

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

О.В. ЧЕКМАРЕВА, С.В. ШАБАНОВА
О.Е. БУДАРНИКОВ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

ББК 20.1 я 73
УДК 502.1 (076.5)
Ч 37

Рецензент

доцент, кандидат технических наук В.И. Федорченко

Чекмарева О.В.

Ч 37 Промышленная экология: методические указания к лабораторным занятиям / О.В. Чекмарева, С.В. Шабанова, О.Е. Бударников. – Оренбург: ОГУ ОГУ, 2007. – 68 с.

Методические указания, позволят студентам проводить комплексный технико-экономический и эколого-экономический анализ и обоснование принимаемых и реализуемых решений. Приводится описание приборов и методов контроля загрязнения окружающей среды.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных и курсовых работ по курсу «Промышленная экология» для студентов специальности 280201.65 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и 240801 «Машины и аппараты химических производств»

ББК 20.1 я 73

© Чекмарева О.В. 2007
Шабанова С.В.
© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

Введение.....	7
1 Определение параметров среды.....	8
1.1 Наблюдения за скоростью ветра.....	8
1.1.1 Общие положения.....	8
1.1.2 Ход работы.....	11
1.1.3 Форма отчета о выполненной работе.....	13
1.2 Наблюдения за температурой воздуха.....	13
1.2.1 Общие положения.....	13
1.2.2 Ход работы.....	14
1.2.3 Форма отчета о выполненной работе.....	15
1.3 Определение относительной влажности воздуха.....	16
1.3.1 Общие положения.....	16
1.3.2 Ход работы.....	18
1.3.3 Форма отчета о выполненной работе.....	21
1.4 Контрольные вопросы.....	24
2 Комплексная оценка качества атмосферы	24
2.1 Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий	24
2.1.1 Общие положения.....	24
2.1.2 Ход работы.....	25
2.1.3 Форма отчета о выполненной работе.....	26
2.2 Расчет категории опасности города.....	27
2.2.1 Общие положения.....	27
2.2.2 Ход работы.....	27
2.2.3 Форма отчета о выполненной работе.....	28
2.3 Расчет критерия качества атмосферы.....	28
2.3.1 Общие положения.....	28
2.3.2 Ход работы.....	29
2.4 Оценка зон экологического неблагополучия.....	31
2.4.1 Общие положения.....	31
2.4.2 Ход работы.....	31
2.4.3 Форма отчета о выполненной работе.....	32
2.5 Контрольные вопросы.....	32
3 Разработка технологической схемы очистки отходящих газов для различных производств.....	33
3.1 Общие положения.....	33
3.2 Ход работы.....	33
3.3 Форма отчета о выполненной работе.....	34
3.4 Контрольные вопросы.....	34
4 Методика расчета выбросов оксида углерода,	35
4.1 Общие положения.....	35
4.2 Расчет выбросов от автомобильного транспорта	36
4.3 Расчет категории опасности автомобильного транспорта.....	38
4.4 Расчет категории опасности дороги.....	39
4.5 Расчет категории опасности улицы.....	41
4.6 Форма отчета о выполненной работе.....	42
4.7 Контрольные вопросы.....	43
5 Определение содержания влаги в материалах.....	44

5.1 Общие положения.....	44
5.2 Ход работы.....	44
5.3 Форма отчета о выполненной работе.....	46
5.4 Контрольные вопросы.....	46
6 Определение концентрации пыли в воздухе.....	46
6.1 Общие положения.....	46
6.2 Ход работы.....	48
6.3 Форма отчета о выполненной работе.....	50
6.4 Контрольные вопросы.....	51
7 Математическая обработка результатов измерений.....	51
Список использованных источников.....	53
Приложение А.....	54
Приложение Б.....	58
Приложение В.....	60
Приложение Г.....	63
Приложение Д.....	65
Приложение Е.....	67

Введение

Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды являются главной проблемой современного общества на пороге XXI столетия. В настоящее время как в нашей стране, так и в большинстве стран мира считается общепризнанным, что проблема рационального использования природных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды, то-есть, проблема устойчивого развития современной цивилизации может быть решена путем нового подхода к организации и функционированию промышленных производств и экономической системы в целом, в основе которых лежит **промышленная экология**.

Промышленная экология рассматривает (изучает) взаимосвязь и взаимозависимость материального промышленного производства, человека и других живых организмов со средой их обитания. Следовательно, предметом изучения промышленной экологии являются эколого-экономические системы.

Промышленная экология является системно ориентированным подходом к объединению экономической деятельности людей и управлению материальным производством с фундаментальными биологическими, химическими и физическими глобальными системами.

Промышленная экология служит средством для достижения устойчивого, самоподдерживающегося функционирования экологических систем (и общества в целом)

В природных экосистемах производство и разложение сбалансированы, в них нет отходов. 90 % энергии расходуется на разложение и возвращение в биогеохимический кругооборот. В социально-экономических системах около 90 % материальных ресурсов переходит в отходы, а основное количество энергии используется в производстве и потреблении. Поэтому главной задачей промышленной экологии является нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращение их истощения, деградации и загрязнения окружающей среды, а в конечном итоге – совмещение техногенного и биогеохимического кругооборотов веществ.

1 Определение параметров среды

Цель работы: Ознакомление студентов с существующими стандартами определения скорости ветра, температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха.

1.1 Наблюдения за скоростью ветра

1.1.1 Общие положения

Устройство и принцип работы анемометра. Анемометр чашечный (МС-13) ГОСТ 6376-74 предназначен для измерения средней скорости воздушного потока в промышленных условиях и средней скорости ветра на метеорологических станциях. Диапазон измерения средней скорости воздушного потока от 1 до 20 м/с. Чувствительность не более 0,8 м/с. Предел допускаемой погрешности не более $\pm (0,3 + 0,05v)$ м/с.

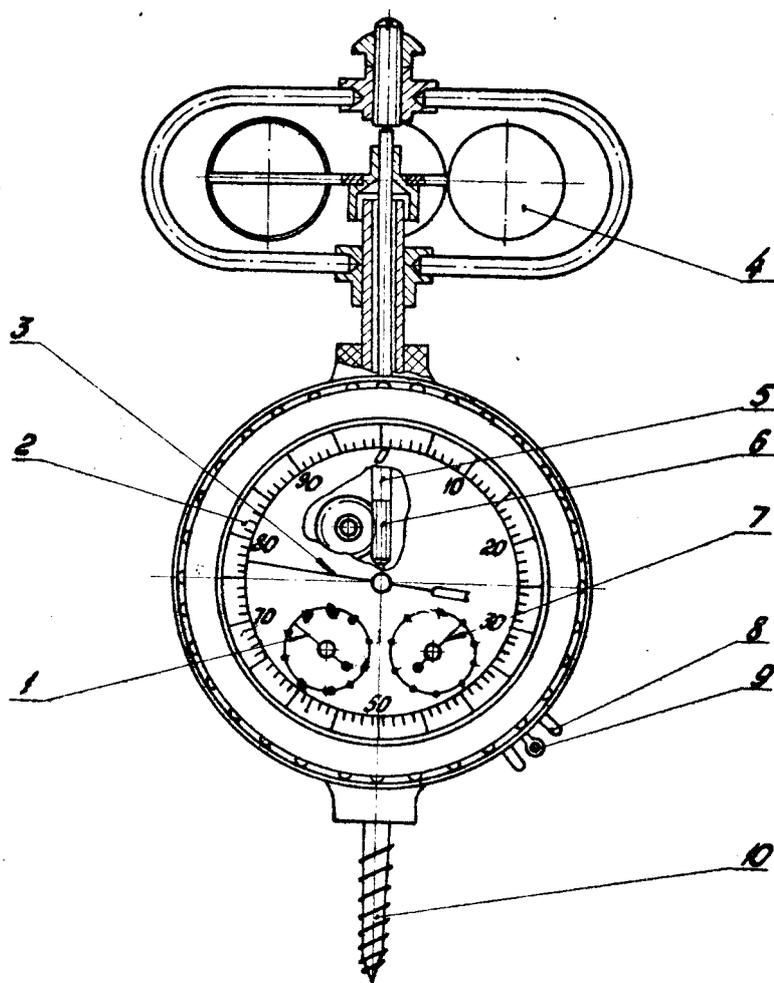
Ветроприемником анемометра служит четырехчашечная вертушка 4, насаженная на ось 5, вращающаяся в опорах (рисунок 1.1). На нижнем конце оси 5 нарезан червяк 6, связанный с редуктором, передающий движение трем указывающим стрелкам. Циферблат 2 имеет соответственно шкалы единиц, сотен и тысяч.

Червяк 6 через червячное колесо и триб передает движение центральному колесу, на оси которого закреплена стрелка 3 шкалы единиц. Триб центрального колеса через промежуточное колесо приводит во вращение, малое колесо, на оси которого насажена стрелка 1 шкалы сотен. От малого колеса через второе промежуточное колесо вращение передается второму малому колесу, ось которого несет на себе стрелку шкалы тысяч 7.

Включение и выключение механизма производится арретиром 9, один конец которого находится под изогнутой пластинчатой пружиной, являющейся подпятником червячного колеса.

