

ЭКОЛОГИЯ. ПРАКТИКА

СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА

□ **N** (78,08 %), **O₂** (20,95 %), **инертный газ аргон** (0,93 %), **СО₂**(0,03 %).

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются:

□ промышленность, предприятия по производству строительных материалов, горнодобывающая промышленность);

□ Транспорт

□ Различают первичные и вторичные загрязнители воздуха:

□ **Первичные** представляют собой химические вещества, попадающие непосредственно в воздух из стационарных или подвижных источников.

□ **Вторичные** образуются в результате взаимодействия в атмосфере первичных загрязнителей между собой и с присутствующими в воздухе веществами (кислород, озон, аммиак, вода) под действием ультрафиолетового излучения.

По месту расположения

- а) **высокие**, находящиеся в зоне недеформированного ветрового потока.
- б) **низкие**, расположенные в зоне подпора или в зоне аэродинамической тени, образующейся на здании или за ним на высоте, равной или больше 2,5 высоты здания (трубы и крышные вентиляторы с колпаками);
- в) **наземные**, находящиеся за пределами зданий вблизи земной поверхности.



По геометрической форме

а) точечные источники, когда удаляемые загрязнения сосредоточены в одном месте.

б) линейные, имеющие значительную протяженность в направлении, перпендикулярном ветру

По режиму работы:

- а) **непрерывного действия** - источники, работающие продолжительное время с мало изменяющейся интенсивностью.
- б) **периодического действия** - работающие непродолжительное время с перерывами.
- в) **залповые** - в короткий промежуток времени в воздух удаляется большое количество вредных веществ, которые распространяются в виде облака или стелющегося потока.
- г) **мгновенные**, когда выброс происходит в доли секунды на некоторую высоту.

По дальности распространения

- а) внутриплощадочные** источники, когда выбрасываемые в атмосферный воздух загрязняющие вещества при их рассеивании создают высокие концентрации только на территории промышленной площадки.
- б) внеплощадочные источники**, когда выбрасываемые в атмосферный воздух загрязнения потенциально способны создавать высокие концентрации за пределами площадки предприятия, в том числе и на территории жилого района.

По способу вывода загрязненного воздуха

- а) организованные** (канализованные) источники с выбросами через трубы, шахты и т.п.

- б) неорганизованные** (неканализованные) источники с выбросами через фонари промышленных зданий, выделением вредных веществ через неплотности оборудования, из-за испарения с открытой поверхности жидкости и др.

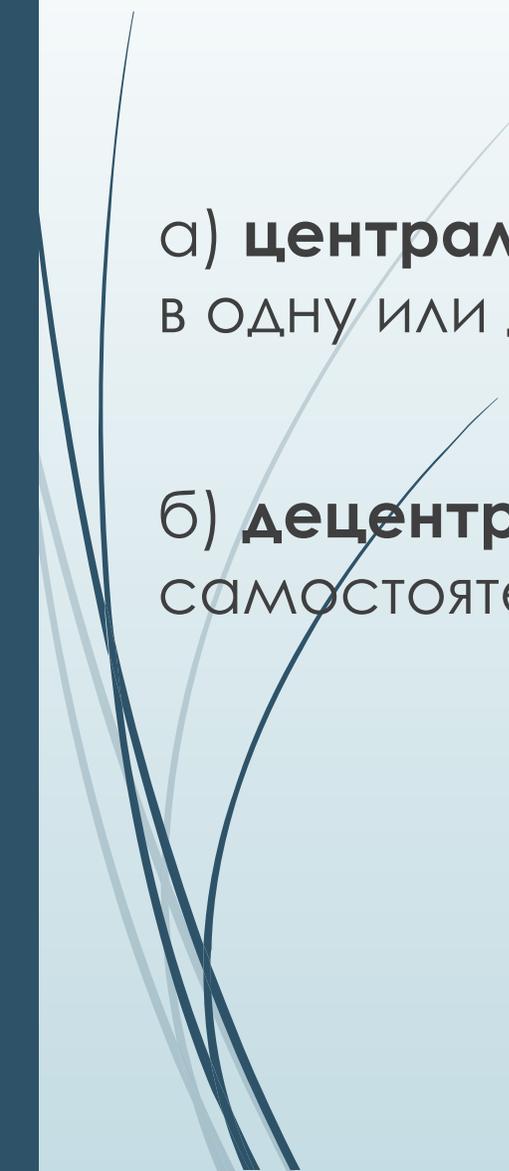
По температуре газовой смеси, поступающей в атм. воздух

- а) **сильно нагретые** при T больше 100°C (T – разница между температурами газовой смеси и окружающего воздуха).
- б) **нагретые** – при T больше 20° и меньше 100°C ;
- в) **слабонагретые** – при T больше 5° и меньше 20°C ;
- г) **изотермические** – при T равной 0°C ;
- д) **охлажденные** – при T меньше 0°C .



По степени централизации

- а) **централизованные**, при которых загрязненный воздух собирается в одну или две трубы.

 - б) **децентрализованные** – от каждого агрегата устраивается самостоятельный выброс.
- 

