

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания к выполнению
практической работы по дисциплине «Экология»
для студентов очной и заочной форм обучения

Казань 2019

УДК 504
ББК 20.1
Ш -25

Ш - 25 Расчет загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий. Методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Экология» для очной и заочной форм обучения /Сост.: А.В.Шарафутдинова, В.Ю.Осипова, Казань: КГАСУ, 2019. - 48 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методическом указании рассмотрены теоретические основы рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и методика расчета с заданиями для проведения практических занятий со студентами по расчету загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий для направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 23.03.01 «Технология транспортных процессов», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 38.03.10 «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент КГАСУ
Д.М.Нуриева

© Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2019
© Шарафутдинова А.В., Осипова В.Ю., 2019

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Цель занятия: освоение методики расчета приземной концентрации вредных веществ и их рассеивания в атмосфере.

Задачи работы: 1) ознакомление с классами опасности различных производств; 2) расчет максимальной приземной концентрации для различных вредных веществ; 3) определение размеров санитарно-защитных зон предприятий в зависимости от класса опасности и характера местности.

Общие положения

1. Классификация выбросов вредных веществ в атмосферу и их источников

Основные источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на естественные (природные) и искусственные (антропогенные). К естественным относятся: извержение вулканов, пыльные бури, лесные и степные пожары, туманы, частицы морской воды, тонкий песок пустынь и пыль от эрозии почвы, различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Естественные источники загрязнений носят либо распределенный, либо кратковременный стихийный характер и мало влияют на общий уровень загрязнения.

Главные и наиболее опасные источники загрязнения атмосферы – антропогенные. Антропогенные источники делятся на стационарные (трубы промышленных предприятий) и передвижные (главным образом автотранспорт).

В действующей природоохранной нормативно-технической документации в области защиты атмосферы от загрязнения приняты следующие понятия.

Источник загрязнения атмосферного воздуха – производство, технологический процесс или операция, в ходе которых образуются или выделяются загрязняющие вещества.

Источник выделения – технологический агрегат, выделяющий в процессе эксплуатации загрязняющие вещества. Примерами источников выделения являются установка, устройство, оборудование – котел, станок, сварочный аппарат, открытый склад.

Источник выброса – устройство, при помощи которого осуществляется выброс вредных веществ в атмосферу (дымовая труба ТЭЦ или котельной, аэрационный фонарь на здании, вентиляционная шахта).

Выброс – кратковременное или за определенное время (сутки, год) поступление загрязняющих веществ в окружающую среду. Величина выбросов нормируется. В качестве нормируемых показателей приняты ПДВ. Кроме нормируемых, существуют также аварийные и залповые выбросы (они не нормируются).

Единой общепризнанной классификации источников выбросов, так же как и единой классификации выбросов, не существует. Выбросы классифицируются по различным признакам.

По агрегатному состоянию выбросы бывают:

- газообразные и парообразные;
- жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей);
- твердые (пыль, сажа, соединения свинца).

Также выбросы можно разделить на парогазовые и аэрозольные. Парогазовые выбросы – смесь газов, не несущих в себе твердых или жидких взвешенных частиц. Аэрозольные выбросы – смесь газов, несущая твердые и жидкие взвешенные частицы.

По режиму работы:

а) непрерывного действия - источники, работающие продолжительное время с мало изменяющейся интенсивностью. К ним относятся выбросы от постоянно действующих технологических установок, местные отсосы вытяжной вентиляции, общеобменная вытяжка и др.;

б) периодического действия - работающие непродолжительное время с перерывами. Это периодически включаемые местные отсосы, продувки аппаратов;

в) залповые - в короткий промежуток времени в воздух удаляется большое количество вредных веществ, которые распространяются в виде облака или стелющегося потока. Такие выбросы чаще всего происходят при аварийных ситуациях, нарушениях технологического процесса, при которых в результате внезапного резкого повышения температуры и давления из аппарата выбрасывается продукт;

г) мгновенные, когда выброс происходит в доли секунды на некоторую высоту. Загрязняющие вещества при таких выбросах распространяются в виде облака.

По дальности распространения:

а) внутриплощадочные источники, когда выбрасываемые в атмосферный воздух загрязняющие вещества при их рассеивании создают высокие концентрации только на территории промышленной площадки.

Это сравнительно маломощные вентиляционные выбросы общеобменной вентиляции и некоторые источники выбросов местной вытяжной вентиляции;

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. К этой группе относится подавляющее большинство выбросов от технологического оборудования, содержащих значительное количество вредных веществ, удаляемых через высокие трубы.

По организации отвода и контроля промышленные выбросы бывают:

- организованные (контролируемые), они поступают в атмосферу через специально сооруженные трубы, газоходы, воздухопроводы, аэрационные фонари на зданиях и вентустановки в оконных проемах, что позволяет применять для улавливания вредных веществ соответствующее оборудование;

- неорганизованные (неконтролируемые), поступают в атмосферу в виде ненаправленных потоков загрязняющих веществ; могут возникать за счет негерметичности оборудования и газоходов; из-за испарения с открытой поверхности жидкости; могут осуществляться через оконные и дверные проемы или непосредственно от источников выделения (сварочные посты, открытые склады, погрузочно-разгрузочные узлы и т.п.). Их, как правило, не очищают, поэтому контроль очень затруднен.

Выбросы также делятся на технологические и вентиляционные.

К технологическим относят выбросы технологических процессов (дымовых труб и т.п.), выбросы при продувке технологического оборудования, постоянно действующие дыхательные трубы, периодически действующие предохранительные клапаны. Данный тип выбросов характеризуется высокой концентрацией вредных веществ при относительно небольшом объеме газовоздушной смеси.

К вентиляционным выбросам относят выбросы общеобменной и местной вытяжной вентиляции.

Выбросы общеобменной вентиляции характеризуются большими объемами газозвдушной смеси, но низкими концентрациями вредных веществ. Объемы этих выбросов бывают настолько велики, что валовое количество вредных веществ, содержащихся в них, часто превышает количество веществ в технологических выбросах. Поэтому в настоящее время появилась настоятельная необходимость в разработке современных методов и средств очистки не только технологических, но и вентиляционных выбросов.

Технологические выбросы и выбросы местной вытяжной вентиляции должны проходить предварительную очистку в пылегазоочистных аппаратах.

Источники выбросов классифицируются следующим образом.

Стационарный источник имеет постоянное место в пространстве относительно системы координат (например, труба котельной).

Передвижной источник – источник, не имеющий постоянного места на территории предприятия (например, транспортные средства, электро-сварка и т.п.).

По характеру происходящих в них технологических процессов различают топочные устройства, сушильные агрегаты, различные печи и т.д.

По перепаду температур между выбросом и окружающей средой источники делятся на нагретые (горячие) и холодные.

По температуре газозвдушной смеси, поступающей в атмосферный воздух:

а) сильно нагретые при ΔT больше 100°C (ΔT – разница между температурами газозвдушной смеси и окружающего воздуха). Это дымовые газы, горящие факелы, выбросы из сушилок и др.;

б) нагретые – при $20^\circ\text{C} < \Delta T < 100^\circ\text{C}$;

в) слабонагретые – при $5^\circ\text{C} < \Delta T < 20^\circ\text{C}$;

г) изотермические – при $\Delta T = 0^\circ\text{C}$;

д) охлажденные – при $\Delta T < 0^\circ\text{C}$.

По степени централизации:

а) централизованные, при которых загрязненный воздух собирается в одну или две трубы. Высокие централизованные выбросы обеспечивают чистоту атмосферного воздуха на площадке предприятия и хорошее рассеивание загрязняющих веществ в высоких слоях атмосферы;

б) децентрализованные – от каждого агрегата устраивается самостоятельный выброс. Речь идет о невысоких трубах, выбросах через воз-

душки от аппаратов и емкостей, утечках через неплотности оборудования и коммуникации и др.

По геометрическим параметрам и форме выбросного устройства источники бывают:

точечные – выбросы загрязнителей происходят в одном узко сосредоточенном месте, имеющем сопоставимые по размерам длину и ширину (дымовая труба, вентшахта). При рассеивании в циркуляционной зоне вредные вещества не накладываются одно на другое на расстоянии высот здания от заветренной стороны;

линейные – имеют значительную протяженность (аэрационные фонари на зданиях, технологические линии, ряд близко расположенных источников загрязнения), выбросы из которых накладываются один на другой на расстоянии от заветренной стены здания менее двух его высот;

поверхностные (площадные или плоские) – выбрасывают загрязняющие атмосферу вещества с установленной площади, например, склад пылящих материалов.

По месту расположения:

а) *высокие*, находящиеся в зоне недеформированного ветрового потока. К ним относятся высокие трубы, а также точечные источники, которые удаляют загрязнения на высоту, превышающую 2,5 высоты здания;

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. К этой группе относятся открыто расположенное технологическое оборудование, имеющее много разъемных соединений или запорной и регулирующей арматуры; аппараты, у которых полости периодически сообщаются с атмосферой; колодцы производственной канализации; пролитые токсические вещества и др.

В зависимости от высоты устья источника выброса над уровнем земли источники делят на четыре класса:

- высокие ($H \geq 50$ м);
- средней высоты ($10 < H < 50$ м);
- низкие ($2 < H < 10$ м);
- наземные ($H < 2$ м).

Теоретические основы рассеивания выбросов

Когда отходящие газы покидают дымовую трубу и поступают в атмосферу, на них начинают воздействовать внешние условия - метеорологические (давление, температура, скорость и направление движения воздуха), расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ и т. п. (рис. 1).