Для включения счетного механизма арретир 9 поворачивают по часовой стрелке. Другой конец арретира при этом поднимает пластинчатую пружину, которая, перемещая ось колеса в осевом направлении, вводит червячное колесо из зацепления червяком 6. При повороте арретира против часовой стрелки червячное колесо входит в зацепление с червяком и ветроприемник анемометра соединяется с редуктором. Механизм анемометра закреплен в корпусе из пластмассы. Нижняя часть корпуса заканчивается винтом 10, служащим для крепления анемометра на стойке или шесте.

В корпусе анемометра по обе стороны арретира 9 ввернуты ушки 8, через которые пропускается шнур для включения и выключения анемометра, поднятого на стойке (шесте). Шнур привязывается за ушко арретира 9.



1 - стрелка шкалы сотен; 2 - циферблат; 3 - стрелка шкалы единиц; 4 - вертушка; 5 - ось; 6 - червяк; 7 - стрелка шкалы тысяч; 8 - ушки; 9 - арретир; 10 - винт.

Рисунок 1.1 – Устройство анемометра чашечного (МС - 13)

Ветроприемник анемометра защищен крестовиной из проволочных дужек, служащей также для крепления верхней опоры оси ветроприемника.

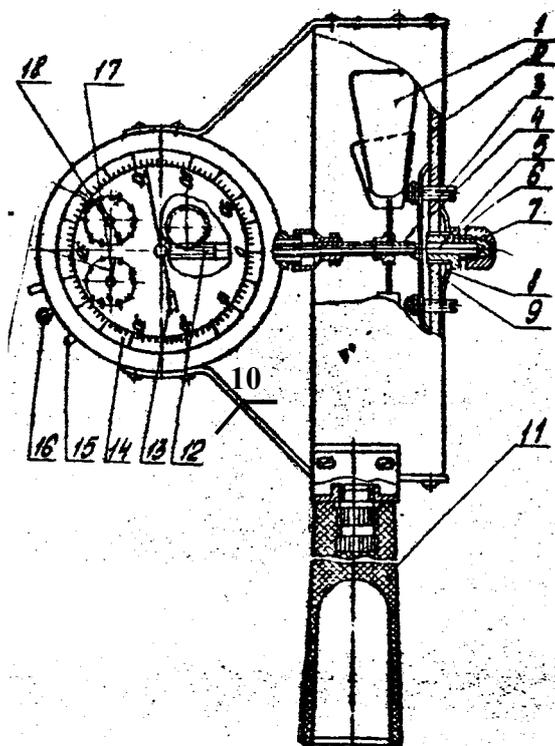
Анемометр требует осторожного обращения во избежание механических повреждений. Из-за повреждений ветроприемника или защитных дужек могут быть нарушены градуировочные характеристики анемометра.

При ввертывании винта 10 анемометра в деревянную стойку или шест анемометр следует держать за корпус, не касаясь защитных дужек ветроприемника. Шнур для включения должен легко проходить в отверстие ушка арретира и в отверстия двух других ушек.

В промежутках между отдельными измерениями прибор должен храниться в футляре с отключенным механизмом.

Устройство и принцип работы анемометра крыльчатого АСО-3. Анемометр крыльчатый (АСО-3) ГОСТ 6376-74 предназначен для измерения средней скорости направленного воздушного потока в промышленных усло-

виях. Диапазон измерения средней скорости направленного воздушного потока от 0,3 до 5 м/с. Чувствительность не более 0,2 м/с. Предел допускаемой погрешности не более $\pm (0,1 + 0,05v)$ м/с. Ветроприемником анемометра служит крыльчатка 1, насаженная на трубчатую ось 3 с подшипниковыми втулками 9 (рисунок 1.2). Втулки 9 вращаются на стальной оси 5, один конец которой впаян в обойму и закреплен в неподвижной опоре, а второй затянут гайкой 7 во втулке 6, находящейся в отверстии распорного стержня 2. Натяжение оси 5 осуществляется пружиной 8. Осевой люфт оси 3 регулируется пружиной 4. На конце трубчатой оси 3 закреплен червяк 12, передающий вращение ветроприемника зубчатому редуктору счетного механизма. Счетный механизм имеет три стрелки, его циферблат имеет соответственно три шкалы: единиц, сотен и тысяч.



1- крыльчатка; 2- стержень; 3- ось трубчатая; 4-пружина; 5-ось стальная; 6- втулка; 7- гайка; 8- пружина; 9-втулка подшипниковая; 10- корпус анемометра; 11 - ручка; 12 - червяк; 13 - стрелка шкалы единиц; 14 - циферблат; 15 - ушко; 16 - арретир; 17 - стрелка шкалы тысяч; 18 - стрелка шкалы сотен.

Рисунок 1.2 – Устройство анемометра крыльчатого АСО-3

Счетный механизм работает следующим образом: червяк 12 через червячное колесо и триб передает движение центральному колесу, на оси которого укреплена стрелка 13 шкалы единиц. Триб центрального колеса через промежуточное колесо приводит во вращение малое колесо, на оси которого

насажена стрелка 18 шкалы сотен. От малого колеса через второе промежуточное колесо вращение передается второму малому колесу, ось которого несет на себе стрелку 17 шкалы тысяч. Шкалы: единиц, сотен и тысяч выполнены на циферблате 14.

Включение и выключение механизма производится арретиром 16. Один конец арретира 16 находится под пластинчатой пружинкой, являющейся подпятником червячного колеса, другой конец выведен из корпуса прибора через паз.

Для выключения счетного механизма арретир 16 поворачивают за выступающий конец по часовой стрелке. При повороте арретира 16 против часовой стрелки червячное колесо входит в зацепление с червяком 12 и ветроприемник анемометра соединяется со счетным механизмом. Механизм прибора закреплен в металлическом корпусе, снабженном ручкой 11. Ручка выполнена в виде трубки и может быть использована для установки прибора на деревянном шесте. В корпус прибора по обе стороны выступающего конца арретира 16 ввернуты два ушка 15. Через них пропускается шнурок, с помощью которого производится включение и выключение анемометра, поднятого на стойке (шесте). Шнурок привязывается к концу арретира 16.

Ветроприемник анемометра защищен от механических повреждений цилиндром (диффузором), служащим одновременно для ограничения сечения измеряемого воздушного потока. Анемометр требует осторожного обращения во избежание механических повреждений. Не следует подвергать анемометр действию скорости потока выше 5 м/с. При повреждении ветроприемника нарушаются градуировочные характеристики анемометра. При установке анемометра на деревянную стойку или шест не следует нажимать на диффузор ветроприемника. Шнур для включения должен легко проходить в отверстия ушек корпуса.

1.1.2 Ход работы

Материалы и оборудование: анемометр чашечный МС-13 и анемометр крыльчатый АСО-3.

Анемометр чашечный (МС-13). Перед измерением скорости ветра записывают показания по трем шкалам. В измеряемом воздушном потоке анемометр устанавливают вертикально и через 10-15 с. одновременно включают арретиром механизм анемометра и секундомер. Экспонирование анемометра в воздушном потоке производят в течение одной или двух минут. По истечении этого времени механизм и секундомер включают и записывают показания по шкалам анемометра и время экспозиции в секундах. Разность между конечным и начальным отсчетом делят на время экспозиции и определяют число делений шкалы, приходящихся на одну секунду.

Скорость ветра определяется по градуировочному графику, приложенному к анемометру. На вертикальной оси графика находят число делений шкалы, приходящихся на одну секунду.

От этой точки проводится горизонтальная линия до пересечения с пря-

мой графика, а из точки пересечения проводится вертикальная линия до пересечения с горизонтальной осью. Точка пересечения вертикали с горизонтальной осью графика дает искомую скорость воздушного потока в м/с.

Анемометр крыльчатый (АСО-3). Порядок выполнения работы. Перед началом работы выключают с помощью арретира передаточный механизм и записывают начальное показание счетчика по трем шкалам. После этого анемометр устанавливают в воздушном потоке ветроприемником навстречу потоку и осью крыльчатки вдоль направления потока. Через 10-15 секунд одновременно включают механизм анемометра и секундомер.

Анемометр держат в воздушном потоке в течение одной-двух минут. После этого механизм и секундомер выключают, записывают конечное показание счетчика и время экспозиции в секундах и делением разности конечного и начального показаний счетчика на время экспозиции определяют число делений, приходящихся на одну секунду.

Скорость потока определяется по градуировочному графику, приложенному к анемометру, следующим образом: на вертикальной оси графика отыскивают число, соответствующее числу делений шкалы счетчика анемометра в секунду. От этой точки проводится горизонтальная линия до пересечения с прямой графика. Из полученной точки пересечения опускается вертикальная линия до пересечения с горизонтальной осью. Точка пересечения дает искомую скорость воздушного потока в м/с. К анемометру прилагаются два графика (рисунки 1.3, 1.4), один из которых применяется при скорости направленного потока до 1 м/с, а второй - при скорости от 1 до 5 м/с.