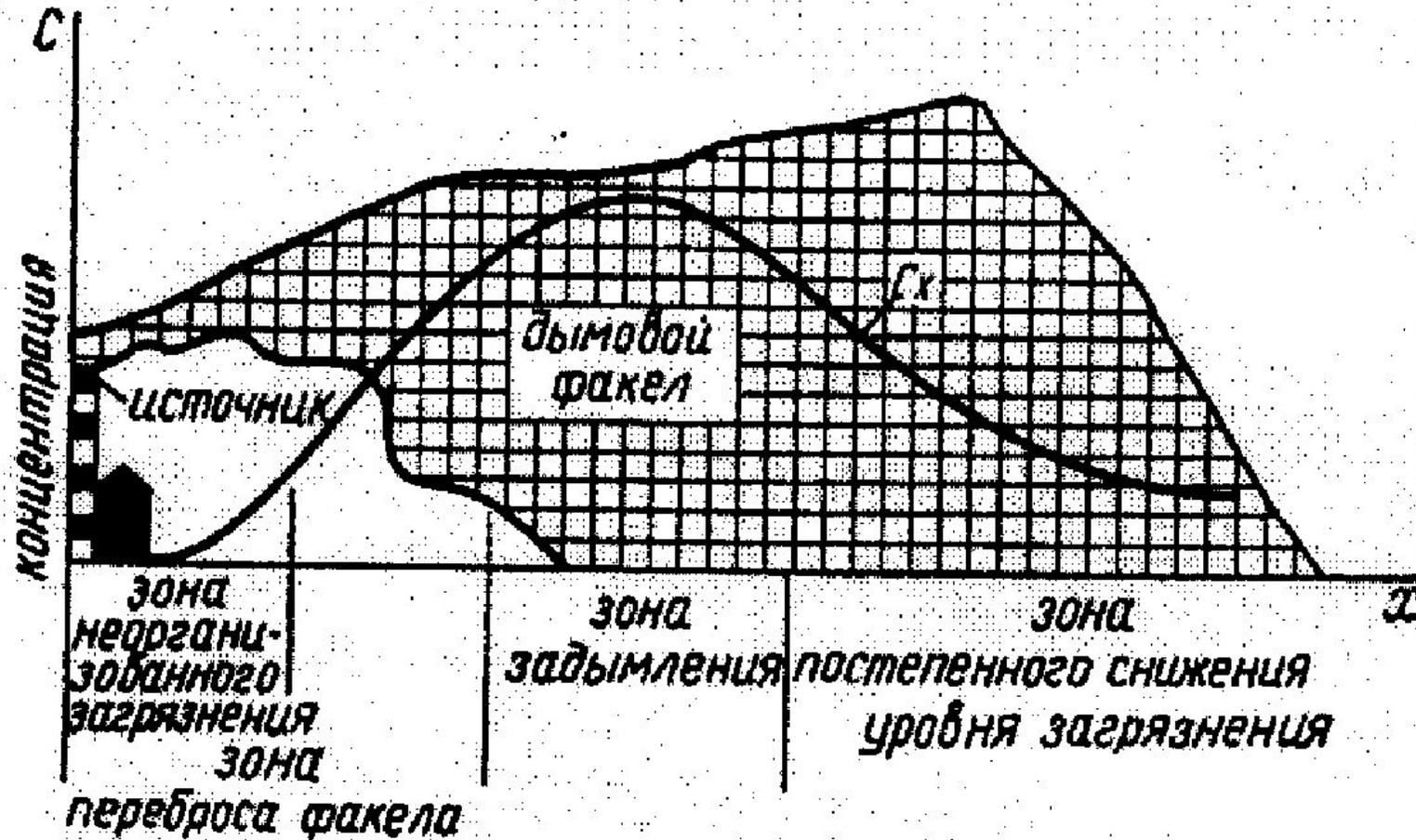
| Отрасль промышленности | Загрязняющие факторы | Основные компоненты выбросов |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Электроэнергетика | Сжигание и переработка угля, нефти, газа, горючих сланцев, торфа (тепловое загрязнение атмосферы) | Диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, оксид ванадия (V), сажа, 3,4 бензопирен |
| Черная металлургия | Спекание, выплавка, обжиг, дробление, пересыпка, травление | Оксид углерода, диоксид серы, оксид азота, твердые вещества, соединения хрома (VI) |
| Цветная металлургия | Спекание, выплавка, обжиг, дробление, пересыпка, травление | Диоксид серы, оксид углерода, пыль, Pb, Hg |
| Нефтедобывающая промышленность | Сжигание в факелах нефтяного газа | Углеводороды, оксид углерода, твердые вещества |
| Нефтеперерабатывающая промышленность | Извлечение серы, регенерация катализаторов, испарения из емкостей для хранения сырья и продуктов нефтепереработки | Диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота |
| Химическая и нефтехимическая промышленность | Производство кислот, резинотехнических изделий, фосфора, пластмасс, красителей, моющих средств, искусственного каучука, растворителей, крекинг нефти, сжигание и складирование токсичных отходов | Твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды, летучие органические соединения, металлическая ртуть, оксид ванадия (V), хром шестивалентный, сероуглерод, сероводород, аммиак, олефины и др. |
| Угольная промышленность | Загрязнения земной поверхности отходами добычи и обогащения угля и сланца, выбросы котельных, дымящиеся терриконы и др. Добыча, переработка, хранение и транспортировка природного газа | Твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, фториды |

| | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Машино- строение | Выбросы и сбросы литейного производства, механической обработки, сварочных и покрасочных цехов | Диоксид серы, пыль и взвешенные вещества, ксилол, толуол, ацетон, бензин, бутил-ацетат, аммиак, этилацетат, серная кислота, Mn, Cr, Pb |
| Промыш- ленность строитель- ных материалов | Выбросы реакторов для гашения извести, шахтных мельниц для гипса, цементных мельниц, дробильно-размольного оборудования, устройств для транспортировки и отгрузки, печей дожига и сушки и др. | Карбонат кальция, оксид кальция, шлак, цемент, глина, уголь, диоксид серы, оксид углерода, фтор и др. |
| Дерево- обрабаты- вающая промыш- ленность | Сжигание отходов, выброс и сброс реагентов, используемых в деревообработке | Твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, толуол, сероводород, ацетон, ксилол, бутил, этилацетат, метил-меткаптан, формальдегид и др. |
| Легкая промыш- ленность | Испарения из электролизных ванн, пылевые выбросы из мест дробления, загрузки и пересыпки сырья. Испарения при окраске изделий и др. | Диоксид серы, оксид углерода, твердые вещества, оксиды азота, бензин, этилацетат, бутилацетат, аммиак, ацетон, бензол, толуол, сероводород, оксид ванадия и др. |
| Пищевая промыш- ленность | Выбросы шелушителей, нейтрализаторов, сепараторов, мучных силосов, технологических печей, фасовочных автоматов, табакорезательных машин, и | Пыли, органические примеси |

Загрязнители разделены на несколько групп

- 1) **основные** (критериальные) – оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды, твёрдые частицы и фотохимические оксиданты;
- 2) **полициклические ароматические углеводороды** (ПАУ);
- 3) **следы элементов** (в основном металлы);
- 4) **постоянные газы** (диоксид углерода, фторхлорметаны и др.);
- 5) **пестициды**;
- 6) **абразивные твёрдые частицы** (кварц, асбест и др.);
- 7) **разнообразные загрязнители**, оказывающие многостороннее действие на организм (нитрозамины, озон, полихлорированные бифенилы (ПХБ), сульфаты, нитраты, альдегиды, кетоны и др.).

Теоретические основы рассеивания выбросов



Факторы, определяющие рассеивание примесей.