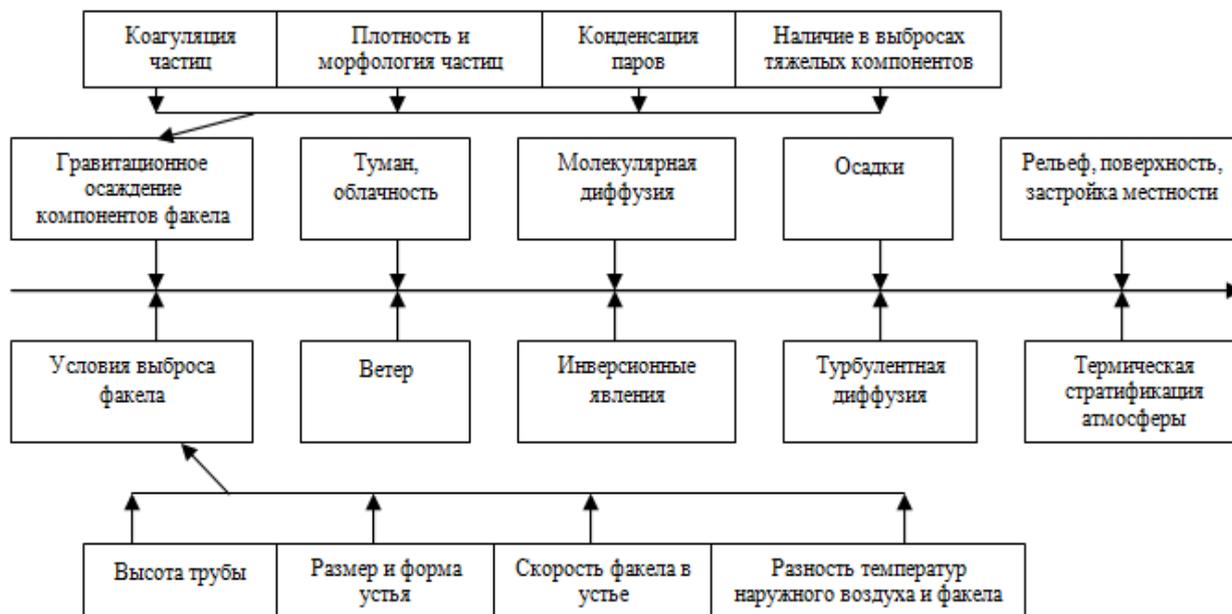


Рис. 1. Схема факторов, влияющих на рассеивание выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Все эти факторы влияют на распространение дыма от трубы и перенос загрязняющих веществ на дальние расстояния. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное - распределением температур в вертикальном направлении. Прогнозирование поведения факела в атмосфере - крайне сложная физико-математическая задача, решение которой затрудняется еще и тем, что в атмосфере процессы нестабильны и могут очень быстро изменяться во времени.

Основной эффект рассеивания может достигаться за счет молекулярной и турбулентной диффузии, обеспечивающей одинаковое течение процесса переноса тепла, вредных газов, мелких аэрозолей, водяных паров и т. д. Роль молекулярной диффузии в рассеивании пренебрежительно мала; основную роль играет турбулентная диффузия. Она вызывается двумя группами факторов: динамическими и термическими. Первые связаны с

движением воздушных масс независимо от распределения температур. В нижних слоях атмосферы динамическая диффузия возникает или усиливается за счет макронеровностей рельефа, высокой плотности растительности или искусственных сооружений. Термическая диффузия связана с градиентами температур воздуха по высоте. В большинстве случаев атмосферная диффузия имеет комплексную природу, т.е. турбулентность создается как термическими, так и динамическими факторами. Существует несколько теорий турбулентной диффузии в атмосфере, однако ни одна не дает более или менее точного количественного описания процесса рассеивания.

В соответствии с теорией массопереноса рассеивание в общем виде описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{\partial C}{\partial \tau_0} + \left(u \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \left(v \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left(w \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (a)$$

где $\frac{dC}{d\tau}$ - производная по времени концентрации загрязнителя в точке с координатами x, y, z ; $\frac{\partial C}{\partial \tau_0}$ - градиент по времени концентрации загрязнителя в точке с координатами $x = y = z = 0$ (это может быть центр устья трубы или точка, учитывающая возвышение факела над устьем, или вообще какая-либо точка, которую в данном случае целесообразно принять за начало координат); u, v, w - скорости распространения загрязнителя вдоль осей x, y, z ; $\frac{\partial C}{\partial x}, \frac{\partial C}{\partial y}, \frac{\partial C}{\partial z}$ - градиенты концентраций загрязнителя по отношению к осям координат.

Уравнение составлено в трехмерной системе координат, причем ось x совпадает с направлением основного движения факела, ось y - горизонтальна и перпендикулярна к оси x , ось z - вертикальна. Положение осей иллюстрируется рисунком 2.

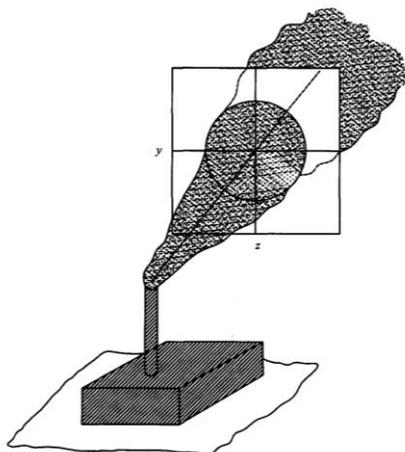


Рис.2. Факел выбросов в осях координат $x-y-z$

Толкование уравнения неоднозначно. Некоторые исследователи отождествляют величину и со скоростью ветра и считают, что вектор и совпадает с вектором-скоростью ветра. Другие располагают вектор и по оси факела. И то и другое - частные случаи.

В рассматриваемой зоне ветер может дуть не горизонтально, а с наклоном вверх или вниз; ось факела может на довольно значительном участке не совпадать с общим направлением ветра. Ряд трудностей связан с определением градиентов концентраций вдоль осей координат. Тем не менее уравнение позволяет в первом приближении качественно оценить условия выброса и распространения факела. Градиент может иметь знак плюс - если на протяжении данного отрезка времени выброс возрастает, знак минус - если выброс уменьшается, или быть равным нулю - при стабильном во времени выбросе. Остальные градиенты всегда имеют знак минус, поскольку по мере удаления от источника выброса концентрация загрязнителя всегда падает.

Поскольку градиенты концентрации вдоль осей координат сами по себе непостоянны во времени, необходимо ввести в уравнение вторые производные, после чего оно принимает следующий вид:

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{\partial C}{\partial \tau_0} + \frac{\partial}{\partial \tau} \left(u \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \left(v \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left(w \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (б)$$

Очевидно, что если $\frac{\partial C}{\partial \tau_0}$ имеет знак плюс и при этом

$$\frac{\partial C}{\partial \tau_0} \geq \frac{\partial}{\partial \tau} \left(u \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \left(v \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left(w \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (в)$$

то концентрация загрязнителя в данной точке возрастает; при обратном соотношении она снижается. Концентрация остается неизменной, если

$$\frac{\partial C}{\partial \tau_0} = \frac{\partial}{\partial \tau} \left(u \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \left(v \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \left(w \frac{\partial C}{\partial z} \right). \quad (г)$$

или если условия рассеивания в точности компенсируют изменения величины $\frac{\partial C}{\partial \tau_0}$. Однако последнее крайне маловероятно на практике.

Принципиальная разница между правой и левой частями уравнений состоит в том, что абсолютная величина и знак левой части определяются режимом источника выброса и, таким образом, поддаются контролю и управлению. Величина и знак правой части определяются только условиями рассеивания.

Решение приведенных здесь первичных уравнений рассеивания связано с очень большими трудностями. Говоря формально, они могут быть решены для условий, существующих в единственный данный момент времени. Но такое решение не имеет никакой практической ценности.

Практически приемлемое решение возможно на базе ряда упрощений и усреднений. Рассмотрим влияние некоторых факторов на процесс рассеивания.

Влияние метеорологических факторов на рассеивание примесей в атмосфере

Общая метеорологическая ситуация - важнейший фактор, определяющий поведение выбросов в атмосфере. Она должна тщательно анализироваться еще при решении вопроса о месте размещения нового промышленного предприятия или развитии (реконструкции) существующего. До сих пор такой анализ производится не в полном объеме и нередко с ошибочными выводами. К анализу очень часто не привлекаются специалисты-метеорологи, не рассматриваются возможные изменения микроклимата в связи с хозяйственной деятельностью. Результат - непрогнозируемое загрязнение атмосферы в селитебных зонах. Лишь в последние годы внимание к изложенному вопросу несколько усилилось. Что же касается ранее построенных предприятий, то ошибки приходится исправлять, оснащая предприятия все более крупными и мощными газоочистительными сооружениями.

Особо следует выделить вопрос о так называемых технологических резервах. Например, можно соорудить электрофильтр с пятью-шестью последовательными электрическими полями, но обычно держать в работе три или четыре поля, остальные же включать при ухудшении условий рассеивания или при нежелательном изменении направления ветра. Такие решения являются альтернативой снижению мощности предприятия в аналогичных ситуациях. Экономически они в большинстве случаев выгодны, поскольку требуют сравнительно небольшого увеличения капитальных затрат, но зато гарантируют устойчивую работу основного производства независимо от погодных факторов.

Метеоусловия оказывают существенное влияние на перенос и рассеивание примесей в атмосфере. Наибольшее влияние оказывает режим ветра и температуры (температурная стратификация), осадки, туманы, солнечная радиация.

Основными процессами, обеспечивающими перемешивание воздуха в нижней атмосфере, являются: 1) температурный градиент и 2) механическую турбулентность, связанная с взаимодействием ветра с подстилающей поверхностью.

Картина общей метеорологической ситуации в данной местности складывается из следующих элементов.

Ветер. Направление и скорость движения ветра не остаются постоянными. Вследствие этого меняется степень загрязнения. Зависимость концентрации загрязняющих веществ от направления движения ветра имеет важное значение при решении вопросов размещения промышленных предприятий в плане города и выделения промышленной зоны. При выборе площадки для строительства предприятий необходимо учитывать среднегодовую и сезонную розу ветров.

Скорость движения ветра возрастает с увеличением перепада атмосферного давления. У поверхности земли скорость движения ветра больше днем, а на высоте - ночью. Неоднократно предпринимались попытки выявить зависимость между содержанием вредных веществ в городском воздухе и скоростью движения воздуха. При выбросах из низких источников наибольшее загрязнение наблюдается при слабых ветрах в пределах 0-1 м/с, при выбросах из высоких источников максимальная концентрация загрязнения наблюдается при опасных скоростях движения ветра в пределах 3-6 м/с в зависимости от скорости выхода газозооной смеси из устья источника.

Осадки. Осадки, в общем, способствуют удалению загрязнителей из атмосферы. Однако есть обратная сторона: дождь переносит загрязнители из атмосферы в почву, водоемы и на растительность, а также на искусственные сооружения. Особенно опасен захват дождевыми каплями химически агрессивных компонентов выбросов. Такие дожди медленно, но разрушительно действуют на всё, расположенное на земной поверхности. Из-за отсутствия надежных критериев для оценки захвата дождевыми каплями химически агрессивных веществ этот фактор не учитывается при расчете рассеивания. Однако контакт дождя с выбросами является реальным физическим процессом и, в принципе, поддается количественному расчету. Практически следует ориентироваться на годовое (сезонное) количество осадков и их характер. Наиболее активно контактируют с выбросами дождевые капли размером 1000-3000 мкм. Это - дожди средней интенсивно-

сти, не ливневые и не морозящие. Снег тоже захватывает выбросы, но значительно слабее дождя.