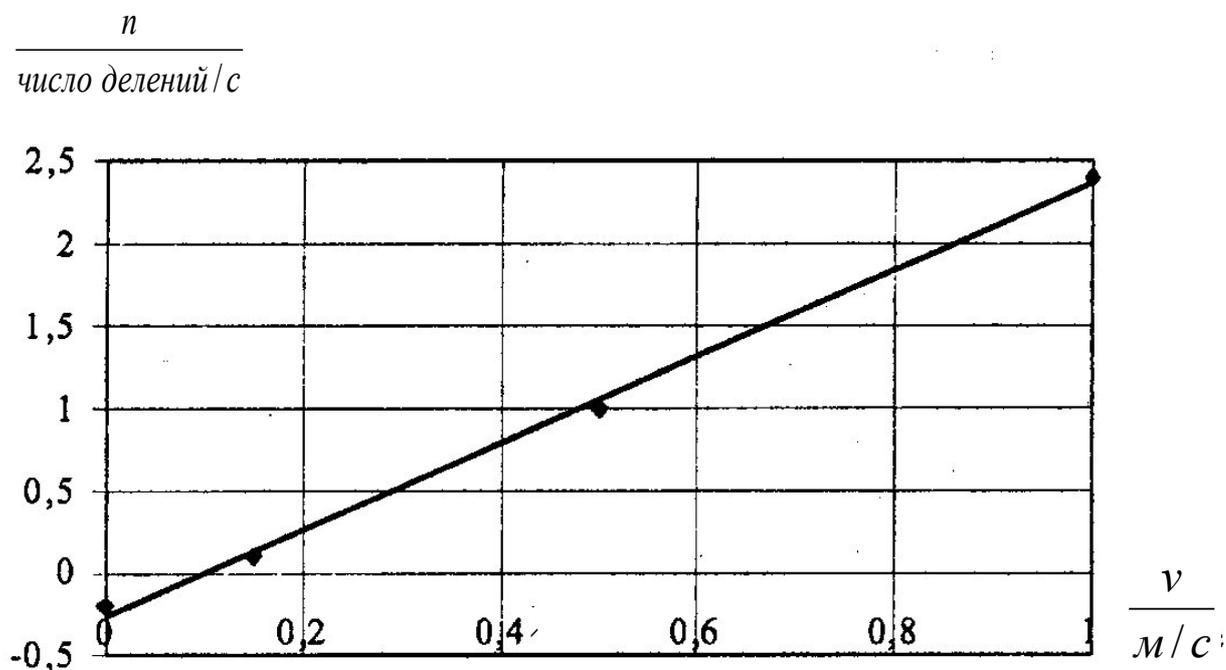


Рисунок 1.3 Зависимость числа делений шкалы в секунду от скорости направленного воздушного потока (анемометр крыльчатый АСО-3)

$\frac{n}{\text{число делений/с}}$

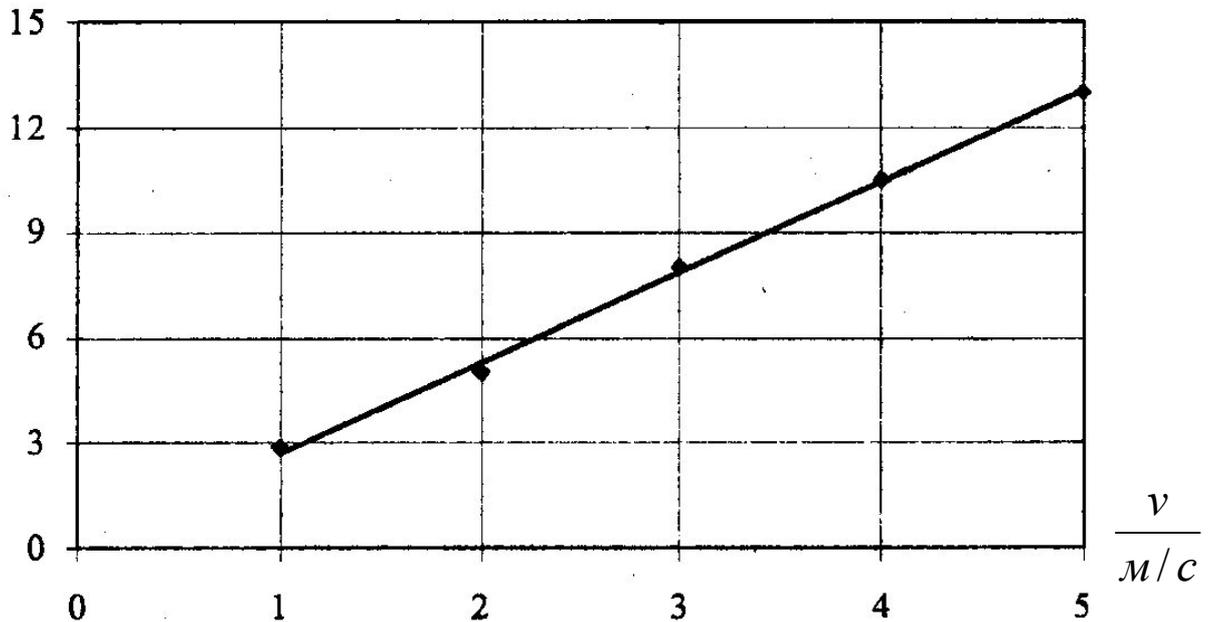


Рисунок 1.4 Зависимость числа делений шкалы в секунду от скорости направленного воздушного потока (анемометр чашечный МС-13)

1.1.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя описание места проведения эксперимента и расчеты, оформленные в виде таблицы.

Таблица 1.1 Результаты проведенных исследований и расчетов

Задаваемый параметр	Измеряемая величина			X_n	$E_{\text{абс}}$	$E_{\text{отн}}$	$X_n \pm E_{\text{абс}}$
	X_1	X_2	X_3				

1.2 Наблюдения за температурой воздуха

Материалы и приборы: ртутный термометр ТМЗ-1

1.2.1 Общие положения

Температура (t , T) является характеристикой теплового состояния тел. При метеорологических наблюдениях она выражается в градусах шкалы Цельсия (t °С). Для оценок термодинамического состояния системы используется термодинамическая температурная шкала Кельвина (T , К). Обе шкалы

характеризуют эквивалентное изменение теплового состояния тел при изменении температуры на равное количество градусов, но имеют различные значения начала отсчета, соответствующее нулю шкалы.

$$T (K) = 273,15 + t \text{ } ^\circ\text{C}$$

Следует различать используемые в метеорологии значения температуры, характеризующие тепловое состояние среды (температура воздуха, почвы, воды), и температуры, зависящей от дополнительных условий формирования теплового баланса резервуара термометра, например смоченного в психрометре. В настоящее время при стандартных измерениях температура определяется с точностью до 0,1 °С.

Для каждой местности характерны собственные абсолютные и средние значения температур воздуха. Абсолютные температуры устанавливаются на основе данных многолетних наблюдений на метеостанциях. К примеру, самое жаркое место на Земле располагается в Ливийской пустыне (+ 58° С), самое холодное — в Антарктиде (—89,2 °С). В нашей стране самая низкая температура —70,2 °С зафиксирована в Восточной Сибири (пос. Оймякон).

Средняя температура для данной местности рассчитывается сначала для суток по термометрическим определениям в 1 ч, 7 ч, 13 и 19 ч, т. е. 4 раза в сутки; затем по среднесуточным данным рассчитываются среднемесячные и среднегодовые температуры.

Для практических целей выполняются карты изотерм, среди которых наиболее показательными являются изотермы января и июля, т.е. самого теплого и самого холодного месяцев.

1.2.2 Ход работы

Метод измерения температуры воздуха основан на использовании термометров, которые экспонируются в воздухе, принимая его температуру. Температура термометра определяется по изменению одного из термометрических свойств чувствительного элемента.

Настоящая методика распространяется на определение следующих характеристик температуры воздуха:

- максимальной температуры за промежутки времени между сроками наблюдений (°С);
- минимальной температуры за промежутки времени между сроками наблюдений (°С);
- температуры воздуха в срок наблюдений (°С).

При наблюдениях за температурой воздуха на постах применяются следующие средства измерений:

- для измерения минимальной температуры между сроками наблюдений метеорологические минимальные термометры ТМ2-1 (диапазон измере-

ний от минус 70 до плюс 20 °С), ТМ 2-2 (диапазон измерений от минус 60 до плюс 30 °С) и ТМ2-3 (диапазон измерений от минус 50 до плюс 40 °С);

- для измерения максимальной температуры воздуха между сроками наблюдений метеорологические максимальные термометры ТМ1-1 (диапазон измерений от минус 35 до плюс 50 °С) и ТМ1-2 (диапазон измерений от минус 20 до плюс 70 °С);

- для измерения температуры воздуха в срок ТМ3-1 (диапазон измерений от минус 35 до плюс 60 °С), ТМ3-2 (диапазон измерений от минус 25 до +70 °С) и ТМ3-3 (диапазон измерений от минус 10 до плюс 85 °С) или метеорологические психрометрические термометры ТМ4-1 (диапазон измерений от минус 35 до +40 °С) и ТМ4-2 (диапазон измерений от минус 25 до плюс 50 °С);

- для измерения температуры воздуха ниже минус 36°С метеорологические низкоградусные термометры ТМ9-1 (диапазон измерений от минус 60 до плюс 20 °С) и ТМ9-2 (диапазон измерений от минус 70 до плюс 20 °С).