Влияние техногенных
параметров источника
выброса на рассеивание



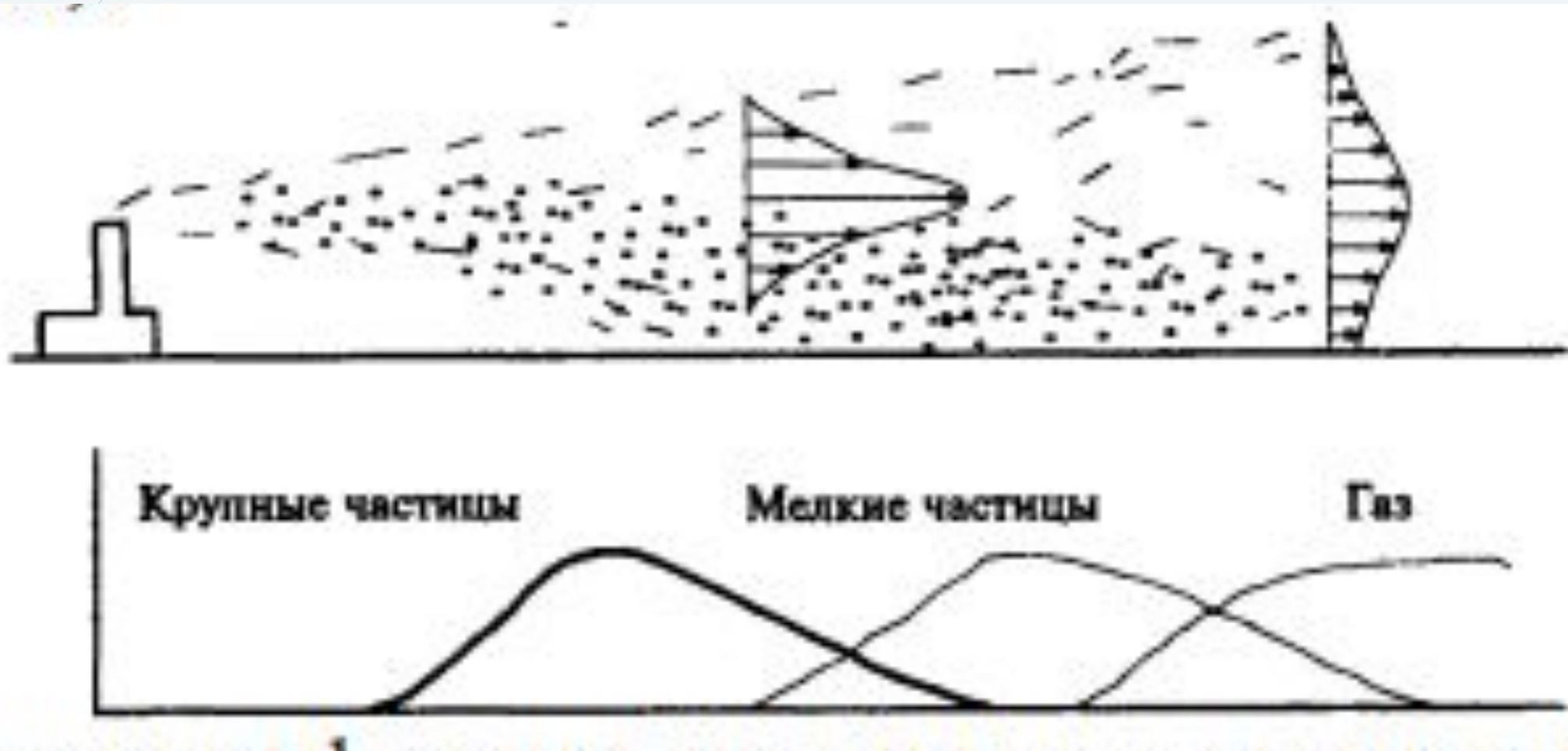
а



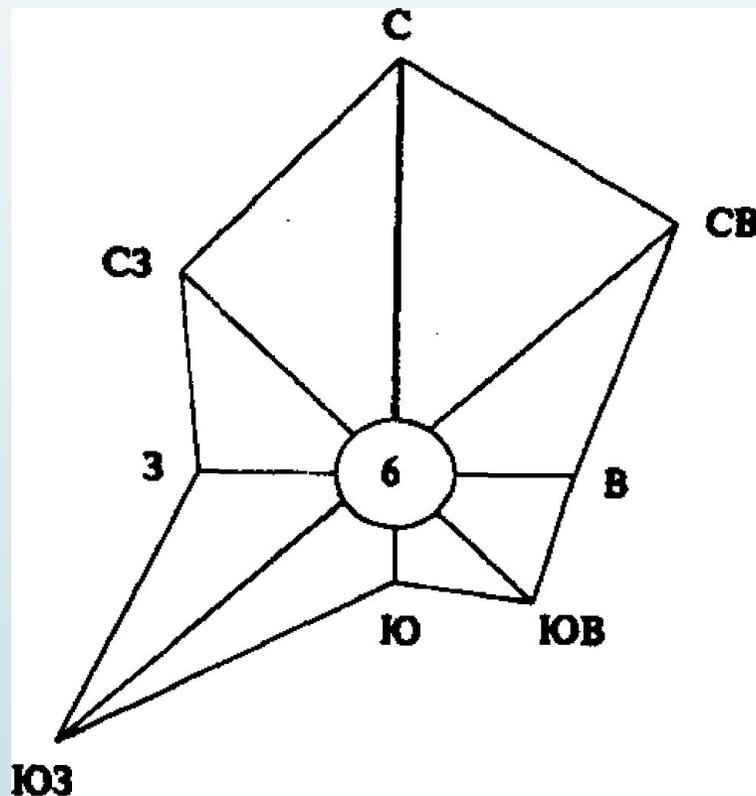
б

2. Характер разноса летучей золы дымо:
а - при низких дымовых трубах;
б - при высоких дымовых трубах.