Длительные и плотные туманы. Туманы свидетельствуют о застойных явлениях в приземном слое. Они являются неблагоприятным метеорофактором. Во-первых, они способствуют образованию температурных инверсий, во-вторых, могут быть причиной образования смога - смеси естественного тумана с летучими промышленными выбросами. Известны многочисленные случаи, когда устойчивый смог приводил к трагическим последствиям для населения, например, печально знаменитый лондонский смог.

Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере с образованием различных вторичных продуктов, обладающих часто более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов. Например, происходит окисление сернистого газа с образованием сульфатных аэрозолей.

Температурная стратификация атмосферы. Температурная стратификация атмосферы определяет одно из ее состояний: неустойчивое, безразличное и устойчивое. Для рассеивания наиболее благоприятно неустойчивое состояние, сопровождаемое интенсивным перемешиванием воздушных объемов в вертикальном направлении. При безразличном состоянии рассеивание заметно ухудшается. Наиболее неблагоприятным является устойчивое состояние - инверсия.

Рассмотрим понятие «инверсия». В тропосфере с увеличением высоты температура обычно понижается (в среднем на 4-8°C на 1 км). Однако в нижних слоях атмосферы (до 1-2 км) температура может повышаться с увеличением высоты в течение более или менее существенных периодов времени, т. е. холодный воздух «подтекает» под теплый. Этот эффект называется инверсией (рис.3.). Инверсия - сложное явление, рассматриваемое в специальной метеорологической литературе. При инверсии каждый элементарный объем воздуха с содержащимися в нем загрязнителями совершает лишь незначительные вертикальные колебания, оставаясь в диапазоне высот до 500-600 м. В результате загрязняющие вещества накапливаются над землей. Образованию инверсий способствуют штили, плотные туманы, густая низкая облачность, холодная, покрытая снегом почва. Опасны горные долины и ложбинные места. Инверсионные явления, связанные с охлаждением и оседанием воздушных масс, нередко возникают над крупными водоемами.

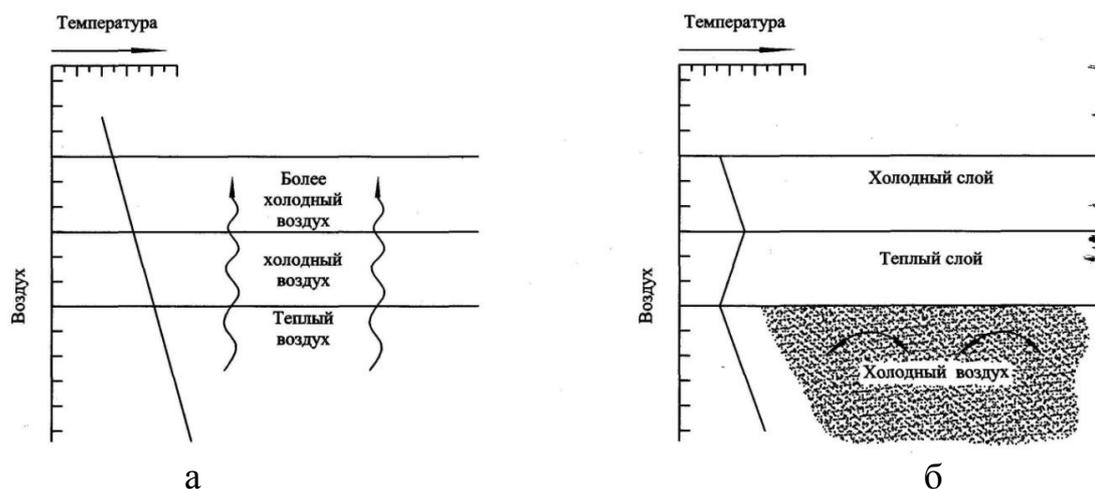


Рис.3. Распределение температуры по высоте:
 а – нормальное распределение; б – инверсия

Для учета этого фактора необходимо располагать общей характеристикой данного района с точки зрения возможности возникновения инверсий, их повторяемости и длительности. Недостаточное внимание к информации такого рода приводит к отрицательным, а иногда и катастрофическим последствиям. Не следует думать, что инверсия - явление редкое и исключительное. В Лос-Анжелесе инверсии случаются в среднем до 270 раз в году, причем около 60 из них сопровождаются совершенно недопустимой концентрацией вредных примесей в атмосфере. Инверсии, в том числе сопровождаемые смогом, наблюдаются и в ряде городов России, насыщенных промышленными предприятиями.

Различают приземную и приподнятую инверсии. Приземные инверсии характеризуются отклонениями непосредственно у поверхности земли, приподнятые - появлением более теплого слоя воздуха на некоторой высоте относительно земли.

Инверсии имеют локальный характер, поэтому в местах, где намечается строительство, необходимо проводить тщательные исследования, определяющие вероятность частоты инверсии, повторяемость, характер, мощность. Данные об инверсии должны учитываться при определении высоты трубы, через которую выбрасываются вредные вещества. Основной выброс должен производиться выше инверсионного слоя.

Инверсии всегда опасны, хотя степень их опасности различна. В зимнее время возможно сочетание приземной инверсии с оседанием холодного воздуха из верхних слоев атмосферы. В результате возникает единый инверсионный слой большой мощности, практически исключая рассеивание выбросов.

Наиболее опасными условиями загрязнения воздуха являются:

1) для высоких источников:

приподнятая инверсия, нижняя граница которой находится над источником выбросов, что увеличивает максимальную приземную концентрацию на 50-100%;

- приземная инверсия, когда высота трубы выше инверсионного слоя, сочетающаяся наличием штилевого слоя, расположенного ниже источника выбросов, когда на уровне выбросов скорость движения ветра в 1,5-2 раза превышает величину скорости выбросов;

2) для низких источников:

- сочетание приземной инверсии со слабым ветром;
- сочетание приподнятой инверсии, расположенной непосредственно над источником, со слабым ветром при холодных выбросах.

Характерное для инверсий распространение выбросов в приземном слое показано на рисунке 4.

Существуют различные формулы для оценки загрязнения воздуха в инверсионной области, однако их практическое использование затруднительно, поскольку для этого требуется достаточно точно знать вид инверсии, ее глубину и происхождение.



Рис. 4. Зависимость типов дымовых хвостов от температурного градиента по вертикали

Влияние характеристики местности на рассеивание

Естественная специфика местности определяется следующими параметрами.

Рельеф местности. Неровности рельефа при отсутствии инверсий и наличии ветра в общем благоприятны для рассеивания выбросов, поскольку они способствуют вертикальной турбулентности атмосферы. Резко выраженные топографические особенности (высокие холмы и складки, глубокие долины) способны вызвать сильные вертикальные флуктуации воздуха, которые тем значительнее, чем больше скорость ветра. Вместе с тем особенности рельефа необходимо рассматривать в увязке с суточными колебаниями температуры. Например, когда долина нагревается солнцем, воздух поднимается вверх по ее склонам и вновь опускается в центре долины. При вечернем охлаждении воздушные потоки устремляются по склонам вниз, и при наличии в долине источника выбросов там могут возникнуть очень высокие местные концентрации вредных компонентов. Описанное явление особенно важно иметь в виду в местности с малооблачной погодой и высокой повторяемостью типичных суточных температурных изменений. Что касается горных районов, то в них движение воздуха носит сложный характер и в каждом случае должно изучаться особо, с обязательным привлечением специалистов-метеорологов.

Другим аспектом влияния является тот факт, что направление и сила ветровых потоков в приземном слое атмосферы на холмистой местности может значительно отличаться от ветра в свободной атмосфере над возвышенностями. Отсюда можно заключить, что при строительстве новых объектов в районах со сложным рельефом, для которых имеются только данные о направлении движения ветра в свободной атмосфере, на стадии проектирования необходимы специальные исследования.

Лесные массивы. Лесные массивы, оказывая влияние на распространение выбросов, в то же время сами требуют защиты от атмосферных загрязнений. В определенной мере лес служит фильтром, задерживающим распространение аэрозольных частиц в самой нижней части приземного слоя. Однако фильтрующая роль леса невелика. Несколько большее значение имеет тот факт, что при ветре лес, особенно густой и высокий, способствует вертикальной турбулизации воздуха. Как объект защиты лес требует к себе избирательного внимания. Так, характерные для алюминиевых заводов выбросы фтористого водорода губят хвойные деревья в радиусе десятков километров. Некоторые породы гибнут при частом выпадении упоминавшихся ранее кислотных дождей.

Крупные водоемы. Крупные водоемы обладают значительной термической инерционностью, чем и определяется их влияние на поведение воз-

душных масс. При резком похолодании после теплой погоды над водоемами происходит восходящее движение воздуха, при резком потеплении: картина обратная. Влияние широкого водного пространства хорошо прослеживается, например, в Новороссийске. Там по одну сторону Цемесской бухты расположены цементные заводы, по другую - основная, жилая часть города. При неблагоприятном направлении ветра выбросы движутся в сторону города. Над акваторией бухты они оседают и при подходе к городу оказываются в самых нижних слоях атмосферы.

Общий характер земной поверхности. Общий характер земной поверхности, независимо от наличия на ней четко выраженных неровностей рельефа и других местных особенностей, оказывает определенное воздействие на состояние атмосферы и поведение летучих выбросов. Степень воздействия может быть сравнительно охарактеризована через коэффициенты шероховатости, представленные ниже:

Таблица 1

Вид поверхности	Коэффициент шероховатости
Ровная, гладкая (лед, плотный снежный покров, оголенная почва)	1
Луга с травами высотой: до 1 см	100
Луга с травами высотой: до 5 см	1000-2000
Луга с травами высотой: до 60 см	4000-9000
Растительный покров максимальной высоты (лес)	14 000

Шероховатость вызывает флуктуации скорости ветра. Но масштабы флуктуации не связаны прямой зависимостью с коэффициентами шероховатости и изменяются значительно слабее последних. Практически важную турбулизацию атмосферы может вызвать только высокий и достаточно плотный лес.

Влияние искусственных сооружений на рассеивание

Искусственные сооружения пренебрежимо мало влияют на распространение выбросов, если расположены достаточно далеко. Что касается предприятий, то на них действуют свои закономерности, связанные со способами вывода выбросов в атмосферу (через низко расположенные вентиляционные отверстия, фонари и т. д.). Рассмотрим некоторые вопросы проектирования газоочистки в условиях крупных населенных пунктов (городов), особенно с плотной застройкой.

В городе аэродинамический режим носит весьма сложный характер. Считается, что местные турбулентности над территорией города прослеживаются до высоты, равной в среднем трехкратной высоте зданий. Крупный город имеет свой тепловой микрорежим, отличный от окружающей местности. Рассматривать обычными способами рассеивание примесей от предприятия, расположенного внутри городского массива, можно лишь в случае очень высокого выброса, гарантирующего, что зона максимальной концентрации в приземном слое всегда будет за городской чертой. Но строительство высоких дымовых труб в черте города обычно находится в противоречии с архитектурными требованиями и вызывает категорические возражения со стороны градостроительных служб. Если в результате этого эффект рассеивания не может фигурировать как один из критериев, его необходимо компенсировать особо высокой степенью очистки выбросов в газоочистительных сооружениях. Но это часто наталкивается на другую проблему: стесненность промплощадок, особенно на предприятиях старой постройки (в свое время они сооружались далеко за границами города, но затем постепенно были обстроены городскими кварталами).