Измерение температуры воздуха должно производиться на высоте 1,5 м от подстилающей поверхности. При подготовке к измерению температуры термометр осматривают для определения его исправности. Отсчет по термометрам производится с точностью до 0,5 °С. Каждый отсчет сразу записывается. При наблюдениях по термометрам требуется соблюдать следующие правила:

а) не разрешается снимать термометры со штатива при производстве отсчетов;

б) при отсчетах глаз следует держать прямо против конца штифта, столбика спирта или столбика ртути;

в) ввиду большой чувствительности термометров не следует при отсчетах приближать к их резервуарам руку или фонарь.

При показаниях термометра ниже 0 °С перед отсчетом ставится знак минус (-), при показаниях термометра выше 0 °С знак плюс (+) не ставится.

1.2.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя описание места проведения эксперимента и расчеты, оформленные в виде таблицы.

Таблица 1.2 Результаты проведенных исследований и расчетов

Задаваемый параметр	Изменяемая величина			X_n	$E_{абс}$	$E_{отн}$	$X_n \pm E_{абс}$
	X_1	X_2	X_3				

1.3 Определение относительной влажности воздуха

1.3.1 Общие положения

Водный режим атмосферы сформировался в результате длительного взаимодействия земной поверхности и атмосферы. В атмосферу водяной пар поступает при испарении с поверхности воды, почвы. Он переносится атмосферными движениями, конденсируется и в виде осадков возвращается на поверхность Земли. Общее количество воды, участвующее в этом круговороте составляет 12 – 14 тыс. км³, что можно выразить слоем воды толщиной 25 мм, покрывающим весь земной шар.

По сравнению с общим водозапасом Земли атмосферная влага составляет весьма малую часть. Однако она играет определяющую роль в изменчивости погоды, многочисленных процессах, происходящих на земной поверхности, в атмосфере и биосфере. Полная смена влаги в атмосфере в результате влагооборота происходит за 9 – 10 дней.

За год в виде различных осадков из атмосферы выпадает 577 000 км³ воды. На испарение такого количества воды затрачивается примерно 25 % солнечной энергии, поступающей на Землю.

В атмосферных процессах водяной пар и продукты его конденсации во многом определяют погодные условия. Водяной пар как активный поглотитель инфракрасного излучения земной поверхности и атмосферы определяет наряду с СО₂ формирование теплового режима земной поверхности и атмосферы, являясь важнейшим фактором парникового эффекта.

Вода в атмосфере встречается во всех агрегатных состояниях: газообразном (водяной пар), жидком (вода), твердом (лед).

Атмосферный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара. Источником водяного пара для атмосферы является земная поверхность. Содержание водяного пара в приземном слое максимально. Выше приземного слоя массовая доля водяного пара уменьшается.

В суточном ходе парциальное давление водяного пара и абсолютная влажность имеют два максимума – в 7 – 10 ч и в 19 – 22 ч местного времени. Два минимума – перед восходом солнца и в 15 – 17 ч.

В утренние часы температура земной поверхности начинает быстро расти, увеличивается испарение и влажность воздуха возрастает. Это наблюдается до 9 – 10 ч, затем возрастает турбулентность в приземном и планетарном пограничном слое, что ведет к интенсивному удалению влаги из приземного слоя, т.е. к выносу его в более высокие слои атмосферы. Над теплыми акваториями максимальная конвекция развивается в ночное время, на это же время приходится и максимум испарения.

Влажность воздуха, характеризуемая парциальным давлением водяного пара (e), выражается в тех же единицах, что и атмосферное давление с точностью до 0,1 гПа. В этих же единицах выражается дефицит влажности.

Относительная влажность воздуха (f) – отношение фактической влажности к влажности насыщения при той же температуре. Вычисляется до целых процентов.

Абсолютная влажность воздуха (a), плотность водяного пара, вычисляется с точностью до $0,1 \text{ г/м}^3$.

Удельная влажность (q) – массовая доля водяного пара – отношение плотности водяного пара ρ_n к плотности влажного воздуха ρ в том же объеме.

Отношение смеси (m) – отношение массы водяного пара к массе сухого воздуха в том же объеме. Удельная влажность и отношение смеси определяются с точностью до $0,0001$.

Влажность воздуха играет важную роль в химической технологии. Только при определенной относительной влажности воздуха возможны нормальное функционирование взрывоопасных производств (например, при влажности выше 55% удается избежать накопления зарядов статического электричества), испытание материалов в стандартных условиях, проведение химико-технологических процессов (например, сушки), правильная и безотказная работа механизмов, контрольно-измерительных приборов, ЭВМ и т.д.

Гигрометры – приборы для измерения влажности газов.

Кулонометрические гигрометры. В гигрометрах этого типа чувствительный элемент выполнен в виде трубчатого корпуса из электроизоляционного материала, внутри которого размещены две несоприкасающиеся спирали (электроды) из Pt (платина) и Rh (родий). Пространство между спиралями заполнено адсорбентом – частично гидратированным P_2O_5 . анализируемый газ с постоянным расходом пропускают через элемент, и водяные пары практически полностью поглощаются P_2O_5 . Диапазон измерений от 10^{-5} до $0,1 \%$. Недостаток приборов – невозможность измерения влажности газов, которые содержат щелочные и полимеризующиеся компоненты. В первом случае P_2O_5 реагирует со щелочным компонентом, во втором служит инициатором полимеризации, а образующаяся пленка полимера препятствует поступлению водяных паров к поверхности адсорбента. При наличии в газе паров спирта возникает дополнительная погрешность, связанная с его гидролизом и образованием дополнительной влаги. Погрешность кулонометрических приборов обычно $1 - 5 \%$ при концентрации влаги порядка сотых долей процента и $10 - 20 \%$ при концентрации $10^{-4} - 10^{-3} \%$. Эти приборы применяют для контроля влажности воздуха, предназначенного для питания контрольно-измерительных приборов.

Электросорбционные гигрометры. Принцип их действия состоит в измерении электрической проводимости вещества, поглощающего влагу. Адсорбенты: Al_2O_3 , $LiCl$, силикагель, SnO_2 , цеолиты, асбест и др. Наиболее распространены датчики на основе первых двух адсорбентов. Полное сопротивление электродов с нанесенными на них адсорбентами зависит от концентрации влаги в среде, окружающей адсорбент, и измеряется с использованием переменного тока промышленной частоты.

Гигрометры, основанные на измерении точки росы. Анализируемый газ охлаждают до температуры, отвечающей температуре насыщения водяного пара, т.е. до точки росы. Эту температуру определяют в момент начала конденсации пара (выпадение росы) на плоской полированной поверхности зеркала. Зная точку росы и температуру анализируемого газа, можно вычислить относительную влажность.

Достоинства этих гигрометров: низкий предел обнаружения влаги (точка росы – 100 °С, что отвечает концентрации 10^{-6} %); погрешность не выше 1 °С.

Недостаток: невозможность определения содержания влаги в газах (парах), температура конденсации которых выше, чем измеряемая точка росы (например, в пропилене). Эти приборы широко применяют в заводских лабораториях.

Психрометры. Основаны на определении разности температур двух термометров – обычного, или сухого и мокрого, т.е. непрерывно увлажняемого так, что на его поверхности поддерживается влажность. Соответствующая насыщению при данной температуре. Оба термометра помещены в анализируемую среду (газ). Температура мокрого термометра снижается вследствие испарения влаги, обусловленного разностью ее концентраций на термометре и в анализируемом газе, и зависит от относительной влажности. Пределы измерения 20 – 100 % при температурах от -5 до 40 °С, погрешность 3 – 10 %, длительность измерения не превышает нескольких минут. Недостаток: возможность загрязнения фитиля, смачивающего мокрый термометр, пылью, твердыми частицами и отсюда погрешность в измерениях.

1.3.2 Ход работы

Материалы и оборудование: психрометр аспирационный МВ-4М.

Относительная влажность воздуха в лабораторной работе определяется при помощи психрометра аспирационного МВ-4М.

Диапазон измерения:

- относительной влажности воздуха при температуре окружающей среды от минус 10 до плюс 40 °С, в процентах, от 10 до 100;
- температуры воздуха от минус 31 до плюс 51 °С в наземных условиях.

Скорость воздушного потока у резервуаров термометров, создаваемая вентилятором психрометра (аспирация), должна быть не менее 2 м/с на 4-й минуте и 1,7 м/с на 6-й минуте работы вентилятора. Время действия завода механизма - не менее 8 мин. Цена деления шкал термометров - не более 0,2 °С.

Правила пользования прибором:

1. Психрометр нельзя брать влажными руками. В особенности надо беречь никелировку труб защиты, так как потемнение или коррозия поверхности

трубок уменьшает отражение солнечных лучей, вследствие чего психрометр сильнее нагревается и искажает показания термометров.

2. Следует избегать отпотевания психрометра при резких изменениях температуры, для чего в холодное время года, прежде чем вынуть психрометр, из футляра, надо дать ему возможность постепенно принять температуру окружающего воздуха.

3. После работы психрометр следует тщательно протереть замшей или бархаткой.

Принцип работы психрометра основан на разности показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха.

Психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров 4 (рисунок 1.3), закрепленных в термодержателе, который состоит из трубок защиты 1, аспирационной чашки 2, воздухопроводной трубки 3 и термозащит 5.

Резервуары термометров помещены в трубки защиты с воздушным зазором между ними. Назначение их - предохранять резервуары термометров от нагревания солнцем, для чего наружная поверхность трубок тщательно полируется и никелируется. Сами трубки изолированы друг от друга теплоизоляционными шайбами.

Трубки защиты соединены аспирационной чашкой с воздухопроводной трубкой, на верхнем конце которой укреплена аспирационная головка 6. Пружина заводного механизма заводится ключом 7. Термометры защищены с боков термозащитами от механических повреждений. К психрометру прилагается ветровая защита 8.

Для подвешивания психрометра имеется крюк 9, на одном конце которого есть крючок с прорезью. Крюк ввинчивают горизонтально в специальный столб и на него навешивают психрометр.

Перед работой резервуар правого термометра обертывается в один слой батистом и смачивается чистой дистиллированной водой при помощи резинового баллона 12 с пипеткой 10.

Психрометр работает следующим образом. Вращением вентилятора в психрометр всасывается воздух, который, обтекая резервуары термометров, проходит по воздухопроводной трубке к вентилятору и выбрасывается им наружу через прорези. Благодаря обтеканию потока воздуха вокруг резервуаров термометров сухой термометр будет показывать температуру этого потока, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности батиста, облегающего его резервуар.

Влажность воздуха определяется по показаниям сухого и смоченного термометров по специальным психрометрическим таблицам или психрометрическому графику, а температура воздуха—по показаниям сухого термометра.

Психрометр можно использовать для определения влажности и температуры воздуха в помещении и на открытом воздухе. При наблюдении на открытом воздухе психрометр подвешивается на специальном столбе так,

чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м над почвой. Во время отсчета необходимо строго следить за тем, чтобы ветер дул по направлению от психрометра на наблюдателя.

Порядок наблюдения по аспирационному психрометру следующий:

а) при определении влажности на открытом воздухе психрометр выносят из помещения летом за четверть часа до наблюдения, а зимой не менее, чем за полчаса и подвешивают на столбе;

б) смачивают батист на резервуаре термометра. Вне помещения это смачивание производится зимой за полчаса, а летом за четыре минуты до начала наблюдений. Для этого берут резиновый баллон с пипеткой, заранее наполненный дистиллированной водой, и легким нажимом доводят воду в пипетке до черточки. Если черточка отсутствует, то доводят воду не ближе, чем на 1 см до края пипетки и удерживают ее на этом уровне при помощи зажима 11. После этого пипетку вводят до отказа во внутреннюю трубку защиты и смачивают батист на резервуаре термометра. Выждав некоторое время, не вынимая пипетки из трубки, разжимают зажим, вбирая излишнюю воду в баллон, после чего пипетку вынимают;

в) заводят вентилятор почти до отказа, но осторожно, чтобы не сорвать пружину, отсчет по термометрам производится на 4-й минуте после пуска вентилятора.

Психрометром можно пользоваться и при отрицательных температурах не ниже 10 °С, но при этом каждый раз необходимо отмечать состояние батиста: была ли на нем переохлажденная вода или лед. Для защиты вентилятора от действия сильного ветра (свыше 4 м/с) на прорези аспирационной головки с наветренной стороны необходимо надевать ветровую защиту открытым концом в направлении вращения вентилятора.

Вычисление влажности воздуха (абсолютной и относительной) по показаниям психрометра производится по психрометрическим таблицам. Кроме того, определение относительной влажности по показаниям психрометра можно производить по психрометрическому графику (рисунок 1.4).

Определение относительной влажности по психрометрическому графику производится в следующем порядке:

- по вертикальным линиям отмечают показания сухого термометра, по наклонным - показания смоченного термометра;

- на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах.

Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90.

Пример. Температура сухого термометра 21,7 °С, температура смоченного термометра 14,3 °С. На графике находим точку пересечения вертикальной и наклонной линии, соответствующих данным температурам, она находится выше 42, но ниже 44. Следовательно, относительная влажность будет

приблизительно 43 %. Пользоваться психрометрическим графиком удобно в том случае, если необходимо определить только относительную влажность.

Так как при определении абсолютной влажности приходится пользоваться психрометрическими таблицами, то и все вычисления проще вести только по таблицам.

Погрешности при определении относительной влажности с помощью психрометрических таблиц не должны превышать значений, указанных в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Значения погрешностей при определении относительной влажности

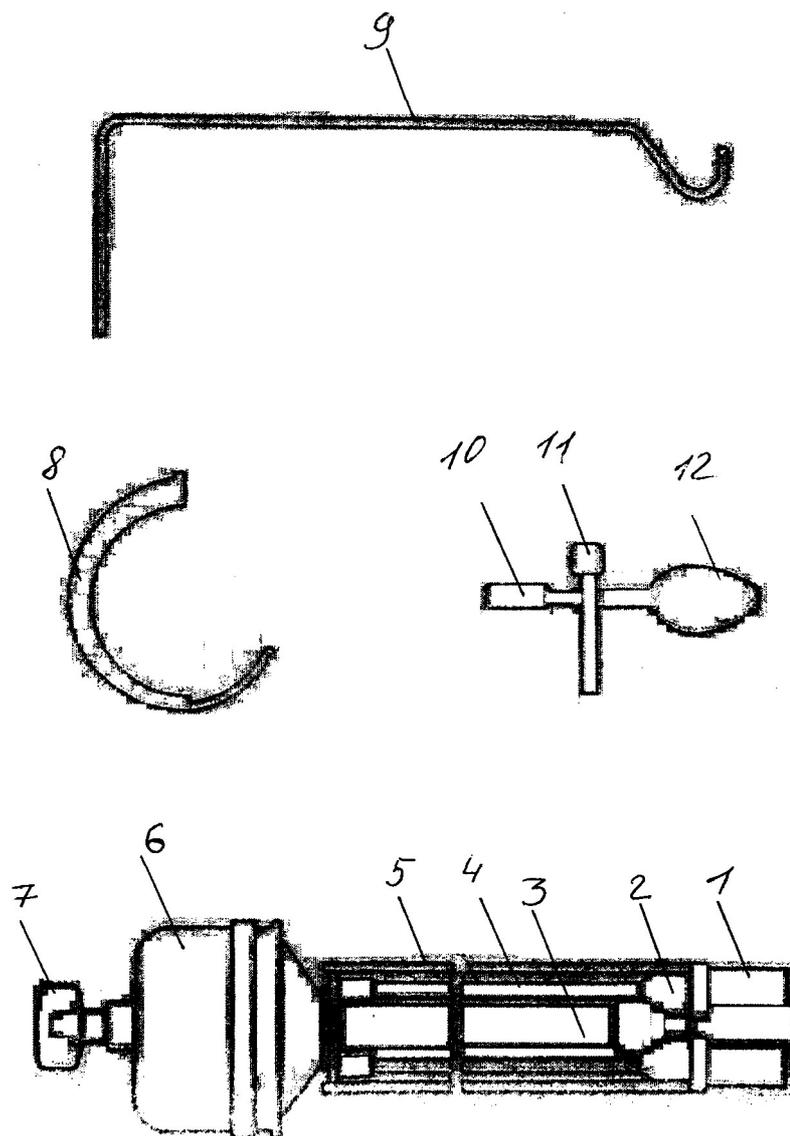
Температура воздуха, °С	Относительная влажность, в процентах			
	100	60	20	10
	Погрешность при определении относительной влажности в процентах к измеренной величине			
30	±1,5	±2	±5	±9
20	±2	±3	±7	±14
10	±3	±4	±11	±20
0	±4	±6	±17	±35
-5	±5	±9	±25	±50
-10	±7	±12	±35	±70

1.3.3 Форма отчета о выполненной работе

Результаты измерений (не менее 3-х) оформляются в виде таблицы 3. По результатам рассчитываются относительная и абсолютная погрешности эксперимента и затем записываются в вывод.

Таблица 3 – Результаты измерения относительной влажности воздуха.

№ опыта	Показания сухого термометра, °С	Показания смоченного термометра, °С	Относительная влажность воздуха, %



1 - трубка защиты (2); 2 - чашка аспирационная; 3 - трубка воздухопроводная; 4 - термометр ртутный (2); 5 - термозащита (2); 6 - головка аспирационная; 7 - ключ; 8 - защита ветровая; 9 - крюк; 10 - пипетка; 11 - зажим для резиновых трубок; 12 - баллон.