Особенности рассеивания различных видов загрязняющих веществ

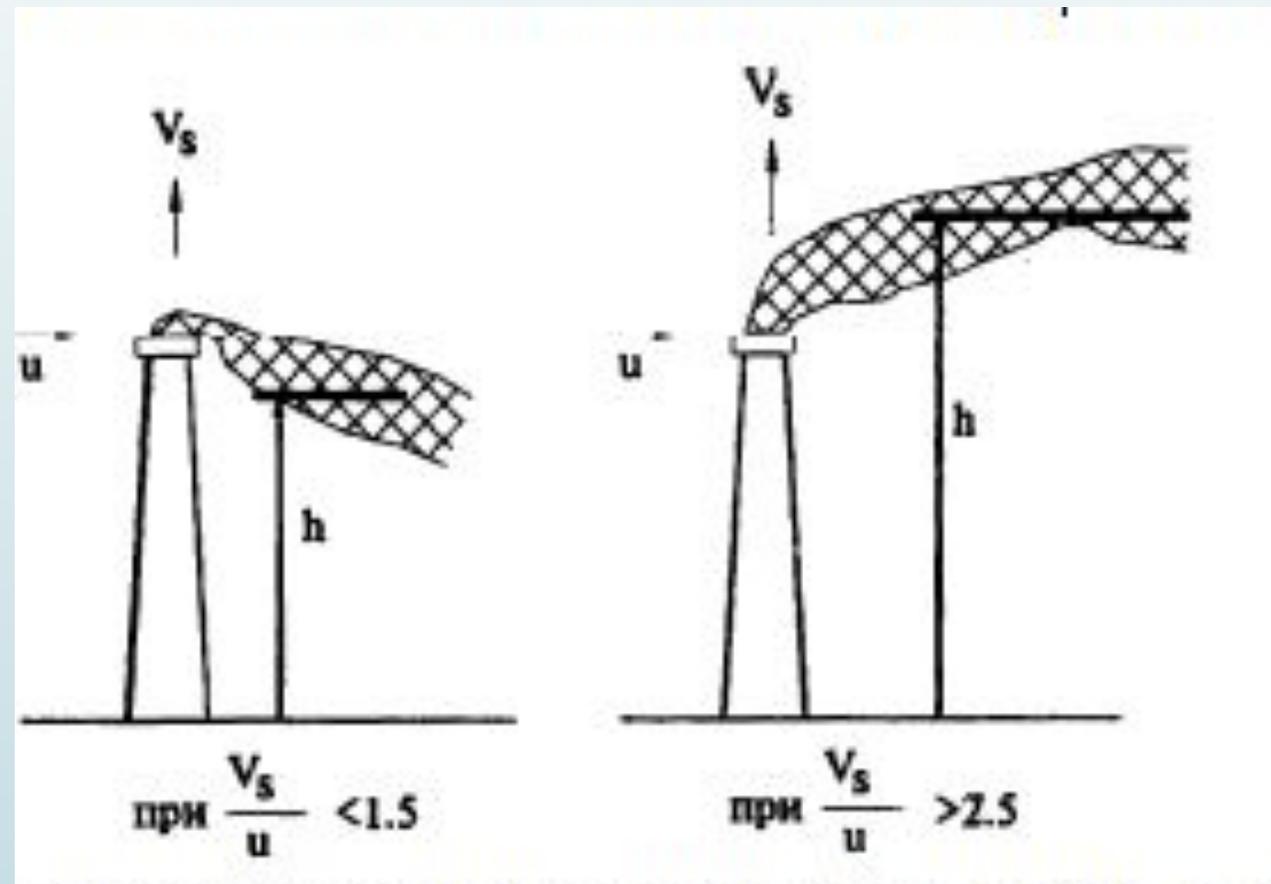


Влияние метеорологических условий на рассеивание примесей

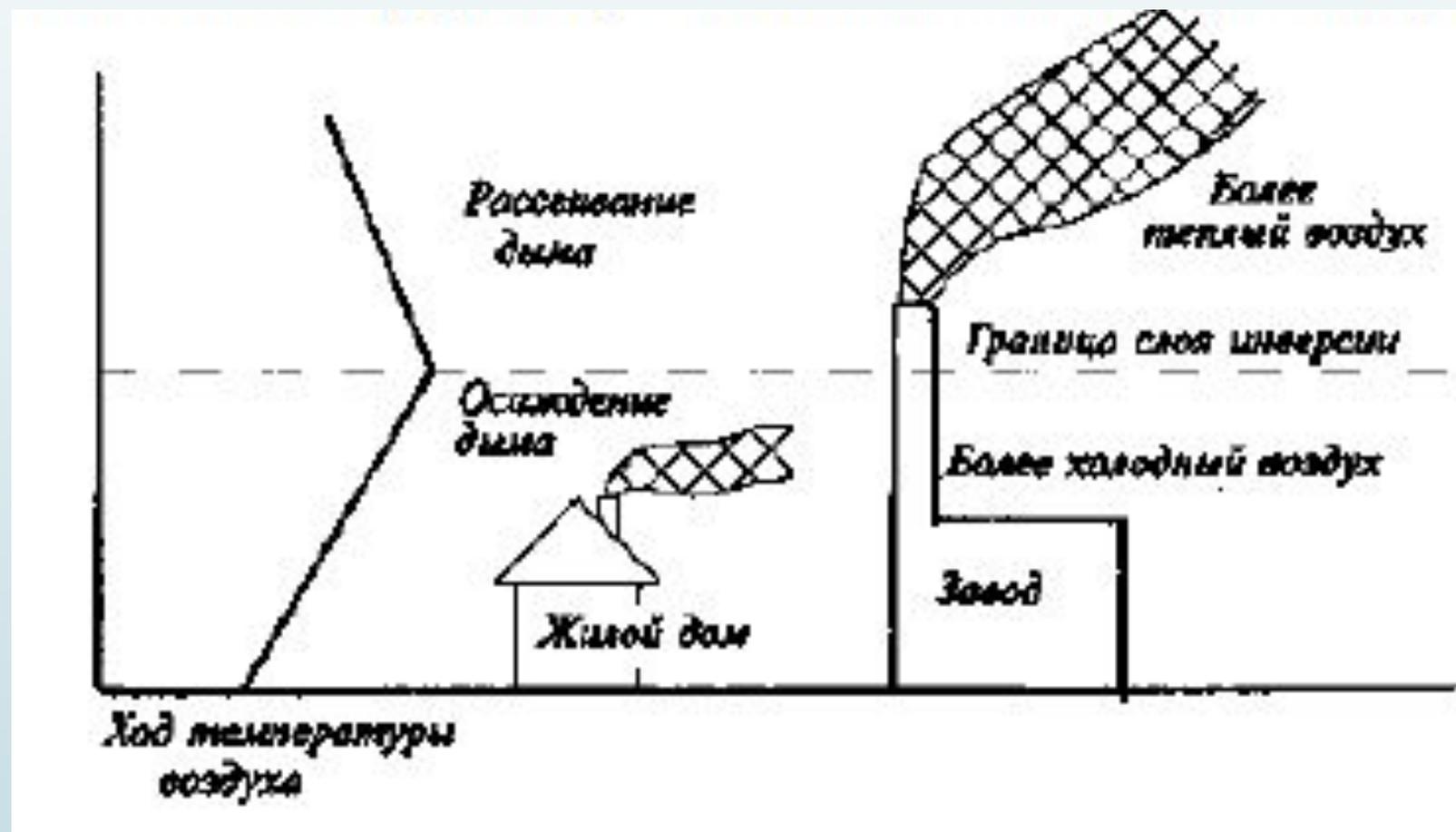


Роза ветров

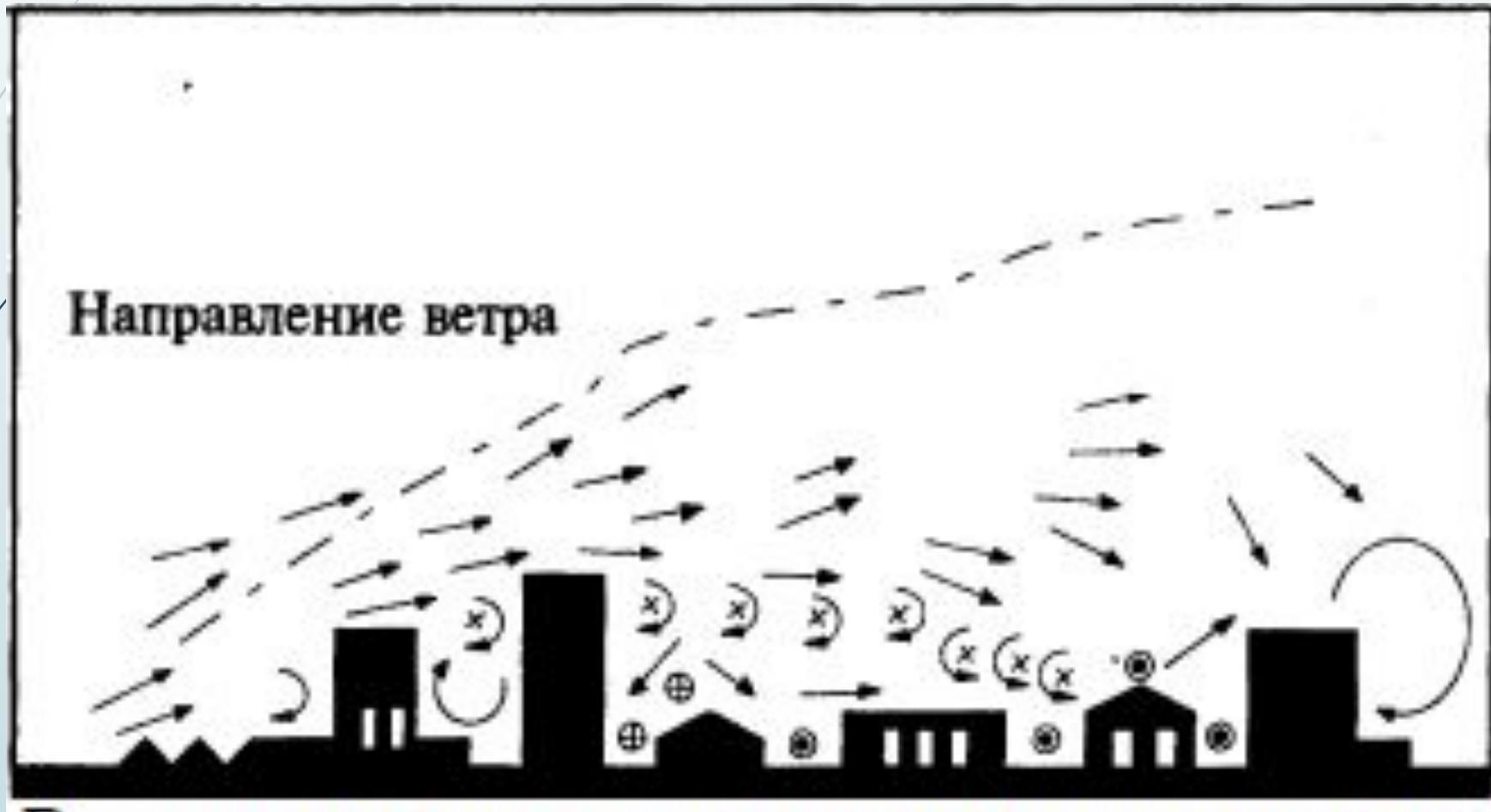
В зависимости от величины соотношения скоростей выхода газов и ветра факелы существенно отличаются