В крупных городах формируется свой микроклимат, существенно меняются аэродинамические, радиационные, термические и влажностные характеристики атмосферы. Выделение в городах большого количества тепла, изменение газового и аэрозольного состава воздуха приводят к повышению температуры воздуха и образованию так называемых «островов тепла». Повышение температуры над крупным городом по сравнению с температурой окружающей местности может наблюдаться до высоты в несколько сотен метров.

При решении практических задач, связанных с защитой чистоты атмосферы, необходима комплексная оценка климатических условий переноса и рассеивания примесей над заданным географическим районом. Для этого разработан показатель загрязнения атмосферы (ПЗА).

ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха в конкретном районе, определяемый реальной повторяемостью неблагоприятных для рассеивания примесей метеоусловий, будет выше, чем в условном.

На территории государств РФ ПЗА изменяется в пределах от 2,1 до 4,0, т.е. при равных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы в различных городах может отличаться почти в 2 раза за счет разной повторяемости неблагоприятных метеоусловий.

Минимальные значения ПЗА получены для северо-западных районов европейской территории, побережья Белого и Баренцева морей, где отмечается минимальная повторяемость слабых ветров и приземных инверсий.

Максимальные значения ПЗА наблюдаются в Восточной Сибири, что связано с мощными зимними антициклонами, обуславливающими слабые ветры и стратификацию атмосферы.

Нормирование качества атмосферного воздуха

Воздух – среда, непосредственно окружающая человека и потому прямо воздействующая на его здоровье. Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

Нормативы качества атмосферного воздуха охватывают как производственную, так и жилищную (селитебную) зону населенных пунктов, предназначенную для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений. Основные термины и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программ наблюдения, поведения примесей в атмосферном воздухе определены ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.

Основным нормативом качества воздуха является предельно-допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в воздухе, которая утверждается постановлением Главного государственного санитарного врача РФ по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России.

Для воздушной среды существует несколько видов ПДК. Так, прежде всего, отличаются нормативы ПДК вредных веществ в воздухе рабочих зон и ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Различие начинается с их определения.

Значительно ранее прочих были установлены нормативы приемлемых для человека условий среды (прежде всего, производственной). Тем самым было положено начало работам в области санитарно-гигиенического нормирования. Еще в 20-е годы прошлого века начали вводить ПДК вредных веществ в рабочих помещениях. Обычно содержание примесей в воздухе рабочего помещения больше, чем на площадке предприятия, а тем более - за его пределами. Поэтому для каждого вредного вещества в воздухе устанавливают, по крайней мере, два нормативных

значения: предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКр.з.) и ПДК вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДКн.м.). Необходимость раздельного нормирования объясняется тем, что на предприятиях люди проводят только часть суток, там работают практически здоровые люди, а в населенных пунктах круглосуточно находятся также дети, больные и пожилые люди, беременные женщины и кормящие матери. Кроме того, человек на производстве находится не круглосуточно. Поэтому ПДКр.з. > ПДКн.м. ПДК вредного вещества в атмосферном воздухе выражается в мг/м³.

ПДКр.з. – максимальная концентрация вредного вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или при другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего трудового стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Рабочей зоной называют пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места пребывания рабочих. Для большинства веществ ПДКр.з. являются максимально разовыми. Для высококумулятивных веществ наряду с максимальными установлены также значения и среднесменных ПДК.

Как следует из определения, ПДКр.з. представляет собой норматив, ограничивающий воздействие вредного вещества на взрослую работоспособную часть населения в течение периода времени, установленного трудовым законодательством.

На территории предприятия (промплощадки) содержание примесей должно быть не более 0,3 ПДКр.з., так как этот воздух используется для приточной вентиляции. ПДКр.з. устанавливается при температуре 20°C.

ПДКн.м. - максимальная концентрация вредного вещества в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные последствия, а также не влияет на окружающую среду в целом.

Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, устанавливается два норматива: ПДКм.р. и ПДКс.с. В качестве определяющего показателя вредности в воздушной среде принята направленность биологического действия вещества: рефлекторная или резорбтивная.

Рефлекторное (органолептическое) действие - это реакция рецепторов верхних дыхательных путей - ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Указанные эффекты возникают при кратковременном (остром) воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК. Принято, что в этом случае длительность воздействия вещества на организм составляет не более 20 минут.

ПДКм.р. – концентрация, которая при вдыхании в течение 20 минут не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека (ощущения запаха, изменения световой чувствительности глаз, аллергических реакций, кашля и т.п.). Это наиболее высокая из 20 - 30-минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения.

ПДКм.р. является основной характеристикой токсичности загрязняющего вещества. ПДКм.р. используется при нормировании качества атмосферного воздуха в населенных пунктах и в курортной местности и устанавливается при температуре 0°С. Понятие ПДКм.р. используется при установлении научно-технических нормативов - предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ.

В результате рассеяния примесей в воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях на границе санитарно-защитной зоны предприятия концентрация вредного вещества в любой момент времени не должна превышать ПДКм.р.

ПДКс.с. – концентрация, которая при вдыхании в течение 24 часов не должна оказывать на человека вредного влияния (общетоксического, канцерогенного, мутагенного). Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДКс.с.) - это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании. При этом имеются в виду среднесуточные концентрации за год, а не в отдельные сутки. Это средняя из числа концентрации, выявленных в течение суток. Это самый жесткий санитарно-гигиенический норматив, рассчитанный на все группы населения. Именно величина ПДКс.с. может выступать в качестве "эталоны" для оценки благополучия воздушной среды в санитарной зоне.

ПДКс.с. является основной и служит для предотвращения хронического неблагоприятного воздействия. ПДКм.р. является дополнительной к

ПДКс.с. для веществ, обладающих запахом или раздражающим действием для оценки пиковых подъемов концентрации в течение 20 минут. ПДКм.р. направлена на предупреждение рефлекторных реакций человека, которые могут возникнуть при кратковременном воздействии, ПДКс.с. - на предупреждение влияния, возникающего при длительном поступлении вредных веществ в организм.

Если рефлекторное (раздражающее) действие токсиканта начинается при более низкой концентрации, то есть раньше, чем резорбтивное, то $ПДКм.р. = ПДКс.с.$ Если же при более низкой концентрации начинается токсическое (отравляющее) действие, то ПДКм.р. превышает ПДКс.с. в 2 - 10 раз. Для веществ, порог токсического воздействия которых на организм пока не известен, а также для особо опасных веществ существуют только ПДКм.р.

Концентрация вредных веществ в воздухе населенных мест не должна превышать максимально-разовой ПДК. Среднесуточные ПДК используются только в тех случаях, когда максимально-разовые не определены. Существует группа веществ, у которых отсутствует порог рефлекторного действия (мышьяк, марганец и др.). Для таких веществ ПДКм.р. не нормируется.

Российские нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе одни из наиболее жестких в мире, и зачастую являются на столько нормативами, сколько служат стимулом для развития природоохранного дела. Так, например, достаточно полное улавливание меркаптанов, обладающих крайне неприятным запахом, не удастся осуществить ни в одном из газоочистных аппаратов.

Для разных объектов (химические вещества, отходы производства и потребления, загрязнители воздуха и др.) установлены различные нормативы и показатели: по степени воздействия на организм согласно ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности" химические вещества подразделяются на 4 класса опасности: (табл. 2.): 1 класс – чрезвычайно опасные; 2 класс – высоко опасные; 3 класс – умеренно опасные; 4 класс – мало опасные.

Таблица 2

Классы опасности химических веществ по значениям средних
смертельных концентраций и доз

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10
Средняя смертельная доза при попадании в желудок ЛК50к, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу ЛК50к, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе ЛК 50, мг/м ³	Менее 500	500-5000	Более 5001 50000	50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3,0
Зона острого действия Z _{ос}	Менее 6	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54
Зона хронического действия Z _{сг}	Более 10	10-5	4,9-2,5	Менее 2,5
Коэффициент возможного ингаляционного отравления(КВИО)	Более 300	300-30	29,9-3,0	Менее 3,0

При проектировании предприятий в районах, где атмосферный воздух уже загрязнен выбросами от других, ранее построенных и действующих предприятий, необходимо нормировать их выбросы с учетом уже присутствующих в воздухе примесей. Их содержание рассматривается в качестве фоновой концентрации.

Как правило, в производственных условиях человек подвергается одновременному воздействию ряда химических веществ и негативных факторов другой природы (ионизирующие и электромагнитные излучения, метеорологические и виброакустические факторы), при действии которых возникает эффект сочетанного или комбинированного влияния факторов одной природы, чаще ряда химических веществ.

Сочетанное действие имеет место при воздействии негативных факторов различной природы. Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ поступающих в организм по одному и тому же пути.

Эффект суммации характерен для близких по химическому строению и характеру биологического действия веществ, оказывающих воздействие на одни и те же органы и системы организма. Причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется. Вещества, близкие по химическому составу и характеру влияния на

организм человека, обладают эффектом суммации вредного действия (однаправленным действием). При одновременном присутствии таких веществ в атмосфере их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условиям:

К настоящему времени установлены группы (списки) веществ, обладающих эффектом суммации. Перечень веществ, обладающих эффектом однонаправленного действия, также представлен в гигиеническом нормативе.

При выполнении вышеперечисленных условий загрязнение атмосферы не превышает допустимого, в противном случае необходима разработка мероприятий по уменьшению загрязнения. В число мероприятий могут входить:

- применение более высоких дымовых труб;
- повышение степени очистки выбрасываемых смесей;
- замена топлива;
- ограждение складов пылящих материалов;
- перевод неорганизованных источников в организованные;
- применение малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

Обязательным условием современного промышленного проектирования является внедрение передовых безотходных, ресурсосберегающих и малоотходных технологических решений, позволяющих сократить поступление вредных химических выбросов в атмосферу. Для решения природоохранных задач разрешается проведение реконструкции или перепрофилирование действующих производств.

Территории предприятий, их сооружения, здания являются источником выделения в окружающую среду вредных или пахучих веществ, а также являются источниками шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн, статического электричества, поэтому их необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Санитарно-защитная зона – обязательный элемент любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Санитарно-защитная зона–территория между границей промплощадки, складов и границей жилой зоны. Она предназначена для обеспечения гигиенических норм в приземном слое, уменьшения отрицательного влияния предприятий, транспортных коммуникаций на природную среду и на-

селение; для организации дополнительных озелененных площадей с целью усиления ассимиляции и фильтрации загрязнений атмосферного воздуха, а также повышения активности процесса диффузии воздушных масс и благоприятного влияния на климат.