Рисунок 1.3 Психрометр аспирационный МВ-4М

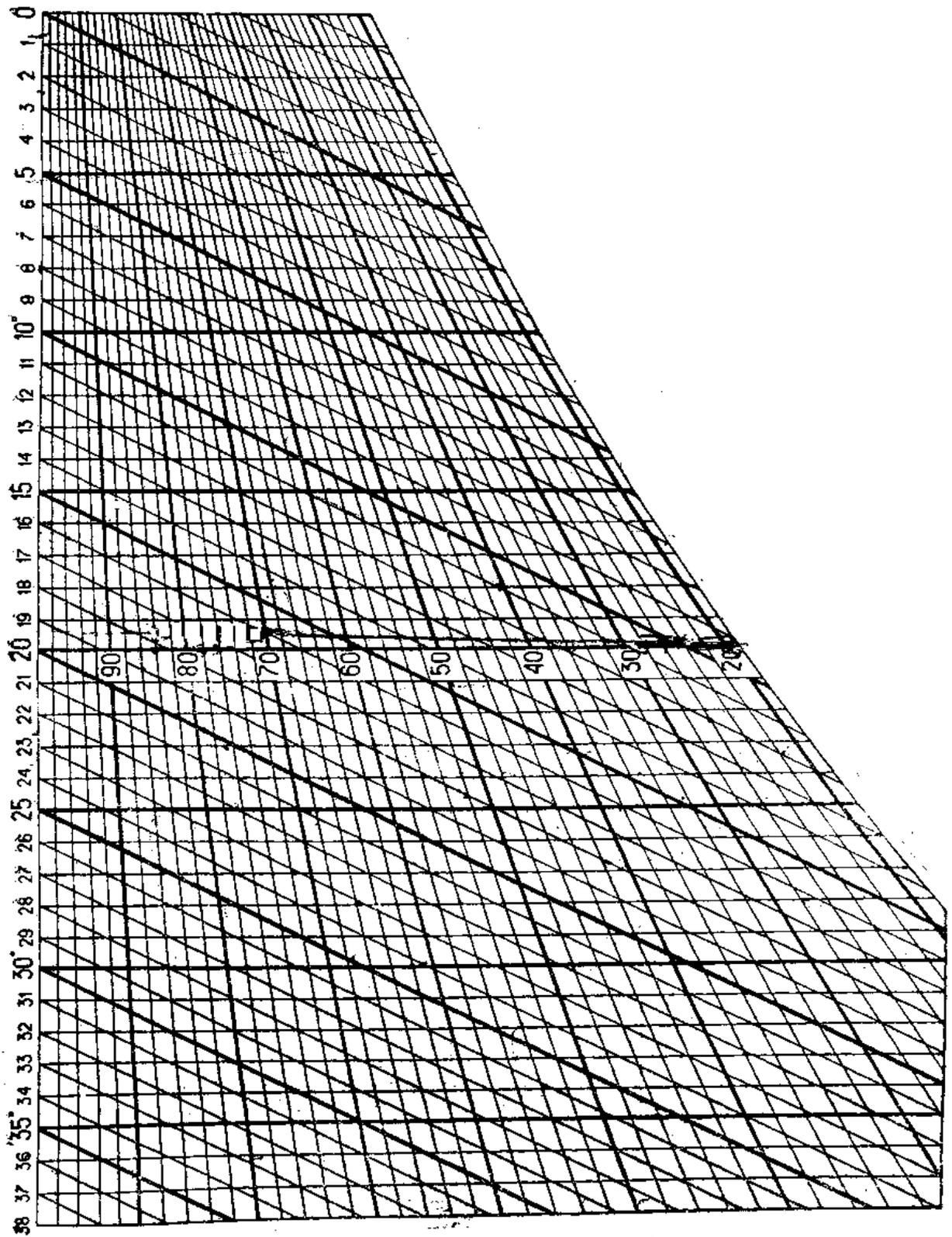


Рисунок 1.4 Показания смоченного и сухого термометров

1.4 Контрольные вопросы

1. Устройство анемометра крыльчатого АСО-3.
2. Устройство анемометра чашечного МС - 13.
3. Принцип работы анемометра крыльчатого АСО-3.
4. Принцип работы анемометра чашечного МС - 13.
5. Как осуществляется измерение скорости ветра?
6. Что такое инверсии?
7. Что влияет на годовую амплитуду температур воздуха?
8. Какие существуют средства измерения температуры?
9. Как должно производиться измерение температуры?
10. Что такое относительная влажность воздуха?
11. Что такое абсолютная влажность воздуха?
12. Что такое удельная влажность?
13. Какие существуют приборы для измерения влажности газов?
14. Принцип работы психрометра.
15. Порядок наблюдения по аспирационному психрометру.

2 Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города

Цель работы: Овладение методикой комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города.

2.1 Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий

2.1.1 Общие положения

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы, средние и максимальные концентрации веществ относят к величине средней (максимальной) концентрации вещества–токсиканта или к санитарно–гигиеническому нормативу, например, к предельно допустимой концентрации (ПДК).

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют индексом загрязнения атмосферы ИЗА, который является комплексной оценкой влияния вредных веществ на окружающую среду.

Такие характеристики не дают полного представления о характере загрязнения атмосферы городов, а также не учитывают суммарного загрязнения атмосферного воздуха, класса опасности вредных веществ, характера комбинированного действия вредных примесей, совместно присутствующих в воздухе.

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов (M_i) i -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК _{i} .

2.1.2 Ход работы

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.1)$$

где m —количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

$КОВ_i$ – категория опасности i -го вещества, м³/с;

M_i —масса выбросов i -ой примеси в атмосферу, мг/с;

$ПДК_i$ —среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³;

α_i —безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Значения коэффициента α_i для разного класса опасности загрязняющих веществ

Класс опасности вещества	Значения α_i
1	1,7
2	1,3
3	1,0
4	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда $\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$. При $\frac{M_i}{ПДК_i} < 1$ значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии $ПДК_{сс}$ используют значения $ПДК_{мр}$, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят на четыре категории. Граничные условия для деления предприятий на категории опасности приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Граничные условия для деления предприятий по категории опасности

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Предприятия 1-й и 2-й категории представляют собой наибольшую опасность для окружающей среды, к ним необходимо применять особые требования при разработке нормативов ПДВ (ВСВ).

Предприятия 3-й категории опасности, как правило, самые многочисленные. Контроль источников выбросов на таких предприятиях проводится выборочно, один раз в несколько лет.

К 4-й категории опасности относят самые мелкие предприятия с небольшим количеством выбросов вредных веществ в атмосферу.

2.1.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения А), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) расчет КОП;
- 2) таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятий по КОВ и массе выбросов (таблица 2.3);

Таблица 2.3- Результаты ранжирования по массе выбросов и категории опасности вещества предприятия

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу			
	Значения КОВ		Масса выбросов	
	м ³ /с	%	т/год	%
Суммарный по предприятию				
Диоксид азота				
Углеводороды (по метану)				
Оксид углерода				

- 3) категория опасности предприятия.

2.2 Расчет категории опасности города

2.2.1 Общие положения

Для того, чтобы обеспечить научно-обоснованное управление качеством воздуха, необходима информация о выбросах вредных веществ, об уровнях загрязнения воздушной среды, их изменениях в течение короткого и длительного промежутков времени, а также о метеорологических условиях распространения примесей в атмосфере.

Лишь совместное рассмотрение этой информации позволит установить правильный диагноз состояния загрязнения воздушного бассейна и, главное, прогнозировать его на перспективу.

Получаемые данные по состоянию воздушной среды в промышленном центре можно разбить на четыре группы:

1. Данные по локальному мониторингу воздушной среды (до 35 веществ).
2. Данные по источникам выделения примесей и их мощности. Ранжирование населенных пунктов и отдельных районов в них по мощности антропогенных источников.
3. Данные о метеоусловиях, как одному из факторов, способствующему распространению или оседанию примесей в атмосфере города.
4. Данные о рельефе местности и особенностям застройки промышленного города, что обуславливает изменение скорости воздушных потоков и возникновение температурных полей на данной территории.

В свою очередь, качество атмосферы города можно оценить через категорию опасности города (КОГ), физический смысл которой заключается в некотором условном объеме загрязненного воздуха от всех предприятий города, который разбавлен до ПДК и приведен к одной токсичности.

2.2.2 Ход работы

Категория опасности города может быть использована в качестве основного параметра, способного прогнозировать санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды в городе на основе существующих данных об источниках загрязнения среды (М).

Категория опасности города (КОГ) оценивается как сумма категорий опасности предприятий (КОП), расположенных на территории или вблизи города:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП_i = \sum_{i=1}^m КОВ_i, \quad (2.2)$$

где m - количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух данного города;

n – количество предприятий на территории или вблизи города.

2.2.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения Б), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) расчет КОГ;
- 2) таблицу по ранжированию загрязняющих веществ по КОВ и массе выбросов (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Результаты ранжирования по массе выбросов и категории опасности вещества территории города

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу			
	Значения КОВ		Масса выбросов	
	м ³ /с	%	т/год	%
Суммарный по городу				
Диоксид серы				
Диоксид азота				
Сероводород				
Пыль				
Оксид углерода				

2.3 Расчет критерия качества атмосферы

2.3.1 Общие положения

Вредные вещества, попадая в атмосферу, подвергаются физико-химическим превращениям, рассеиваются или вымываются осадками из нее.

В периоды, когда осадков нет, степень загрязнения атмосферы от антропогенных источников зависит от переноса этих примесей на расстояния от источника.

Повышение концентрации примесей в конкретном районе города или в городе в целом зависит от определенных сочетаний метеорологических параметров.