Влияние слоя инверсии на распространение выбросов из труб



Влияние физико-географических особенностей местности



СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Степень загрязнения атмосферного воздуха определяется факторами:

□ **особенностями источников эмиссии загрязнителей**

(тип источника, природа и свойства загрязняющих

□ **воздух веществ** (объём выброса);

□ **влиянием метеорологических и топографических факторов**

(направление и скорость ветра,

атмосферное давление,

рельеф местности

температурные инверсии,

влажность воздуха,

расстояние до источника загрязнения).

Санитарная оценка воздушной среды:

ПДКрз – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, выражаемая в мг/м³ (в воздухе рабочей зоны определяют ПДКмп.рз и ПДКсс.рз);

- **ПДКмп.рз** – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м³);
- **ПДКсс.рз** – среднесменная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м³);
- **ПДКпп** – предельно допустимая концентрация вредного вещества на территории промышленного предприятия (обычно принимается ПДКпп = 0,3 ПДКрз);
- **ОБУВ** – ориентировочно безопасные уровни воздействия (для химических веществ, на которые ПДК не установлены, должны пересматриваться через каждые два года с учётом накопления данных о здоровье работающих или заменяться ПДК);
- **ВДКрз** – временно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны (временный отраслевой норматив на 2–3 года);
- **ОДКрз** – ориентировочно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны;
- **ПДКнп** – предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе населённого пункта (в воздухе населённых мест определяют ПДКмп и ПДКсс);
- **ПДКмп** – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м³);
- **ПДКсс** среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест (мг/м³).

Атмосферные загрязнители по классификации вредных веществ по степени токсичности и опасности относятся к 4 классам опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные (бенз(а)пирен, свинец и его соединения);
- 2-й класс – высокоопасные (NO_2 , H_2S , HNO_3);
- 3-й класс – умеренно опасные (пыль неорганическая, сажа, SO_2);
- 4-й класс – малоопасные (бензин, CO).

При одновременном присутствии нескольких загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации, их безразмерная концентрация X не должна превышать 1:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1.$$



Рис. 2.1. Классификация ПДК вредных веществ в воздухе

| | |
|--------------------------------------------|----------|
| Класс экологического загрязнения атмосферы | <i>I</i> |
| Норма | <5 |
| Риск | 5 – 8 |
| Кризис | 8 – 15 |
| Бедствие | >15 |

Рис. 2.2. Шкала экологического состояния атмосферы

ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ. ОТБОР ПРОБ ВОЗДУХА

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населённых пунктах изложены в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01–86, а также с руководством по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186–89.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляется на постах.

Постом наблюдения является выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль, оборудованные соответствующими приборами.

Устанавливаются посты наблюдений трёх категорий:

- стационарные,
- маршрутные,
- передвижные (подфакельные).

- 
- **Пробы воздуха** следует отбирать на местах постоянного и временного пребывания работающих,
 - при характерных производственных условиях с учётом особенностей технологического процесса (непрерывный, периодический),
 - температурного режима,
 - количества выделяющихся химических веществ;
 - физико-химических свойств контролируемых веществ,
 - их агрегатного состояния в воздухе,
 - летучести, давления паров и возможности их превращения (окисление, гидролиз, деструкция и др.);
 - температуры и влажности окружающей среды;
 - класса опасности и биологического действия химического соединения.

- **Для получения достоверных результатов** при санитарно-химических исследованиях воздушной среды **в любой точке** на каждой стадии технологического процесса или отдельной операции должно быть последовательно отобрано не менее **пяти проб** воздуха

Полученный результат сравнивают с величинами ПДК_{мр.рз}, приведёнными в

- ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»,
- ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»,
- ГН 2.2.5.1314–03 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

АППАРАТУРА И МЕТОДИКИ ОТБОРА ПРОБ

Аспирационные устройства применяют в зависимости от различных факторов:

- 1) **расхода воздуха** – на малорасходные и высокорасходные;
- 2) **источника энергии** – на сетевые, аккумуляторные, универсальные и ручные;
- 3) **объекта отбора проб** – на устройства для газовых и аэродисперсных примесей;
- 4) **степени автоматизации программы работ** – **ручное управление;**
полуавтоматические; **автоматические**
- 5) **количества одновременно отбираемых проб** – на одноканальные и
многоканальные;
- 6) **условий эксплуатации** – на стационарные, переносные, а также индивидуальные
пробоотборники.

Аппаратура

- Ротационные воздуходувки
- диафрагменные насосы
- Ротаметры
- поплавковый расходомер



Для гравиметрического определения аэрозолей и твёрдых частиц применяют фильтры АФА-ВП,

изготовленные из тонковолокнистого перхлорвинилового волокна. Фильтры имеют небольшую массу и гидрофобны.

- 1) механическая прочность и упругость (эластичность);
- 4) задерживание улавливаемых частиц аэрозоля на поверхности фильтра в таком физическом и химическом состоянии, в каком они находятся в атмосфере
- 2) крайне малая масса (2 – 6 мг/см²);
- 3) незначительная гигроскопичность;
- 5) широкий диапазон рабочих температур
- 6) устойчивость к агрессивным средам;
- 7) лёгкость минерализации и растворения в некоторых веществах.