В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие минимальные размеры санитарно-защитных зон:

Предприятия 1-го класса—2000 м (по СН 245-71 —1000 м)

Предприятия 2-го класса—1000 м (500 м)

Предприятия 3-го класса—500 м (300 м)

Предприятия 4-го класса—300 м (100 м)

Предприятия 5-го класса—100 м (50 м)

*Санитарная классификация некоторых предприятий и производств,
складских зданий и сооружений*

КЛАСС 1

1. Производство аммиака, азотной кислоты и др.
2. Производство целлюлозы и полуцеллюлозы на основе сжигания серы
3. Комбинат черной металлургии, производительностью более 1 млн.т/год чугуна и стали.
4. Производство глинозёма.
5. Производство ртути.
6. Производство цемента.
7. Производство асбеста.
8. Скотобаза, птицефабрики, свиноводческие комплексы.
9. Контролируемые неусовершенствованные свалки для нечистот и жидких хозяйственных отходов.

КЛАСС 2

1. Производство соляной кислоты.
2. Производство пластификаторов.
3. Производство по выжигу кокса.

4. Предприятия автомобильной промышленности.
5. Предприятия по добыче нефти.
6. Производство асфальтобетона и искусственных заполнителей.
7. Бойни, мясокопильные и рыбокопильные предприятия.
8. Производство антибиотиков.
9. Склады для хранения ядохимикатов.

КЛАСС 3

1. Производство химических реактивов.
2. Производство сжатого азота и кислорода.
3. Производство цинка, меди, никеля, кобальта.
4. Производство стеклянной ваты.
5. Производство толя.
6. Производство кирпича.
7. Домостроительный комбинат.
8. Производство железобетонных изделий
9. Производство строительных полимерных материалов.

КЛАСС 4

1. Производство стекловолокна.
2. Производство бетонных изделий.
3. Производство гипсовых изделий.
4. Производство фарфоровых и фаянсовых изделий.
5. Гаражи и парки по ремонту и обслуживанию автомобилей.
6. Склады горюче-смазочных материалов.

КЛАСС 5

1. Автозаправочные станции.
2. Хлебозаводы.
3. Производство глиняных изделий.
4. Стеклодувное, зеркальное производство.
5. Производства по переработке пластмасс.
6. Бензозаправочные станции.

Санитарно-защитная зона для предприятий 4-го и 5-го классов должна быть максимально озеленена (не менее 60% площади); для предприятий 2-го и 3-го классов – не менее 50%; для предприятий 1-го класса – не менее

40%. В границах санитарно-защитной зоны строительство жилых зданий не допускается.

Для обеспечения нормативных санитарных значений воздушной среды необходимо вовремя и последовательно проводить мероприятия по регулированию выбросов вредных веществ в атмосферу. Для этого рекомендуется предусмотреть:

- обеспечение бесперебойной работы всех пылеочистительных систем и сооружений;
- введение новых, наиболее эффективных, систем очистки воздушных выбросов; - перевод котельных и ТЭЦ на природный газ;
- запрет на сжигание отходов производства и мусора;
- своевременная реконструкция зданий и сооружений производственного комплекса с целью увеличения высоты источника выбросов H .

Задача 1

Высота источника выбросов газовой смеси предприятия H , диаметр устья трубы D , скорость выхода газовой смеси ω_0 , ее расход V_1 , разность температур ΔT . Массовый выброс диоксида азота M_1 , оксида углерода M_2 .

Определить максимальные приземные концентрации C_m для оксида углерода и диоксида азота и сравнить полученные значения с предельно-допустимыми концентрациями для этих веществ и найти расстояние X_m , на которое распространяются эти вещества при скорости ветра U_m . Сделать вывод об эффективности существующей очистки на данном предприятии.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные

Вариант	Район застройки	H , м	D , м	ω_0 , м/с	ΔT	M_1 , г/с	M_2 , г/с	U_m , м/с
1	Москва	45	1,2	8,2	100	4,1	10	6
2	Рязань	32	1,0	7,4	80	5,3	10	5.5
3	Санкт-Петербург	22	0,8	7,0	70	3,8	11	7
4	Казань	15	0,8	6,5	30	3,0	12	6
5	Мурманск	18	0,8	7,0	42	2,9	8,7	8

6	Чита	12	0,8	6,5	48	4,3	3,9	7
7	Владимир	28	1,0	7,2	60	5,0	7,8	6,8
8	Калуга	27	1,2	7,4	25	4,8	10,3	6,5
9	Иваново	38	1,0	6,9	37	4,1	12,8	5
10	Новосибирск	55	1,5	8,3	120	5,6	10	7
11	Хабаровск	40	1,0	8,5	110	5,8	9,7	10
12	Казань	45	1,2	8,2	100	4,1	10	6
13	Мурманск	32	1,0	7,4	80	5,3	10	5,5
14	Чита	22	0,8	7,0	70	3,8	11	7
15	Владимир	15	0,8	6,5	30	3,0	12	6
16	Калуга	18	0,8	7,0	42	2,9	8,7	8
17	Иваново	12	0,8	6,5	48	4,3	3,9	7
18	Новосибирск	28	1,0	7,2	60	5,0	7,8	6,8
19	Хабаровск	27	1,2	7,4	25	4,8	10,3	6,5
20	Москва	38	1,0	6,9	37	4,1	12,8	5
21	Рязань	55	1,5	8,3	120	5,6	10	7
22	Санкт-Петербург	40	1,0	8,5	110	5,8	9,7	10
23	Казань	15	0,8	6,5	30	3,0	12	6
24	Мурманск	18	0,8	7,0	42	2,9	8,7	8
25	Чита	12	0,8	6,5	48	4,3	3,9	7
26	Владимир	28	1,0	7,2	60	5,0	7,8	6,8
27	Калуга	27	1,2	7,4	25	4,8	10,3	6,5
28	Иваново	38	1,0	6,9	37	4,1	12,8	5
29	Новосибирск	55	1,5	8,3	120	5,6	10	7
30	Хабаровск	40	1,0	8,5	110	5,8	9,7	10

$$\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$$

$$\text{ПДК}_{\text{CO}} = 5,0 \text{ мг/м}^3$$

Методика решения задачи

1. Максимальную концентрацию вредных веществ в приземном слое атмосферы, мг/м³, рассчитывают для горячих промышленных выбросов по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

Для холодных промышленных выбросов максимальную концентрацию вредных веществ в приземном слое атмосферы, мг/м³, рассчитывают по формуле:

$$C_m = A \cdot M \cdot n \cdot \eta \cdot K \cdot \frac{F}{H^{4/3}}, \text{ мг/м}^3 \quad (2)$$

K – коэффициент, определяемый по формуле:

$$K = \frac{D}{(8 \cdot V)} = \frac{1}{(7,1 \cdot \sqrt{\omega_0 \cdot V})}, \quad (3)$$

где ω_0 – скорость выхода газов из устья трубы, м/с;

V – объем выбрасываемых газов в единицу времени, м³/с;

D – диаметр устья источника выброса, м.

где A – коэффициент, зависящий от метеорологических условий, рассеивания вредностей в атмосфере, который принимается в соответствии с климатическими зонами:

M – масса выбрасываемых веществ, г/с;

H – высота выбросов вредных веществ над уровнем земли (высота трубы), м;

ΔT – разница между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой наружного воздуха, °С.

F – безразмерный коэффициент, зависящий от скорости оседания вредных веществ в атмосферном воздухе:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$;

б) для крупнодисперсной пыли, при среднем коэффициенте очистки пылеулавливающих устройств не менее 90%, $F = 2$; при от 75% до 90%, $F = 2,5$ и при менее 75% и при отсутствии очистки, $F = 3$;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

V_1 – расход газовой смеси, (м³/с), определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, (м/с).

Таблица 2

Значение коэффициента A в зависимости от климатической зоны

Климатическая зона	Коэффициент A
Читинская обл., Бурятия	250
Районы Европейской территории России южнее 50° с. ш., включая Нижнее Поволжье, Кавказ; Азиатская территория России, включая Сибирь и Дальний Восток	200
Районы Европейской территории России и Урал от 50 до 52° с. ш.	180
Районы Европейской территории России и Урал севернее 52° с. ш. за исключением центра Европейской территории России	160
Центр Европейской территории России (Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области)	140

2. Определение F :

- 1) для газообразных вредных веществ, пылей – 1
- 2) для мелкодисперсных аэрозолей при коэффициенте очистки не менее 90% – 2; от 75 до 90% – 2,5; менее 75% – 3.

3. Определяем m, n :

m – безразмерная величина для горячих выбросов, при $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (5)$$

m – безразмерная величина для холодных выбросов, при $f \geq 100$:

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad (5a)$$

f – параметр для горячих выбросов:

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \text{ м/с}^2 \cdot \text{град} \quad (6)$$

f – параметр для холодных выбросов:

$$f = 800 \cdot (V)^3, \text{ м/с}^2 \cdot \text{град} \quad (7)$$

n – безразмерный коэффициент зависит от параметра V_m , который находят из выражения:

V_m – безразмерный параметр для горячих выбросов:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (8)$$

V_m – безразмерный параметр для холодных выбросов:

$$V_m = 1,3 \cdot \omega_0 \cdot \frac{D}{H}, \quad (9)$$

n – безразмерная величина для горячих выбросов:

$$а) \text{ при } V_m < 0,5 \quad n = 4,4 \cdot V_m, \quad (10)$$

$$б) \text{ при } 0,5 \leq V_m < 2, \quad n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13, \quad (11)$$

$$в) \text{ при } V_m \geq 2 \quad n=1 \quad (12)$$

4. Определение расстояния X_m от источника выбросов, на котором достигается величина максимальной приземной концентрации вредных веществ выполняется по формуле:

$$X_m = \frac{(5-F) dH}{4}, \text{ м} \quad (13)$$

d – безразмерная величина, определяемое с учетом V_m для нагретых источников при $f < 100$:

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m \leq 0,5, \quad (14)$$

$$d = 4,95 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2, \quad (15)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m > 2 \quad (16)$$

d – безразмерная величина, определяемое с учетом V_m для холодных источников, , при $f \geq 100$:

$$d = 5,7 \quad \text{при } V_m \leq 0,5, \quad (17)$$

$$d = 11,4 \cdot V_m \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2, \quad (18)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V_m} \quad \text{при } V_m > 2 \quad (19)$$

Сделать вывод о величине зоны распространения вредных веществ от предприятия при неблагоприятных метеорологических условиях.