Критерий качества атмосферы включает в себя сочетание наблюдаемых (или ожидаемых) метеорологических параметров в определенный период времени (час, сутки), рельефных характеристик, а также количество выбрасываемых вредных веществ в воздушный бассейн города, поэтому может использоваться при прогнозировании возможных изменений уровня загрязнения атмосферы, как на короткие временные интервалы, так и на длительное время.

При этом рассматривается система “атмосфера–территория”, основными элементами которой выступают источник, среда и условия распределения примесей:

1. Генератор (источник) примесей – производство, предприятие, выбрасывающее в атмосферу n -ое количество примесей.

2. Среда, в которую наблюдается диффузия примеси – атмосфера. Под атмосферой нами подразумевается ее приземный слой высотой 50–100 м ($H=50\div 100$ м).

3. Метеоусловия, задающие механизм распределения примеси в атмосферном воздухе территории.

2.3.2 Ход работы

Критерий качества атмосферы ($K_{атм}$) включает в себя количество выбросов от источников, скорость ветра и его направленность, токсичность примеси и ее класс опасности, рассчитывается по формуле:

$$K_{атм} = \sum_1^n \left(\frac{M_i}{ПДК^i} \right)^{\alpha_i} / \sum_1^n \left(\frac{J_{полн}}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i} = \frac{КОГ}{КОТ} = \frac{\sum_1^n КОП_i}{\sum_1^m КОВ_i} \quad (2.3)$$

Категория опасности территории – это способность территории рассеивать примесь до ПДК, приведенной к диоксиду серы. За категорию опасности территории (КОТ) принимается выражение вида:

$$КОТ = \sum_1^n \left(\frac{J_{полн}^i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.4)$$

Для конвективной диффузии, доминирующей в процессах рассеивания на территории Оренбургской области, уравнение 2.4 трансформируется в следующее выражение:

$$КОТ = \sum_1^n \left(\frac{C^i \cdot V_c}{ПДК_i \cdot t} \right)^{\alpha_i}; \quad (2.5)$$

где C^i – концентрация i -ой примеси, мг/м³;

V_c – объем среды, в котором происходит рассеяние примеси, м³.

$$C^i = K \cdot ПДК_i, \quad (2.6)$$

где K – кратность превышения среднесуточных ПДК (таблица 2.5).

Таблица 2.5 - Кратность превышения среднесуточных ПДК для различных зон экологического неблагополучия

Класс опасности вещества -загрязнителя	Зоны экологического неблагополучия		
	Экологического бедствия	Чрезвычайной экологической ситуации	Критической нагрузки
I	3	2	1
II	5	3	1
III	7,5	5	1
IV	12	7,5	1

Объем среды, в котором распределена примесь, определяется по формуле:

$$V_c^i = V_o \pm \Delta V, \quad (2.7)$$

где V_o – постоянный объем среды приземного слоя атмосферы территории (города), м³;

ΔV – прирост объема за счет диффузии, м³.

Постоянный объем приземного слоя атмосферы города определяется площадью территории города и высотой ее приземного слоя, то есть может быть рассчитан по формуле:

$$V_o = L \cdot H \cdot E, \quad (2.8)$$

где L и E – ширина и длина территории города, м;

H – высота приземного слоя воздуха, м.

С некоторым приближением (площадь города имеет форму круга, промышленные предприятия равномерно распределены по территории города) можно принять

$$V_o = \pi \cdot L^2 \cdot H = S_r \cdot H, \quad (2.9)$$

где S_r – площадь городской застройки, м².

Прирост объема определяется через поперечное сечение потока над предприятием (S), скорость ветра (U) и время его воздействия на атмосферу города (t)

$$\Delta V = S \cdot U \cdot t = L \cdot H \cdot U \cdot t, \quad (2.10)$$

2.4 Оценка зон экологического неблагополучия

2.4.1 Общие положения

Негативное воздействие воздушного бассейна на здоровье людей должно учитываться при обследовании территорий с возможным экологическим неблагополучием. Пространственный масштаб воздействия колеблется в широких пределах в зависимости от характеристик источников загрязнения и объектов воздействия.

В законе “Об охране окружающей среды” записано, что “участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных”, объявляются зонами чрезвычайной экологической ситуации.

Далее “участки территории, где в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природоохранного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны”, объявляются зонами экологического бедствия.

2.4.2 Ход работы

Экологическая обстановка классифицируется по возрастанию степени экологического неблагополучия следующим образом: относительно удовлетворительная; критическая; кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия). Величины критериев качества атмосферы, соответствующие этим зонам приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Значения критерия качества атмосферы для территории, прилегающей к источнику загрязнения

Характеристика территории	Величина критерия качества атмосферы	
	Минимальная	Максимальная
1. Условно чистая		< 0,3
2. Напряженная	0,3	1
3. Критическая зона	1	4
4. Зона ЧЭС	4	8
5. ЗЭБ	>8	

2.4.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения Б), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) расчет критерия качества атмосферы предприятия;
- 2) таблицу по определению зон экологического неблагополучия на территории предприятия (таблица 2.7);

Таблица 2.7 - Определение зон экологического неблагополучия на территории предприятия по величине критерия качества атмосферы

Название предприятия	Величина критерия качества атмосферы	Характеристика территории

- 3) расчет критерия качества атмосферы города;
- 4) таблицу по определению зон экологического неблагополучия на территории города (таблица 2.8).

Таблица 2.8 - Определение зон экологического неблагополучия на территории города по величине критерия качества атмосферы

Название города	Величина критерия качества атмосферы	Характеристика территории

Пример расчета комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города приведен в приложении В.

2.5 Контрольные вопросы

1. Каковы основные источники загрязнения воздуха, их ранжирование?
2. Дать определение понятиям: загрязнение и мониторинг
3. Каковы основные эколого-экономические последствия загрязнения атмосферы оксидами азота и серы?
4. Что такое комплексная оценка качества атмосферного воздуха?
5. Какие существуют критерии и параметры для оценки качества воздушной среды?
6. Какова основная тенденция загрязнения атмосферы оксидами азота?
7. Каковы основные методы уменьшения масштабов загрязнения атмосферы оксидами азота, серы?
8. Дать определение комплексным показателям качества атмосферы (КОП, КОГ, КОТ и $K_{атм}$).

3 Разработка технологической схемы очистки отходящих газов для различных производств

3.1 Общие положения

Каждое предприятие – это источник отходов, которые в свою очередь нормируются через предельно допустимое количество отходов. Для воздуха ПДВ, для воды ПДС. Если $M < (ПДВ, ПДС)$ – предприятие природопользователь, при $M > (ПДВ, ПДС)$ – предприятие загрязнитель. Поэтому при организации любого производства, и в особенности мало- или безотходного, необходимой стадией является промышленная и санитарная очистка газовоздушных выбросов.

Выбор метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства и определяется рядом основных факторов:

- объемом и температурой отходящих газов;
- агрегатным состоянием и физико-химическими свойствами примесей;
- концентрацией и составом примесей;
- необходимостью рекуперации или возвращения их в технологический процесс;
- капитальными и эксплуатационными затратами;
- экологической обстановкой в регионе.

Если окажется, что совершенствование технологических процессов и оборудования не может обеспечить необходимое качество отходящих газов, то в этом случае следует использовать установки очистки газов.

Установки очистки газа - это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу.

В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие.

3.2 Ход работы

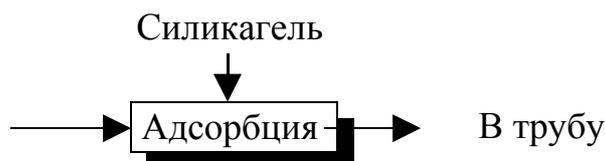
Необходимо разработать простейшую технологическую схему очистки отходящих газов. При этом необходимо учитывать:

- 1) состав отходящих газов;
- 2) агрегатное состояние примесей;
- 3) концентрацию;
- 4) объем и температуру отходящих газов.

Пример: Отходящие газы содержат NO_x – 20 г/м³; окисленность: 65 %; $V_{\text{отходящих газов}}$ – 70 м³/ч; t – 50 °С.

Так как отходящие газы содержат только NO_x и объем отходящих газов небольшой можно использовать адсорбционный метод очистки. Хорошим сорбентом оксидов азота служит активированный уголь, но его применение в данном случае затрудняется из-за легкой окисляемости, что может привести к сильному разогреву и даже к возгоранию угля. Силикагель по адсорбционным свойствам несколько уступает углю, но он более прочен и не окисляется кислородом, а окисление NO в NO_2 в его присутствии протекает даже быстрее.

Решение:



3.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения Д), объяснения и схему технологической очистки.

3.4 Контрольные вопросы

1. Что такое очистка?
2. Какие существуют виды очистки?
3. От чего зависит выбор методов очистки?
4. Какие существуют установки для очистки газов?
5. Какие существуют методы очистки отходящих газов от оксидов серы?
6. Какие существуют методы очистки отходящих газов от оксидов азота?
7. Какие существуют методы очистки отходящих газов от оксидов углерода и углеводородов?
8. Какие существуют методы очистки отходящих газов от взвешенных частиц?
9. Какие существуют методы очистки отходящих газов от парообразных примесей?
10. Как определяется эффективность очистки?