Прямые сорбционные трубки для отбора паров веществ различной химической природы

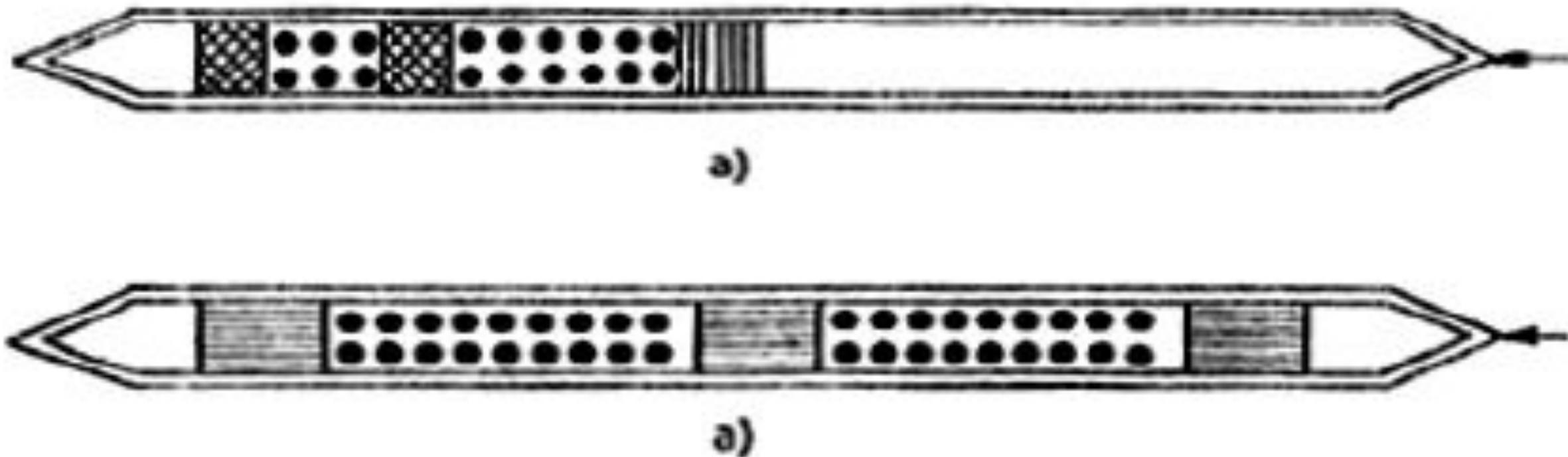


Рис. 2.3. Сорбционные трубки с активным углём для отбора проб

Полнота поглощения

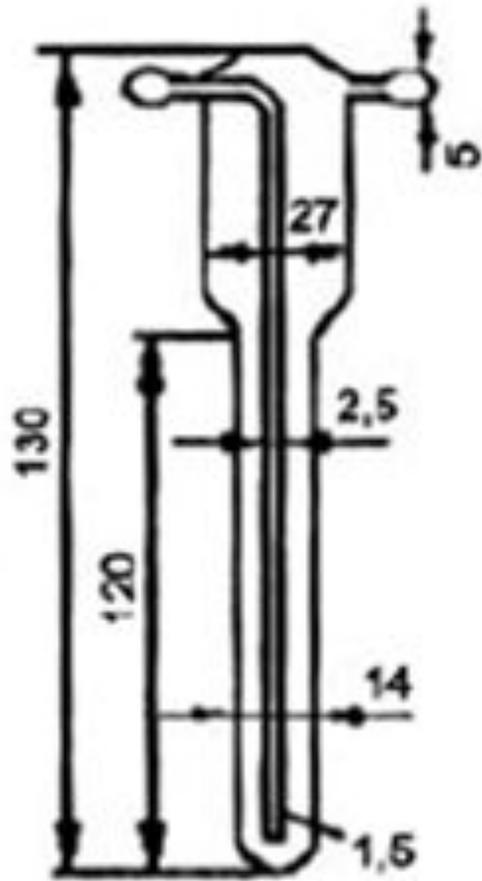


Рис. 2.4. Поглощительный сосуд Зайцева

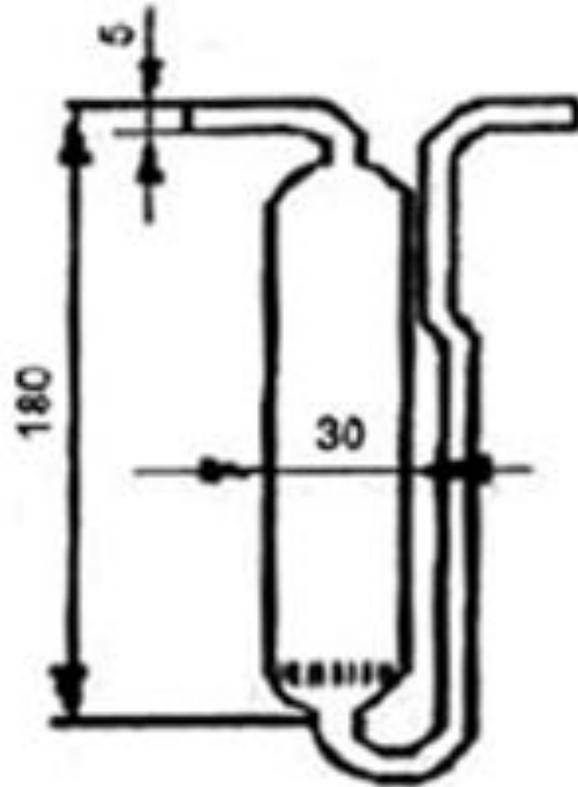
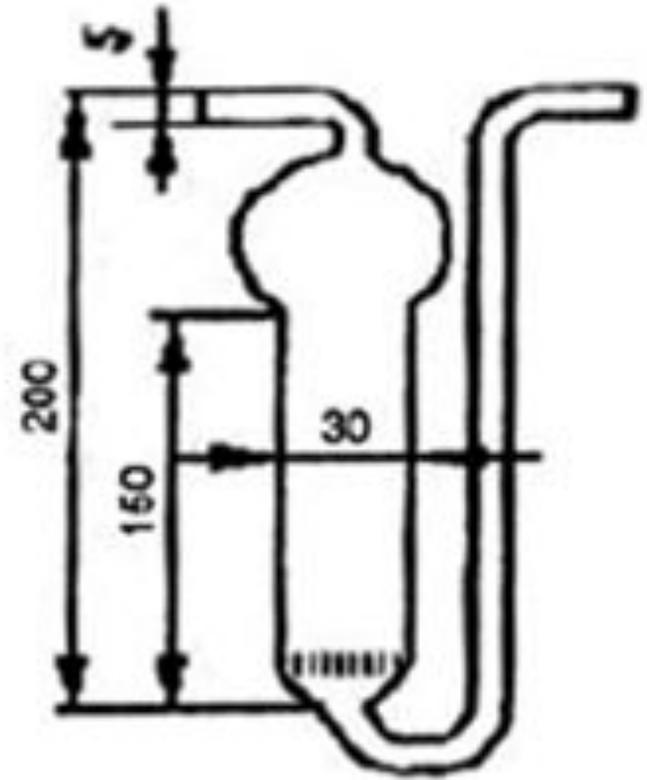


Рис. 2.5. Поглощительные сосуды с пористой пластиной



СТАНДАРТНЫЕ СМЕСИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С ВОЗДУХОМ

Смеси вредных веществ с воздухом должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) **стабильность**, т.е. обеспечение концентрации измеряемого компонента в течение длительных периодов времени;
- 2) **достаточность количества смеси**, довольно много её требуется для градуировки непрерывно действующих газоанализаторов;
- 3) **точность определения состава смеси** должна быть в **3** раза выше точности отградуированного прибора.

Газовые смеси:

технические, технологические (ТГС), поверочные (ПГС), образцовые (ОГС), эталонные (ЭГС) и государственные стандартные образцы (ГСО).

