |
| | Д | АЛ 307 БМ | 5500 | | | | Д | КД 908 | 2000 | | |
| 08 | Рл | РТМ-3М-06 | 500 | 2200 | 0.01 | 13 | Р | МЛТ-1 | 1000 | 3000 | 0.01 |
| | Р | МЛТ-2 | 1000 | | | | Р | МОИ-1 | 1000 | | |
| | К | КН-4А | 1200 | | | | К | КСО-2 | 2500 | | |
| | К | КСО-2 | 1800 | | | | П | МПЗ-1 | 7500 | | |
| | П | ПГ1-2-6П2Н | 4200 | | | | Т | П 215 | 1000 | | |
| 09 | Т | КТ 315 И | 500 | 3000 | 0.005 | 14 | Д | Д 242 | 2000 | 2800 | 0.01 |
| | Т | КТ 361 Г | 1500 | | | | Т | КТ 908 | 1000 | | |
| | М | К 155 КП4 | 500 | | | | Т | КТ 358 | 500 | | |
| | М | К 155 МД3 | 1000 | | | | Д | Д 226 Б | 2000 | | |
| | Д | АЛ 307 АМ | 5500 | | | | Т | П 307 В | 8500 | | |
| 15 | М | К 201 ЛБ4 | 500 | 3000 | 0.01 | 20 | П | П2КА3 | 1000 | 2800 | 0.01 |
| | М | К 127 УН1 | 1000 | | | | Рл | РТК-3М-06 | 2000 | | |
| | Т | КТ 315 | 2000 | | | | К | КН-4А | 9500 | | |
| | Т | КТ 808 | 7500 | | | | Р | СП-5 | 1000 | | |
| | Д | КС 156 А | 1000 | | | | Р | МЛТ-0.125 | 1500 | | |
| 16 | Т | КТ 404 | 800 | 2000 | 0.005 | 21 | Т | КТ 601 А | 500 | 2400 | 0.005 |
| | Т | КТ 805 | 1200 | | | | Д | Д 814 Г | 1000 | | |
| | Д | ДЗ 11 | 8400 | | | | К | К15-15 | 8500 | | |
| | Р | МЛТ-2 | 1600 | | | | П | МПЗ-1 | 1000 | | |
| | К | КСО-5 | 1000 | | | | Рл | ТАМ-112-1 | 500 | | |
| 17 | М | К 161 ПР2 | 200 | 3000 | 0.01 | 22 | М | К 127 УН1 | 200 | 2000 | 0.005 |
| | Т | К 315 А | 1000 | | | | Т | КТ908 | 600 | | |
| | Д | Д 242 | 1800 | | | | П | ДПБ | 5200 | | |
| | Т | КТ 808 | 1800 | | | | Р | МЛТ-1 | 400 | | |
| | Р | МОИ-2 | 7200 | | | | К | КЛС | 1600 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|------------|------|------|-------|-----------|----|-----------|-------|------|-------|
| 18 | П | ПГ1-2-6П2Н | 500 | 2100 | 0.01 | 23 | М | К 155 ЛА1 | 1000 | 2700 | 0.01 |
| | К | КСО-1 | 1000 | | | | Т | КТ 805 АМ | 1000 | | |
| | М | К 155 НД4 | 5500 | | | | Д | КД 105 Г | 2000 | | |
| | П | МПЗ-1 | 1000 | | | | Р | МЛТ-0.125 | 11000 | | |
| | Рл | РТК-3М-06 | 500 | | | | К | КСО-1 | 1000 | | |
| 19 | М | К 165 ГФ1 | 200 | 3200 | 0.005 | 24 | Рл | РТК-3М-06 | 200 | 3100 | 0.01 |
| | М | К 155 ТМ1 | 800 | | | | П | ВП-1-1 | 1800 | | |
| | Т | КТ 601 А | 1000 | | | | Д | АЛ 307 БМ | 5500 | | |
| | Т | П 307 В | 8000 | | | | Т | П 607 | 1000 | | |
| | Д | К 105 Б | 1000 | | | | Р | МЛТ-1 | 1000 | | |
| 25 | М | К 172 ЛН 1 | 500 | 2300 | 0.005 | 28 | М | К 155 МДЗ | 2000 | 2800 | 0.01 |
| | Р | МЛТ-0.125 | 1000 | | | | Т | П 607 | 500 | | |
| | Т | КТ 315 И | 3500 | | | | Д | КД 908 | 1500 | | |
| | К | КСО-2 | 2000 | | | | Д | ДЗ11 | 1000 | | |
| | Д | КС 156 А | 500 | | | | Р | МЛТ-1 | 5500 | | |
| 26 | К | КСО-5 | 1000 | 2000 | 0.005 | 29 | П | ТБ1-1 | 1200 | 2900 | 0.005 |
| | М | К 170 ЛА1 | 500 | | | | К | КСО-1 | 800 | | |
| | П | П2КАЗ | 3200 | | | | М | К 155 КП4 | 2000 | | |
| | М | К 155 ТМ1 | 1000 | | | | Т | П 215 | 6500 | | |
| | Р | МЛТ-2 | 1000 | | | | Р | МОИ-2 | 1000 | | |
| 27 | Т | КТ 605 | 1000 | 2400 | 0.005 | 30 | Т | КТ 315 | 1000 | 2100 | 0.01 |
| | М | К 501 ИВ 1 | 500 | | | | Р | СП-5 | 2000 | | |
| | Т | К 315 А | 1000 | | | | М | К 127 УН1 | 500 | | |
| | П | ДПБ | 8000 | | | | К | КЛС | 1000 | | |
| | К | КН-4А | 1500 | | | | Д | КД 908 | 7500 | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ №1 ДЛЯ ЗАДАНИЯ № 8.