5. Расчет опасной скорости ветра по значению V_m при $f < 100$:

$$U_m = 0,5 \quad \text{при } V_m \leq 0,5; \quad (20)$$

$$U_m = V_m \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2. \quad (21)$$

$$U_m = V_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m > 2 \text{ для горячих выбросов} \quad (22)$$

$$U_m = 2,2 \cdot V_m \quad \text{при } V_m > 2 \text{ для холодных выбросов} \quad (23)$$

6. Определение концентрации вредных веществ при скоростях ветра, отличных от опасной выполняется по формулам:

$$C_{mU} = r \cdot C_m, \text{ мг/м}^3 \quad (24)$$

При значениях $\frac{U}{U_m} > 1$, и < 1 найдем безразмерную величину r :

$$r = 0,67 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right) + 1,67 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right)^2 - 1,34 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right)^3 \quad \text{при } \frac{U}{U_m} \leq 1; \quad (25)$$

$$r = \frac{\frac{3U}{U_m}}{2 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right)^2 - \left(\frac{U}{U_m}\right) + 2} \quad \text{при } \frac{U}{U_m} > 1 \quad (26)$$

7. Расстояние от источника выброса, на котором при скорости ветра U и неблагоприятных метеоусловиях будет максимальная концентрация вредных веществ:

$$X_{mU} = P \cdot X_m \quad (27)$$

Вычислим безразмерный коэффициент P :

$$P = 3 \quad \text{при } \frac{U}{U_m} \leq 0,25 \quad (28)$$

$$P = 8,43 \cdot \left(1 - \frac{U}{U_m}\right)^5 + 1 \quad \text{при } 0,25 < \frac{U}{U_m} \leq 1; \quad (29)$$

$$P = 0,32 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right) + 0,68 \quad \text{при } \frac{U}{U_m} > 1. \quad (30)$$

Задача 2

Определить приземную концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере C_x , мг/м³, на различных расстояниях X , м от источника выбросов, при опасной скорости ветра $U_m = 1,8$ м/с. Построить график зависимости концентраций вредных веществ от расстояния до источника выбросов. Данные для расчетов принять из Задачи 1: C_m —для оксида углерода; X_m .

Методика решения задачи

8. Расчет приземной концентрации вредных веществ C_x в любой точке на оси факела при опасной скорости ветра U_m по формулам:

$$C_y = S_2 \cdot C_x, \quad C_x = S_1 \cdot C_m, \quad \text{мг/м}^3 \quad (31)$$

Вычислим безразмерный коэффициент S_1 :

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 \quad \text{при } \frac{X}{X_m} \leq 1, \quad (32)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < \frac{X}{X_m} \leq 8, \quad (33)$$

$$S_1 = \frac{\frac{X}{X_m}}{3,58 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right) + 120} \text{ при } \frac{X}{X_m} > 8 \text{ и } F = 1 \quad (34)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right) - 17,8} \text{ при } \frac{X}{X_m} > 8 \text{ и } F = 2; 2,5; 3 \quad (35)$$

Вычислим безразмерный коэффициент S_2 :

$$S_2 = \frac{1}{\left[1 + 8,4 \cdot U \cdot \left(\frac{Y}{X}\right)^2\right] \cdot \left[1 + 28,2 \cdot U^2 \cdot \left(\frac{Y}{X}\right)^4\right]} \quad (36)$$

Занести полученные данные в таблицу, задавшись равными интервалами значений X :

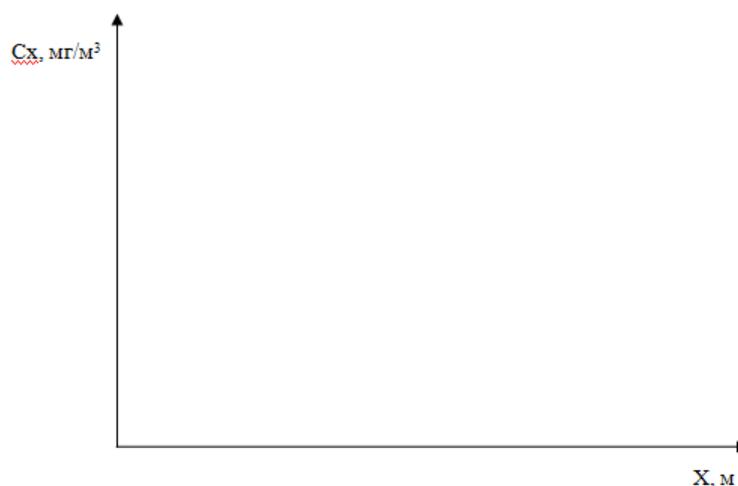
50 м при $X/X_m < 1$;

200 м при $X/X_m > 1$;

Заполнить таблицу и построить график зависимости X от C_x .

Таблица 3

$X, \text{ м}$	X/X_m	S_1	$C_x, \text{ мг/м}^3$



Сделать вывод о распространении вредных веществ на расстоянии от источника выбросов.

Задача 3

Исходя из данных (Таблица 4) построить схемы «розы ветров», найти размеры санитарно-защитной зоны предприятия, определить место застройки конкретного предприятия.

Таблица 4

Исходные данные для построения схем «розы ветров»

Вариант	F, км	Среднегодовое направление ветра							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	2,0	11	10	23	20	19	8	7	2
2	1,2	16	11	15	12	8	12	15	11
3	0,5	5	8	10	16	12	10	24	15
4	2,6	8	19	22	5	13	17	3	13
5	0,8	25	19	15	3	16	11	7	4
6	0,4	17	7	3	14	1	19	8	22
7	0,01	13	15	15	13	11	4	16	13
8	0,25	6	14	10	12	5	16	9	28
9	0,4	20	37	5	2	10	3	9	14
10	0,6	14	6	9	11	21	10	17	12
11	1,0	5	4	12	17	19	25	10	8
12	1,1	20	22	18	20	10	3	1	6
13	2,0	11	10	23	20	19	8	7	2
14	1,2	16	11	15	12	8	12	15	11
15	0,5	5	8	10	16	12	10	24	15
16	2,6	8	19	22	5	13	17	3	13
17	0,8	25	19	15	3	16	11	7	4
18	0,4	17	7	3	14	1	19	8	22
19	0,01	13	15	15	13	11	4	16	13
20	0,25	6	14	10	12	5	16	9	28
21	0,4	20	37	5	2	10	3	9	14
22	0,6	14	6	9	11	21	10	17	12
23	1,0	5	4	12	17	19	25	10	8
24	1,1	20	22	18	20	10	3	1	6
25	2,0	11	10	23	20	19	8	7	2
26	1,2	16	11	15	12	8	12	15	11
27	0,5	5	8	10	16	12	10	24	15
28	2,6	8	19	22	5	13	17	3	13
29	0,8	25	19	15	3	16	11	7	4
30	0,4	17	7	3	14	1	19	8	22

Вариант	F, км	Направление ветра в июле							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	2,0	20	22	18	20	10	3	1	6
2	1,2	14	6	9	11	21	10	17	12
3	0,5	20	37	5	2	210	3	9	14
4	2,6	17	7	3	14	10	19	8	22
5	0,8	13	15	15	13	11	4	16	13
6	0,4	16	11	15	12	8	12	15	11
7	0,01	8	19	22	5	13	17	3	13
8	0,25	5	8	10	16	12	10	24	15
9	0,4	8	19	22	5	13	17	3	13
10	0,6	11	10	13	20	19	8	7	2
11	1,0	16	11	15	12	8	12	15	11
12	1,1	25	19	15	3	16	11	7	4
13	2,0	20	22	18	20	10	3	1	6
14	1,2	14	6	9	11	21	10	17	12
15	0,5	20	37	5	2	210	3	9	14
16	2,6	17	7	3	14	10	19	8	22
17	0,8	13	15	15	13	11	4	16	13
18	0,4	16	11	15	12	8	12	15	11
19	0,01	8	19	22	5	13	17	3	13
20	0,25	5	8	10	16	12	10	24	15
21	0,4	8	19	22	5	13	17	3	13
22	0,6	11	10	13	20	19	8	7	2
23	1,0	16	11	15	12	8	12	15	11
24	1,1	25	19	15	3	16	11	7	4
25	2,0	20	22	18	20	10	3	1	6
26	1,2	14	6	9	11	21	10	17	12
27	0,5	20	37	5	2	210	3	9	14
28	2,6	17	7	3	14	10	19	8	22
29	0,8	13	15	15	13	11	4	16	13
30	0,4	16	11	15	12	8	12	15	11
Вариант	F, км	Направление ветра в феврале							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	2,0	5	4	12	17	19	25	10	8
2	1,2	20	37	5	2	10	3	9	14
3	0,5	6	14	10	12	5	16	9	28
4	2,6	11	10	23	20	19	8	7	2
5	0,8	16	11	15	12	8	12	15	11
6	0,4	5	8	10	16	12	10	24	15
7	0,01	8	16	11	15	12	8	12	15

8	0,25	6	25	19	15	3	16	11	7
9	0,4	15	8	10	16	12	10	24	15
10	0,6	13	15	15	13	11	4	16	13
11	1,0	17	7	3	14	10	19	8	22
12	1,1	13	15	15	13	11	4	16	13
13	2,0	5	4	12	17	19	25	10	8
14	1,2	20	37	5	2	10	3	9	14
15	0,5	6	14	10	12	5	16	9	28
16	2,6	11	10	23	20	19	8	7	2
17	0,8	16	11	15	12	8	12	15	11
18	0,4	5	8	10	16	12	10	24	15
19	0,01	8	16	11	15	12	8	12	15
20	0,25	6	25	19	15	3	16	11	7
21	0,4	15	8	10	16	12	10	24	15
22	0,6	13	15	15	13	11	4	16	13
23	1,0	17	7	3	14	10	19	8	22
24	1,1	13	15	15	13	11	4	16	13
25	2,0	5	4	12	17	19	25	10	8
26	1,2	20	37	5	2	10	3	9	14
27	0,5	6	14	10	12	5	16	9	28
28	2,6	11	10	23	20	19	8	7	2
29	0,8	16	11	15	12	8	12	15	11
30	0,4	5	8	10	16	12	10	24	15

Для 1 варианта – металлургический комбинат, производительностью 2 млн.т/год; для 2 варианта – нефтедобывающее предприятие; для 3 варианта – завод по производству кирпича; для 4 варианта – домостроительный комбинат; для 5 варианта – ЖБИ; для 6 варианта – завод по производству фаянсовой посуды; для 7 варианта – бензозаправочная станция; для 8 варианта – мясокомбинат; для 9 варианта – завод по производству цемента; для 10 варианта – птицефабрика.