- 
- Для создания смесей, подлежащих хранению и транспортированию, используют серийно выпускаемые поверочные газовые смеси (ПГС) – стандартные образцы состава.
 - Смесей выпускают в баллонах под давлением, в которых дозированы компоненты смесей в различных соотношениях: O₂, H₂, N₂, SO₂, NH₃, CO, CO₂, CH₄, C₃H₈, фреон-12, фреон-114B2 (в качестве нулевого газа используют гелий, аргон, азот, воздух).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Какие нормативные показатели установлены для контроля химического загрязнения воздушной среды? В чём заключаются их различия?
- 2. Как организованы наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в населённых пунктах и в воздухе рабочей зоны?
- 3. Какую аппаратуру и устройства применяют при отборе проб?
- 4. Какие существуют методы концентрирования определяемых веществ при пробоотборе?
- 5. Каким образом необходимо проводить отбор проб аэрозолей?
- 6. Как производится отбор проб воздуха при отрицательных температурах?
- 7. Как производится отбор газовых паров?
- 8. Каковы основные требования к методам аналитического контроля воздуха на содержание вредных примесей?
- 9. Какие физико-химические методы контроля воздушной среды на содержание токсичных ингредиентов наиболее распространены?

Практические задания

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

| Наименование вещества | Класс опасности | ПДК, мг/м ³ | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| | | максимально-разовая ПДК _{м.р.} | среднесуточная ПДК _{с.с.} |
| Азота диоксид NO ₂ | 2 | 0,085 | 0,04 |
| Азота оксид NO | 3 | 0,4 | 0,06 |
| Аммиак | 4 | 0,2 | 0,04 |
| Ацетон | 3 | 0,35 | – |
| Бензин | 4 | 5,0 | 1,5 |
| Ртуть | 1 | – | 0,0003 |
| Сажа | 3 | 0,15 | 0,05 |
| Сероводород H ₂ S | 2 | 0,008 | – |
| Серы диоксид SO ₂ | 3 | 0,5 | 0,05 |
| Углерода диоксид CO | 4 | 5,0 | 3,0 |
| Фенол | 2 | 0,01 | 0,003 |
| Формальдегид | 2 | 0,035 | 0,003 |

Расчет выбросов автомобильного транспорта

Выброс i -го вредного вещества P_i , т, определяется по формуле

$$P_i = q_i l k_1 k_2,$$

где q_i , т/км – удельный выброс i -го вредного вещества автомобилем в зависимости от типа ДВС с учетом картерных выбросов и испарений топлива, определяется по табл. 3.5; l – пробег автомобилей с данным типом двигателя за расчетный период, км; k_1 – коэффициент, учитывающий техническое состояние автомобиля; k_2 – коэффициент, учитывающий возраст автомобиля. Значения k_1, k_2 определяются по табл. 3.4.

Содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ)

| Вредное вещество | Содержание в ОГ ДВС | |
|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | Дизели | Бензиновые |
| Оксид углерода | 0,005–0,5 об. % | 0,25–10 об. % |
| Оксиды азота в пересчете на азот | 0,004–0,5 об. % | 0,01–0,8 об. % |
| Сернистый ангидрид | 0,003–0,05 об. % | – |
| Углеводороды в пересчете на углерод | 0,01–0,5 об. % | 0,27–0,3 об. % |
| Бензапирен | До 10 мкг/м ³ | До 20 мкг/м ³ |
| Сажа | До 1,1 г/м ³ | До 0,4 г/м ³ |
| Соединение свинца | – | Выбрасывается до 85 % соединений свинца (от количества введенного в бензин с ТЭС) |

*Коэффициент влияния среднего возраста автомобилей
и уровня их технического состояния на выбросы вредных веществ
для различных групп заводского автомобильного транспорта*

| Группы автомобилей | k_1 | | | k_2 | | |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
| | Оксид углерода | Угле-водороды | Оксиды азота | Оксид углерода | Угле-водороды | оксиды азота |
| Грузовые и специальные грузовые с бензиновыми ДВС | 1,69 | 1,86 | 0,8 | 1,33 | 1,2 | 1,0 |
| Грузовые и специальные грузовые дизельные | 1,8 | 2,0 | 1,0 | 1,33 | 1,2 | 1,0 |
| Автобусы с бензиновыми ДВС | 1,69 | 1,86 | 0,8 | 1,32 | 1,2 | 1,0 |
| Автобусы дизельные | 1,8 | 2,0 | 1,0 | 1,27 | 1,1 | 1,0 |
| Легковые служебные и специальные | 1,63 | 1,83 | 0,85 | 1,28 | 1,17 | 1,0 |
| Легковые индивидуального пользования | 1,62 | 1,78 | 0,9 | 1,28 | 1,17 | 1,0 |

Значения удельных выбросов вредных веществ автомобильным транспортом q_i , г/км

| Группы автомобилей | Год выпуска | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------------|-------|-------------------------------|-----------------|------|-------------------------------|-----------------|-------|-------------------------------|-----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | 1996 | | | 1997 | | | 1998 | | | 1999 | | | 2000 | | |
| | CO | C _x H _y | NO _x | CO | C _x H _y | NO _x | CO | C _x H _y | NO _x | CO | C _x H _y | NO _x | CO | C _x H _y | NO _x |
| Грузовые, специальные грузовые с бензиновыми ДВС и работающие на сжиженном нефтяном газе (пропан-бутан) | 61,9 | 13,3 | 8 | 60,3 | 13 | 7,7 | 58,7 | 12,7 | 7,4 | 57,1 | 12,3 | 7,1 | 55,5 | 12 | 6,8 |
| Грузовые, специальные грузовые дизельные | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,6 |
| Грузовые, специальные грузовые, работающие на сжатом природном газе | 30 | 10 | 8 | 30 | 10 | 8 | 30 | 10 | 8 | 25 | 8 | 7,5 | 25 | 8 | 7,5 |
| Автобусы с бензиновым ДВС | 57,5 | 10,7 | 8 | 56 | 10,5 | 7,5 | 54,5 | 10,2 | 7,2 | 53 | 9,9 | 6,8 | 51,5 | 9,6 | 6,4 |
| Автобусы дизельные | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 | 15 | 6,4 | 8,5 |
| Легковые служебные и стандартные | 18,7 | 2,25 | 2,7 | 18,2 | 2,09 | 2,58 | 17,7 | 1,93 | 2,47 | 17,1 | 1,76 | 2,36 | 16,5 | 1,6 | 2 |
| Легковые индивидуального пользования | 17,9 | 2,1 | 2,6 | 17,45 | 2 | 2,5 | 17 | 1,9 | 2,4 | 16,55 | 1,75 | 2,3 | 16,1 | 1,6 | 2,19 |