Пыле - и туманоуловители для очистки выбросов загрязняющих веществ.

| Вид пыли - или туманоуловителя | Класс пылеуловителя | Группа пыли | Параметры пыли - или туманоуловителя | | | | | Область применения |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|---|
| | | | допустимая входная концентрация пыли. г/м ³ | гидравлическое сопротивление, кПа | Производительность по газу, тыс. м ³ /ч | эффективность очистки | наибольшая температура газов, 0С | |
| Циклоны: ЦН-11, ЦН-15. ЦН-24 | V | I, II | 1000 (слабослипающаяся пыль) 250 (среднеслипающаяся пыль) | Не более 0,5 | 0,162...48 48, =20 мкм | 0,8 при d50=20мкм | 400 | Сухая очистка от пыли невзрывоопасных газов, кроме сильнослипающихся пылей. Очистка выбросов деревообрабатывающих и механических цехов, сушилок, печей и т.д. |
| ЦП-2 | V | I, II | 1500 | Не более 0,4 | 38...230 | 0,86...0,9 | 250 | Сухая очистка от пыли взрывоопасных газов (дымовые газы парогенераторов и т.п.) |
| СК-ЦН-34 | IV | II, III | 1000 | 4 | 2,54...92 | 0,95 | 250 | Очистка газов от сажи. |

| | | | | | | | | |
|------------------------|----|---------|---|--------------|----------|------------------------|--|---|
| Батареные циклоны БЦ-2 | V | I, II | 75 (слабослипающая пыль) 35 (среднеслипающая пыль) | 0,45...0,6 | 15...49 | 0,85 при d50 = 250 мкм | 400 | Очистка дымовых газов от, золы, улавливание волокнистой и неслипающей пыли. |
| Электрофильтры: УГМ | II | I...V | 60 | 4 | 36...950 | До 0,999 | 250 | Тонкая очистка технологических выбросов от пыли. |
| С | II | I...V | 3 | 5 | 18. .36 | До 0,99 | 60 | Тонкая очистка от аэрозолей смолы генераторных газов. |
| УУП | II | IV, V | – | 0,04 | 5...30 | 0,95 | 80 | Тонкая очистка вентиляционных выбросов от пыли, туманов масел, пластификаторов и т.п. |
| | | | | | | | | |
| ФЭ | II | IV, V | 0,01 | 0,03... 0,05 | 1 | 0,95 | 20 | Очистка вентиляционного воздуха от пыли. |
| Рукавные фильтры ФРО | II | III, IV | 20 | 2...3 | До 50 | 0,98 | 130 (рукав из лавсана) 230 (рукав из стеклоткани) | Очистка сухих газов от слабослипающихся пылей. |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----|----------|---------------|------------|----------|--|-----|---|
| Фильтры. Д, Д-КЛ | I | IV, V | 0,0005 | 0,4... 0,6 | До 3,5 | 0,999 | 60 | Ультратонкая очистка вентиляционных выбросов от радиоактивных, биологических и высокотоксичных пылей. |
| ФАРТОС | I | IV, V | – | 0,5 | 0,500 | 0,999 | 100 | Ультратонкая очистка технологических сдувок от радиоактивных пылей. |
| Скрубберы Вентури ГВПВ | II | – | 30 | 6...12 | 1,7...84 | 0,95...0,98 | 400 | Высокоэффективная очистка газов от пылей любого дисперсного состава. |
| Сепарагор капель КЦТ | V | – | Не более 1000 | 0,35 | 1,7...84 | Концентрация влаги в газе на выходе не более 70мг/м3 | 400 | Улавливание капель после скруббера Вентури. |
| Центробеж ный скруббер СЦВБ-20 | II | II... IV | Не более 10 | 1,7 | 20 | 0,98 для частиц размером 10 мкм | 60 | Мокрая очистка нетоксичных и невзрывоопасных пылей. |
| Волокнистый фильтр ФВГ-Т | II | – | – | 0,15...0,5 | 3,5...80 | 0,96...0,99 | 90 | Тонкая очистка аспирационного воздуха ванн хромирования от тумана и брызг. |