Задача 4

Рассчитать максимальные значения приземных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (C_m , мг/м³) от работающей одиночной трубы теплоэлектростанции (или котельной) по оси направления ветра на расстояниях $X_m/2$, X_m , $2X_m$, $5X_m$, $8X_m$, $10X_m$. Построить график изменения концентраций в зависимости от расстояния при найденной опасной скорости ветра. Рассчитать ПДВ. Рельеф местности считать ровным. Другие параметры принять в соответствии с номером варианта.

Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха при выбросе из источника с прямоугольным устьем ведется при средней скорости выброса газовой смеси из устья источника ω_0 (м/с), значениях $D=D_9$ и $V=V_9$ (м³/с).

Эффективный диаметр D_9 , м определяется по формуле:

$$D_9 = 2 \cdot L \cdot b / (L + b), \quad (37)$$

где L - длина устья источника (м); b - ширина устья (м).

Эффективная скорость ω_0 (м/с) выхода выброса в атмосферный воздух определяется по формуле:

$$V_9 = \frac{\pi \cdot D_9^2}{4} \cdot \omega_0, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (38)$$

Исходные данные приведены в таблице 5.

7. Произвести расчет величины предельно допустимого выброса (ПДВ), то есть максимального количества вредных веществ в единицу времени (г/с), которое можно выбрасывать в атмосферу, чтобы ее загрязнение в приземном слое не превышало ПДК возможно по формуле:

для горячих выбросов

$$ПДВ = (C_{ПДК} - C_{\phi}) \cdot \frac{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot n \cdot t \cdot \eta}, \quad (39)$$

для холодных выбросов

$$ПДВ = (C_{ПДК} - C_{\phi}) \cdot \frac{H \cdot \sqrt[3]{H \cdot 8V_1}}{(A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D)}, \quad (40)$$

Таблица 5

Исходные данные к задаче 4

№	Регион	D, см	H, м	C газа	Tг, °C	Tв, °C	ω_0 , м/с	V_1 , м ³ /с
1	Тульская обл.	150	35	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	90	25	5	-
2	Московская обл.	78x70	50	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	25	23,5	6	-
3	Читинская обл.	70x70	25	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	150	21	-	21
4	Владимирская обл.	210	31	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	100	22,5	-	11
5	Ивановская обл.	65x70	43	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	25	25	6,5	-
6	Рязанская обл.	50x50	22	Пыль 28 г/м ³ Сажа 60 мг/м ³	88	24	6	-
7	Татарстан	300	45	Пыль 48 г/м ³ CO 35 мг/м ³	96	25	-	15
8	Читинская обл.	200	28	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	26	21,5	4	-
9	Бурятия	350	48	SO ₂ 50 мг/м ³ Пыль 28 г/м ³	190	23,5	-	30
10	Читинская обл.	69x65	23	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	150	21	-	21
11	Владимирская обл.	150	40	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	24	22,5	-	11
12	Тульская обл.	150	49	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	90	25	-	13
13	Московская обл.	130	50	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	115	23,5	5	-
14	Мурманская обл.	65x65	43	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	25	25	6,5	-
15	Ивановская обл.	250	55	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	120	25	8	-
16	Тульская обл.	350	41	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	30	25	7	-
17	Московская обл.	73x76	41	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	96	23,5	-	15
18	Читинская обл.	150	35	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	23	21	5	-
19	Владимирская обл.	40x40	34	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	100	22,5	6	-
20	Ивановская обл.	320	52	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	96	25	6,5	-
21	Рязанская обл.	93x80	49	Пыль 28 г/м ³ Сажа 60 мг/м ³	250	24	6	-
22	Татарстан	280	39	Пыль 48 г/м ³ CO 35 мг/м ³	125	25	-	15
23	Читинская обл.	76x76	56	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	88	21,5	4	-
24	Бурятия	120	59	SO ₂ 50 мг/м ³ Пыль 28 г/м ³	25	23,5	6	-

25	Свердловская обл.	200	43	Пыль 50 г/м ³ NO ₂ 12 мг/м ³	70	21	5	-
26	Владимирская обл.	74x69	35	Пыль 28 г/м ³ SO ₂ 60 мг/м ³	49	22,5	-	11
27	Тульская обл.	100	53	SO ₂ 50 мг/м ³ NO ₂ 15 мг/м ³	26	25	5,4	-
28	Московская обл.	230	45	CO 15 мг/м ³ Пыль 31 г/м ³	68	23,5	5	-
29	Мурманская обл.	96x65	34	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	360	25	6,5	-
30	Ивановская обл.	260	31	SO ₂ 150 мг/м ³ NO ₂ 115 мг/м ³	98	25	5,5	-

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Расчет санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия

Санитарно-защитная зона предприятия (СЗЗ) устанавливается на предприятии в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных пределов после проведения на предприятии всех мер по очистке промышленных выбросов. Зона должна быть соответствующим образом планировочно организована, озеленена и благоустроена.

Определение размеров СЗЗ сводится к комплексному расчету рассеивания вредных веществ, выделяемых всеми источниками, с учетом суммации их действия и наличия загрязнений, создаваемых соседними предприятиями и транспортом. Полученные размеры санитарно-защитных зон уточняются как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения в зависимости от розы ветров района расположения предприятия по формуле (ОНД-86) [1]:

$$L = L_0 \cdot P/P_0, \quad (41)$$

где L – расчетный размер СЗЗ, м;

L_0 – расчетный размер участка в данном направлении, где концентрация вредных веществ равна 1ПДК, м;

P – среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %, так при 8–румбовой розе ветров $P_0 = 100/8 = 12,5\%$.

В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны

и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [2]) устанавливаются следующие размеры СЗЗ (L_0) предприятий:

- первого класса – 1000 м;
- второго класса – 500 м;
- третьего класса – 300 м;
- четвертого класса – 100 м;
- предприятия пятого класса – 50 м.

Расчет и построение СЗЗ предприятия производится в два этапа.

Рассмотрим пример.

Исходные данные: класс опасности предприятия III (табл. 6).

Таблица 6

Среднегодовая повторяемость направлений ветров

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
8	5	4	7	8	8	16	10

Построить розу ветров и СЗЗ зону предприятия.

I Этап. Построение розы ветров. Для того чтобы уточнить границы СЗЗ предприятия, необходимо сначала построить розу ветров.

Строится роза ветров обычно по средним многолетним данным для месяца, сезона, года, значения которых выписываются из СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика».

Построение ведут в следующем порядке:

1. На листе формата А4 в верхнем правом углу начертите пересекающиеся линии, показывающие основные и промежуточные стороны горизонта. Подпишите названия сторон горизонта (рис. 5а).

2. Рассчитайте отношение P/P_0 и результаты занесите в таблицу 7.

Таблица 7

Расчетная таблица

Направление ветра по румбам	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
P	8	5	4	7	8	8	16	10
P/P_0	0,64	0,4	0,32	0,56	0,64	0,64	1,28	0,8

3. Полученные значения (отрезки) отложите в произвольном масштабе от центра в сторону, по направлениям основных румбов, пропорционально повторяемости ветра данного направления и поставьте точки (см. рис. 5а).

4. Полученные точки ветров, отмеченные на сторонах горизонта, последовательно соедините линией (см. рис. 5а).

5. По построенной розе ветров определите преобладающие ветры.

Согласно построенной розе ветров видно (см. рис. 5а), что преобладают западные ветры.

II Этап. Построение СЗЗ предприятия.

СЗЗ строят в середине того же листа формата А4, где и расположена роза ветров. Для этого:

1. В центре листа обведите границы предприятия, в соответствии с условием задачи.

2. Выберите условный центр предприятия и начертите пересекающиеся линии, показывающие основные и промежуточные стороны горизонта. Подпишите названия сторон горизонта (рис. 5б).

3. Используя формулу (41), рассчитайте значения L и результаты занесите в таблицу 8.

Таблица 8

Расчетная таблица

Направление ветра по румбам	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
P	8	5	4	7	8	8	16	10
P/P_0	0,64	0,4	0,32	0,56	0,64	0,64	1,28	0,8
L	192	120	96	168	192	192	384	240

Так как в задании указано, что предприятие относится к III классу опасности, следовательно, $L_0 = 300$ м.

4. Полученные значения L отложите в соответствии с масштабом, указанным на карте-схеме предприятия (например, $M1 : 10000$, т.е. в 1 см: 10000 см или в 1 см:100 м) от границы предприятия в сторону, по направлениям, противоположным соответствующему румбу (например, северный ветер вызывает отклонение факела выброса в южную зону и т.д.).

5. Полученные точки, отмеченные на сторонах горизонта, последовательно соедините линией (см. рис. 5б).

Задача 5

С помощью формулы (41) уточнить размеры санитарно-защитной зоны в соответствии с розой ветров данного района. Среднегодовую повторяемость направлений ветров принять с учетом номера варианта по ниже представленной таблице 8. Построить схемы «розы ветров», найти размеры санитарно-защитной зоны предприятия, определить место застройки конкретного предприятия.

Таблица 8

Исходные данные к задаче 5

№	Класс опасности предприятия	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	I	8	10	15	5	4	7	8	18
2	II	9	6	10	14	8	5	5	8
3	III	10	10	12	8	19	8	6	7
4	IV	11	9	6	10	11	15	13	9
5	V	12	9	8	6	6	10	11	9
6	I	15	13	10	8	5	7	9	5
7	II	16	11	9	12	8	7	8	10
8	III	17	13	8	7	6	10	11	9
9	IV	13	18	9	10	8	7	7	6
10	V	5	7	9	11	9	8	10	15
11	I	6	10	15	5	4	7	8	18
12	II	19	6	10	14	8	5	5	8
13	III	4	10	12	8	19	8	6	7
14	IV	5	9	6	10	11	15	13	9
15	V	10	9	8	6	6	10	11	9
16	I	14	13	10	8	5	7	9	5
17	II	13	11	9	12	8	7	8	10
18	III	15	13	8	7	6	10	11	9
19	IV	9	18	9	10	8	7	7	6
20	V	8	7	9	11	9	8	10	15
21	I	7	10	15	5	4	7	8	18
22	II	6	6	10	14	8	5	5	8
23	III	11	10	12	8	19	8	6	7
24	IV	12	9	6	10	11	15	13	9
25	V	17	9	8	6	6	10	11	9
26	I	16	13	10	8	5	7	9	5
27	II	13	11	9	12	8	7	8	10
28	III	14	13	8	7	6	10	11	9
29	IV	5	18	9	10	8	7	7	6
30	V	7	7	9	11	9	8	10	15

Оздоровительные, санитарно-гигиенические, строительные и другие мероприятия, связанные с охраной окружающей среды на прилегающей к предприятию загрязненной территории, включая устройство санитарно-защитных зон, осуществляются за счет предприятия, имеющего вредные выбросы.