3. Рассчитайте величину выбросов оксида углерода, углеводородов и оксидов азота двух единиц автотранспорта *A* и *B*. Определите суммарный выброс каждой из единиц автотранспорта. Сравните выбросы отдельных загрязняющих веществ и суммарные выбросы для двух единиц автотранспорта *A* и *B*. Данные для расчета приведены в таблице:

| | | | | | | | | |
|-------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Тип авто А | авто-бус | л/а инд. | л/а инд. | груз. | л/а инд. | груз. | груз. | груз. |
| Тип двигателя А | дизель | бензин | бензин | дизель | бензин | дизель | бензин | дизель |
| Пробег А, тыс. км | 80 | 180 | 50 | 250 | 190 | 320 | 260 | 320 |
| Год выпуска А | 2000 | 1997 | 1996 | 1998 | 1999 | 1998 | 2000 | 1998 |
| Тип авто Б | авто-бус | л/а служ. | л/а служ. | груз. | груз. | авто-бус | авто-бус | груз. |
| Тип двигателя Б | бензин | бензин | бензин | бензин | бензин | дизель | бензин | дизель |
| Пробег Б | 80 | 180 | 50 | 250 | 190 | 320 | 260 | 320 |
| Год выпуска Б | 2000 | 1997 | 1996 | 1998 | 1999 | 1998 | 2000 | 2000 |
| № варианта | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Тип авто А | груз. | л/а инд. | груз. | груз. | л/а инд. | л/а инд. | груз. | л/а инд. |
| Тип двигателя А | бензин | бензин | дизель | бензин | бензин | бензин | дизель | бензин |
| Пробег А, тыс. км | 200 | 220 | 420 | 360 | 240 | 150 | 350 | 390 |
| Год выпуска А | 2000 | 1998 | 2000 | 1997 | 1998 | 1999 | 1999 | 1998 |
| Тип авто Б | груз. | груз. | авто-бус | авто-бус | л/а служ. | л/а служ. | груз. | груз. |
| Пробег Б | 200 | 220 | 420 | 360 | 240 | 150 | 350 | 390 |
| Год выпуска Б | 2000 | 2000 | 2000 | 1997 | 1998 | 1999 | 1999 | 1998 |

Расчет выбросов в атмосферу при горении нефтепродуктов

Удельные выбросы загрязняющих веществ
к единице массы сгоревших нефтепродуктов

| Наименование нефтепродукта | Удельный выброс загрязняющего вещества к единице массы сгоревших нефтепродуктов, кг/кг или т/т | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | Оксид углерода, CO | Диоксид углерода, CO ₂ | Сероводород H ₂ S, серы (в пересчете на SO ₂) | Оксид серы SO ₂ | Оксиды азота (в пересчете на NO ₂) | Сажа | Углеводороды | Бензапирен |
| Бензин | 0,85 | 1,35 | 0,001 | 0,0012 | $1,51 \cdot 10^{-2}$ | $20 \cdot 10^{-3}$ | $60 \cdot 10^{-3}$ | $6,1 \cdot 10^{-8}$ |
| Керосин | 0,87 | 1,41 | 0,001 | | $2,61 \cdot 10^{-2}$ | $24 \cdot 10^{-3}$ | $50 \cdot 10^{-3}$ | $6,9 \cdot 10^{-8}$ |
| Нефть | 0,87 | 1,48 | 0,001 | 0,0278 | $6,9 \cdot 10^{-3}$ | $28 \cdot 10^{-3}$ | $30 \cdot 10^{-3}$ | $7,6 \cdot 10^{-8}$ |
| Дизельное топливо | 0,87 | 1,41 | 0,001 | 0,0047 | $2,61 \cdot 10^{-2}$ | $24 \cdot 10^{-3}$ | $50 \cdot 10^{-3}$ | $6,9 \cdot 10^{-8}$ |
| Мазут | 0,9 | 1,49 | 0,001 | 0,0345 | $6,9 \cdot 10^{-3}$ | $30 \cdot 10^{-3}$ | $20 \cdot 10^{-3}$ | $7,6 \cdot 10^{-8}$ |

Масса выброса (M_i) каждого загрязняющего вещества при неконтролируемом горении определяется по формуле

$$M_i = q_i M_c, \quad (3.5)$$

где i – загрязняющее вещество (CO и др.); q_i – удельный выброс, кг/кг или т/т; M_c – масса сгоревших нефти и/или нефтепродукта, кг или т.

Суммарное количество поглощенных, но не сгоревших нефти и/или нефтепродуктов в тоннах подсчитывается по формуле

$$M_{\text{погл}} = Fhc\rho_r, \quad (3.6)$$

где F – площадь почвы и грунта, пропитанного нефтепродуктами, м^2 ; h – глубина, на которую почва и грунт пропитаны нефтью и/или нефтепродуктами, м ; c – средняя концентрация нефти или нефтепродуктов в почве и грунте, г/кг ; ρ_r – плотность грунта, кг/м^3 .

Сгоревшая масса определяется как разность потерянных и поглощенных почвой нефти и/или нефтепродуктов:

$$M_c = M_n - M_{\text{погл}}. \quad (3.7)$$

Сгоревшая масса нефти и нефтепродуктов M_c , потерянная в известном количестве в результате разлива на водной поверхности, определяется как разность потерянных M_n и несгоревших M_n нефти и/или нефтепродуктов в тоннах:

$$M_c = M_n - M_{\text{погл}}. \quad (3.8)$$

Масса несгоревшей нефти определяется с учетом площади разлива, толщины несгоревшего слоя и плотности:

$$M_n = Fh_1\rho_n, \quad (3.9)$$

где F – площадь, занимаемая разлитыми нефтью и/или нефтепродуктом, м^2 ; h_1 – толщина слоя несгоревших нефти и/или нефтепродуктов, мм ; ρ_n – плотность нефти и/или нефтепродуктов, кг/м^3 .

При горении на водной подстилающей поверхности по окончании горения нефти и/или тяжелых нефтепродуктов остается слой толщиной 2 мм.

В случае когда потери нефти и/или нефтепродуктов неизвестны, сгоревшая масса в тоннах определяется по скорости выгорания слоя нефти и/или нефтепродуктов и площади пожара, с поправкой на скорость ветра:

$$M_c = 0,06UF\rho_n tW / 3, \quad (3.10)$$

Скорость выгорания и плотность нефтепродуктов

| Нефтепродукты | Скорость выгорания, 10^5 м/с | Плотность топлива, кг/м ³ |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Бензин | 6,5 | 560–800 (680) |
| Керосин | 6,1 | 650–920 (780) |
| Мазут | 3,7 | 890–1000 (950) |
| Нефть | 2,7 | 730–1040 (880) |
| Дизельное топливо | 6,1 | 650–920 (780) |

Пример

Загорелся бак с бензином. Сгорело 55 т бензина. Определить массу выброшенного в атмосферу:

- оксида углерода (CO);
- диоксида азота (NO₂);
- углеводородов.

Решение. Используя формулу (3.3) и данные табл. 3.3, получим следующие выражения для расчета выбросов:

$$M_{CO} = q_{CO} M_c = 0,855 \cdot 55 = 44,75 \text{ т},$$

$$M_{C_2H_6} = q_{C_2H_6} M_c = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 55 = 3,30 \text{ т},$$

$$M_{NO_2} = q_{NO_2} M_c = 1,51 \cdot 10^{-2} \cdot 55 = 0,83 \text{ т}.$$

4. Загорелся бак с бензином ёмкостью 5000 м^3 . Пожар был потушен. Определите массу выброшенного в атмосферу:

- а) диоксида серы (SO_2);
- б) сероводорода (H_2S);
- в) диоксида азота (NO_2);
- г) бензапирена;
- д) сажи;
- е) оксида (CO) и диоксида углерода (CO_2);
- ж) углеводородов.

Данные для расчета приведены в таблице:

| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------|----|----|----|----|----|
| $M_c, \text{ т}$ | 30 | 45 | 50 | 40 | 35 |