Для объектов по изготовлению и хранению взрывчатых веществ, материалов и изделий на их основе следует предусматривать запретные (опасные) зоны и районы. Размеры этих зон и районов и возможность строительства в них определяются специальными нормативными документами, утвержденными в установленном порядке, и по согласованию с органами государственного надзора, министерствами и ведомствами, в ведении которых находятся указанные объекты. Застройка запретных (опасных) зон жилыми, общественными и производственными зданиями не допускается. В случае особой необходимости строительство зданий, сооружений и других объектов на территории запретного района может разрешаться в каждом конкретном случае в порядке, указанном в Положении по установлению запретных зон и районов при арсеналах, базах и складах, утвержденном в установленном порядке.

В промышленные районы, отделенные от селитебной территории санитарно-защитной зоной шириной более 1000 м, не следует включать предприятия с санитарно-защитной зоной до 100 м, особенно предприятия пищевой и легкой промышленности.

В санитарно-защитной зоне не допускается размещать жилые здания, детские дошкольные учреждения, общеобразовательные школы, учреждения здравоохранения и отдыха, спортивные сооружения, сады, парки, садоводческие товарищества и огороды.

Минимальную площадь озеленения санитарно-защитных зон следует принимать в зависимости от ширины зоны, %: до 300м - 60%, свыше 300м и до 1000м - 50%, свыше 1000м - 40%. Со стороны селитебной территории необходимо предусматривать полосу древесно-кустарниковых насаждений шириной не менее 50 м, а при ширине зоны до 100 м - не менее 20 м.

Устройство отвалов, шламонакопителей, хвостохранилищ, отходов и отбросов предприятий допускается только при обосновании невозможности их утилизации; при этом для промышленных районов и узлов, как правило, следует предусматривать централизованные (групповые) отвалы. Участки для них следует размещать за пределами предприятий и II пояса зоны санитарной охраны подземных водоисточников с соблюдением сани-

тарных норм, а также норм или правил безопасности, утвержденных или согласованных с Госстроем России.

Отвалы, содержащие уголь, сланец, мышьяк, свинец, ртуть и другие горючие и токсичные вещества, должны быть размещены от жилых и общественных зданий и сооружений на расстоянии, определяемом расчетом, но не ближе расчетного опасного сдвига отвалов.

В СЗЗ не допускается размещать:

- жилую застройку;
- озелененные территории общего пользования в населенных пунктах, предназначенные для массового отдыха населения, объекты туризма и отдыха (за исключением гостиниц, кемпингов, мемориальных комплексов), площадки (зоны) отдыха, детские площадки;
- открытые и полуоткрытые физкультурно-спортивные сооружения;
- территории садоводческих товариществ и дачных кооперативов;
- учреждения образования;
- санаторно-курортные и оздоровительные организации, организации здравоохранения с круглосуточным пребыванием пациентов;
- комплексы водопроводных сооружений для водоподготовки и хранения питьевой воды (за исключением обеспечивающих водой данный объект);
- объекты по выращиванию сельскохозяйственных культур, используемых для питания населения.

Допускается размещать на территории или в границах СЗЗ:

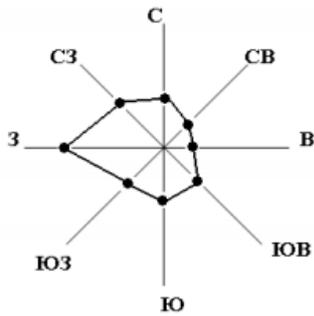
- предприятия, сооружения с меньшими размерами СЗЗ, чем основное производство при условии соблюдения нормативов ПДК (ОБУВ) и уровней физических воздействий на границе СЗЗ при суммарном учете;
- здания и сооружения для обслуживания работников объекта и для обеспечения его деятельности (в том числе нежилые помещения для дежурного персонала аварийной службы), помещения для пребывания работающих по вахтовому методу при условии работы не более двух недель подряд;
- административные здания, сооружения;
- аптеки пятой категории, зуботехнические лаборатории, микробиологические лаборатории, работающие с условно-патогенными микроорганизмами и патогенными биологическими агентами первой и второй групп риска, включая лаборатории полимеразной цепной реакции с учетом обес-

печения нормативного расстояния в соответствии с требованиями законодательства;

- объекты бытового и коммунального обслуживания;
- оптовые склады продовольственного сырья и пищевых продуктов, упакованных в герметичную упаковку (при условии обеспечения безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов);
- торговые объекты и объекты общественного питания;
- производственные объекты малой мощности, осуществляющие изготовление пищевой продукции;
- объекты придорожного сервиса;
- конструкторские бюро и научно-исследовательские лаборатории;
- пожарные депо, местные и транзитные коммуникации, линии электропередачи, электроподстанции, нефте- и газопроводы;
- подземные источники технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения;
- подземные источники хозяйственно-бытового водоснабжения, обеспечивающие водой данный объект, при соблюдении зон санитарной охраны подземного источника;
- автозаправочные станции, станции технического обслуживания автомобилей;
- питомники растений для озеленения территории предприятия и территории СЗЗ;
- объекты по выращиванию сельскохозяйственных культур, не используемых для производства пищевых продуктов;
- автомобильные стоянки и парковки для хранения общественного и индивидуального транспорта.
- объекты по производству пищевых продуктов, оптовые склады продовольственного сырья и пищевой продукции, объекты по производству лекарственных средств, склады сырья и полупродуктов лекарственных средств при исключении их взаимного негативного воздействия на продукцию, окружающую среду и организм человека.

М 1:10000

а)



б)

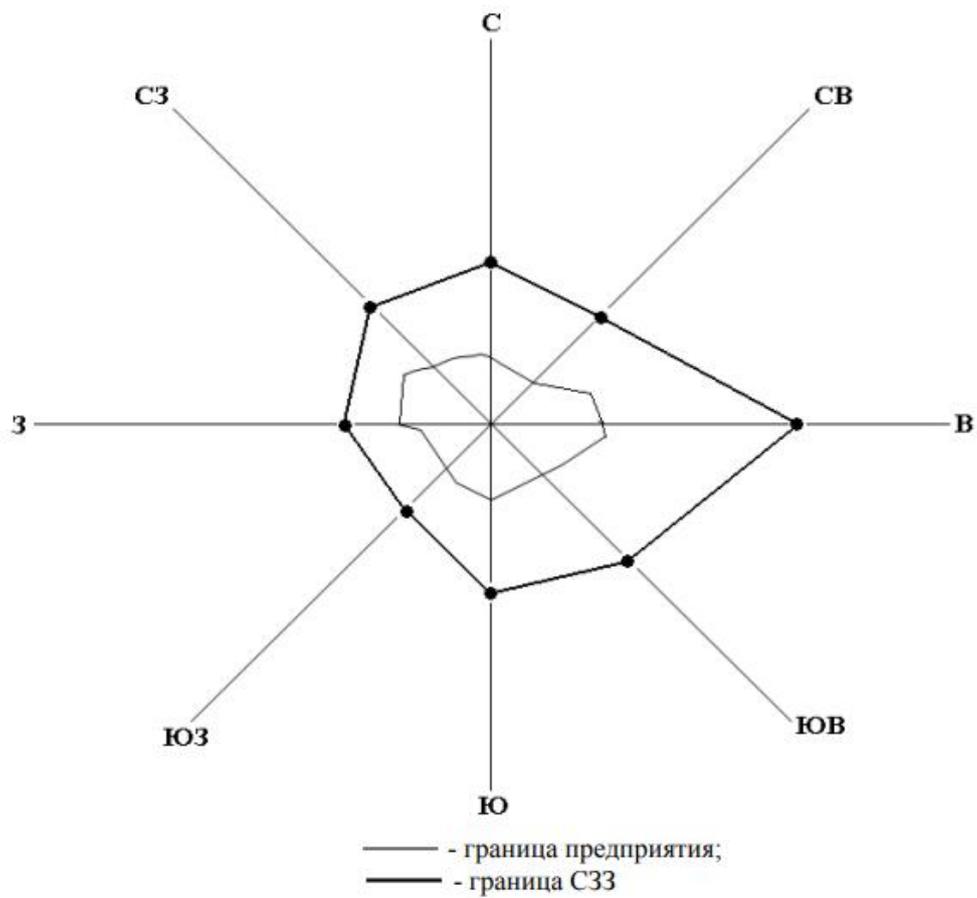


Рис. 5. Размер С33 зоны предприятия:
(а) района расположения предприятия; (б) с учетом розы ветров

Контрольные вопросы

1. От чего зависит величина приземной концентрации вредных веществ?
2. От каких факторов зависит выбор места строительства промышленных предприятий?
3. Что такое санитарно-защитная зона предприятия?
4. Для чего предназначена санитарно-защитная зона при эксплуатации промышленного объекта?
5. Каковы размеры санитарно-защитных зон предприятий различного класса опасности?
6. Что такое максимальная приземная концентрация?
7. Назовите основные параметры источников загрязнения атмосферы.
8. Чем организованный источник загрязнения атмосферы отличается от неорганизованного?
9. Приведите пример организованных источников загрязнения.
10. В чем смысл установления норматива ПДВ?
11. Для чего необходимо знать фоновую концентрацию загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы?
12. Что такое эффект суммации вредного воздействия загрязняющих веществ?
13. Почему нормируется именно приземная концентрация загрязняющего вещества в атмосфере?
14. Что такое максимально разовая ПДК?
15. Что такое среднесуточная ПДК?
16. Приведите пример организованных источников загрязнения.
17. Перечислите факторы, влияющие на рассеивание выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.
18. Как влияет рельеф местности на рассеивание выбросов в атмосфере?
19. Как влияют искусственных сооружений на рассеивание выбросов в атмосфере?
20. Как классифицируют источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
21. Дайте определение норматива ПДК.
22. Перечислите объекты, которые не допускается размещать на территории СЗЗ.
23. Перечислите объекты, которые допускается размещать на территории или в границах СЗЗ.
24. Какой нормативный документ устанавливает базовые размеры СЗЗ?

Список рекомендуемой литературы

1. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкеров Ю.И.. Нормирование выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001 –176 с.
2. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1972. –96 с.
3. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96. –М.: Информ.-изд.центр Минздрава России, 1997. –47 с.

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания к выполнению
практической работы по дисциплине «Экология»
для студентов очной и заочной форм обучения

Составители: ШАРАФУТДИНОВА Анастасия Валерьевна
ОСИПОВА Венера Юсуповна

Редакция и корректура авторов

Редакционно-издательский отдел
Казанского государственного архитектурно-строительного университета
Подписано в печать Формат 60x84/16
Заказ Печать ризографическая Усл.печ.л. 3
Тираж 50 экз. Бумага офсетная № 1 Уч.-изд.л. 3

Печатно-множительный отдел КГАСУ
420043, Казань, ул.Зеленая, 1