4 Методика расчета выбросов оксида углерода, углеводорода, оксидов азота, серы и сажи от автотранспорта

Цель работы: Овладение методикой расчета выброса вредных веществ от автотранспорта.

4.1 Общие положения

Автомобильный транспорт сыграл огромную роль в формировании современного характера расселения людей, в распространении дальнего туризма, в территориальной децентрализации промышленности и сферы обслуживания. В то же время он вызвал и многие отрицательные явления: ежегодно с отработавшими газами в атмосферу поступают сотни миллионов тонн вредных веществ; автомобиль - один из главных факторов шумового загрязнения; дорожная сеть, особенно вблизи городских агломераций, «съедает» ценные сельскохозяйственные земли. Под влиянием вредного воздействия автомобильного транспорта ухудшается здоровье людей, отравляются почвы и водоёмы, страдает растительный и животный мир.

Выбросы от автомобильного транспорта в России составляют около 22 млн.т в год. Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания содержат более 200 наименований вредных веществ, в т.ч. канцерогенных. Нефтепродукты, продукты износа шин и тормозных колодок, сыпучие и пылящие грузы, хлориды, используемые в качестве антиобледенителей дорожных покрытий, загрязняют придорожные полосы и водные объекты.

У дизельных и бензиновых двигателей основная доля выбросов приходится на углекислый газ и оксиды азота. При сгорании 1 т бензина в среднем выделяется: CO – 456 кг, CH – 23 кг, NO – 16 кг, SO₂ – 1,86 кг и альдегидов – 0,93кг, а при сгорании 1 т дизельного топлива выделяются те же продукты соответственно 21; 4; 18,8; 0,78 кг, при этом карбюраторные двигатели выделяют дополнительно окись свинца, а дизельные – сажу.

Эти данные характеризуют токсичность ОГ автотранспортных средств лишь в общих чертах. Количество вредных веществ, выбрасываемых автомобилями, зависит от многих факторов: типа двигателя, типа и качества используемого топлива, режима нагрузки двигателя, (режима движения автомобиля), конструкции автомобиля, эксплуатационного состояния основных конструктивных узлов и агрегатов автомобиля, категории и технического состояния дороги и др.

Загрязнённость придорожного пространства ОГ автотранспортных средств зависит, кроме дорожных условий и качества топлива, от структуры автотранспортного потока или, как принято ещё обозначать этот показатель, от состава движения и его интенсивности. Значение последнего показателя увеличивается по мере преобладания грузовых автомобилей и общественного пассажирского транспорта в потоке.

Токсичные вещества попадают в атмосферу не только в составе отработавших газов. Токсичными являются и сами углеводородные топлива. Особенно бензины, точнее их пары, выходящие из отверстий топливных баков и карбюратора, а также картерные газы двигателя. Предельно допустимая среднесуточная концентрация паров бензина - 1,5 мг/м³.

Однако автотранспорт является еще и мощным источником выделения аэрозолей, которые формируются по двум разным механизмам:

-первая часть аэрозолей поступает в атмосферу города в результате неполного сгорания топлива в двигателях (особенно в дизелях) транспортных средств. При этом выделяется тонкодисперсный аэрозоль сажи. В составе сажи, выбрасываемой двигателем, есть и полициклические углеводороды, обладающие канцерогенным и мутагенным действием (около 75 % мутагенов адсорбируются именно на саже), что сильно повышает ее агрессивность.

-вторая часть аэрозоля формируется в результате взаимодействия шин автомобиля и воздушного потока, создаваемого им, с поверхностью дороги.

Таким образом, автомобильные дороги крупного города являются мощным источником как первичного, так и вторичного выделения веществ загрязнителей в атмосферу.

4.2 Расчет выбросов от автомобильного транспорта

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице M_{ij} рассчитывается по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{\text{общ}}^N \cdot 10^{-6} \quad (4.1)$$

где m_{ij} – приведенный пробеговый выброс г/км,

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{\text{тi}} \cdot K_{\text{тi}} \quad (4.2)$$

m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км, (таблица 4.1);

$K_{\text{тi}}$ – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов; (таблица 4.1);

$K_{\text{тi}}$ – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего; (таблица 4.1);

$L_{\text{общ}}^N$ – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице (дороге), который является функцией времени, интенсивности и скорости движения АТС, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей схеме

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_1^n L_{\text{сез}}^N = \sum_1^n v_{\text{авт}} t_g N_{\text{сез}}^N$$

(4.3)

где $v_{\text{авт}}$ - скорость движения транспортных средств, км/ч;
 $N_{\text{сез}}^N$ – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон (расчет этого показателя см. формула 4.6);
 t_g – время движения автотранспортного средства по данной улице, ч, которое рассчитывается по формуле

$$t_g = \frac{L}{v_{\text{авт}}} \quad (4.4)$$

где L – длина улицы, км.

Исходя из уравнений (4.3) и (4.4), суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_1^n L \cdot N_{\text{сез}}^N$$

(4.5)

Число автомобилей, прошедших по данной улице (дороге) за сезон, определяется суммированием

$$N_{\text{сез}}^N = t \cdot (N_y + N_d + N_b + N_n) \cdot n \quad (4.6)$$

где t – время, в часах

n – количество дней в сезоне

N -интенсивность автотранспорта данного типа за 1 час (утром, днем, вечером и ночью)

Необходимо учесть сводки ГИБДД о проценте участия каждого вида транспорта в интенсивности транспортного потока.

По данным ГИБДД, доля грузовых автомобилей, использующих дизельное топливо, составляет, 18 %, а остальные - используют бензин. Для автобусов – это соотношение составляет, соответственно: 32 % и 68 %. Легковые автомобили считаем все бензиновыми.

Значения приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведены в таблице 4.1.

Пример расчета:

Количество легковых автомобилей, прошедших по данной улице за зимний период составит

$$N_{\text{зим}}^L = 6 \cdot (150 + 108 + 135 + 6) \cdot 91 = 217854 \text{ авт/сезон}$$

Пробег легковых автомобилей для улицы Салмышской за зимний период составит

$$L_{\text{ЗИМ}}^{\text{Л}} = 1,65 * 217854 = 359459 \text{ км}$$

Количество выбросов угарного газа за сезон составляет

$$M_{\text{CO}} = 359459 \text{ км} * 19,8 \text{ г/км} * 10^{-6} = 7,1 \text{ т/сезон}$$

Таблица 4.1 Приведенный пробеговый выброс для различных видов автотранспорта.

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициенты			Приведенный пробеговый выброс, г/км
			K _{гi}	K _{тi}	K _{нi}	
Легковые	CO	13,0	0,87	1,75	-	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	-	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	-	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	-	0,1
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

4.3 Расчет категории опасности автомобильного транспорта

Под категорией опасности автомобиля подразумевается объемная скорость генерирования примесей от всего автомобильного транспорта, находящегося на территории города и определяется по формуле

$$KOA = \sum_1^p \sum_1^d \left(\frac{M_j}{ПДК_j} \right)^{\alpha_j} \quad (4.7)$$

где p – количество автомобилей в потоке;

d – количество примесей в отработанных газах (ОГ) автомобиля;

M_j – количество выбросов j -ой примеси в ОГ автомобиля (мг/с, для перевода массы выбросов отработанных газов с т/год на мг/с необходимо полученные значения M_i умножить на безразмерный коэффициент 31,70) данный показатель определяется по формуле 4.1;

α_j – безразмерный коэффициент, позволяющий соотнести степень вредности j -того вещества с вредностью диоксида серы (III класс опасности);

ПДК j – среднесуточная ПДК j -того вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³ (см. Приложение для определения класса опасности вещества). Для расчета КОА при отсутствии ПДК_{сс} используют значения ПДК_{мр}, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимой концентрации для рабочей зоны.

Таким образом, КОА является характеристикой выбросов двигателей автомобилей, находящихся в уличном потоке, а для оценки категории опасности автомобильного транспорта необходимо знать как интенсивность движения на улицах города, так и природу, и количество выбросов примесей в отработанных газах (ОГ) автомобилей.

4.4 Расчет категории опасности дороги

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли, а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги (КОД), которая будет связана с количеством выбросов уравнением

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV^y}{ПДК_n} \quad (4.8)$$

где C – концентрация пыли в воздухе улицы или участка проектируемой дороги (ПДК по пыли – 0,15 мг/м³)

V^y – объем воздуха, в котором рассеяна пыль, м³.

Количество пыли (M_n), выбрасываемое N -ым количеством автомобилей i -го класса, проходящих над поверхностью S_A рассчитывается по формуле

$$M_a^y = \psi_i S_{A_i} N_i \quad (4.9)$$

где S_A – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, м²;

ψ_i – сдуваемость пыли, мг/(см² с);

N_1 -интенсивность движения автомобилей 1-го класса (авт/с).

Пылеобразование будет зависеть от сдуваемости пылевидного материала, которая является функцией его влажности и дисперсности (рисунок 4.1, таблица 4.2)

$$Ma^y = \psi_I \cdot N_i \quad (4.10)$$

$$\Psi = \psi_I \cdot S_{ai} \quad (4.11)$$

где Ψ – удельная сдуваемость, мг/с.

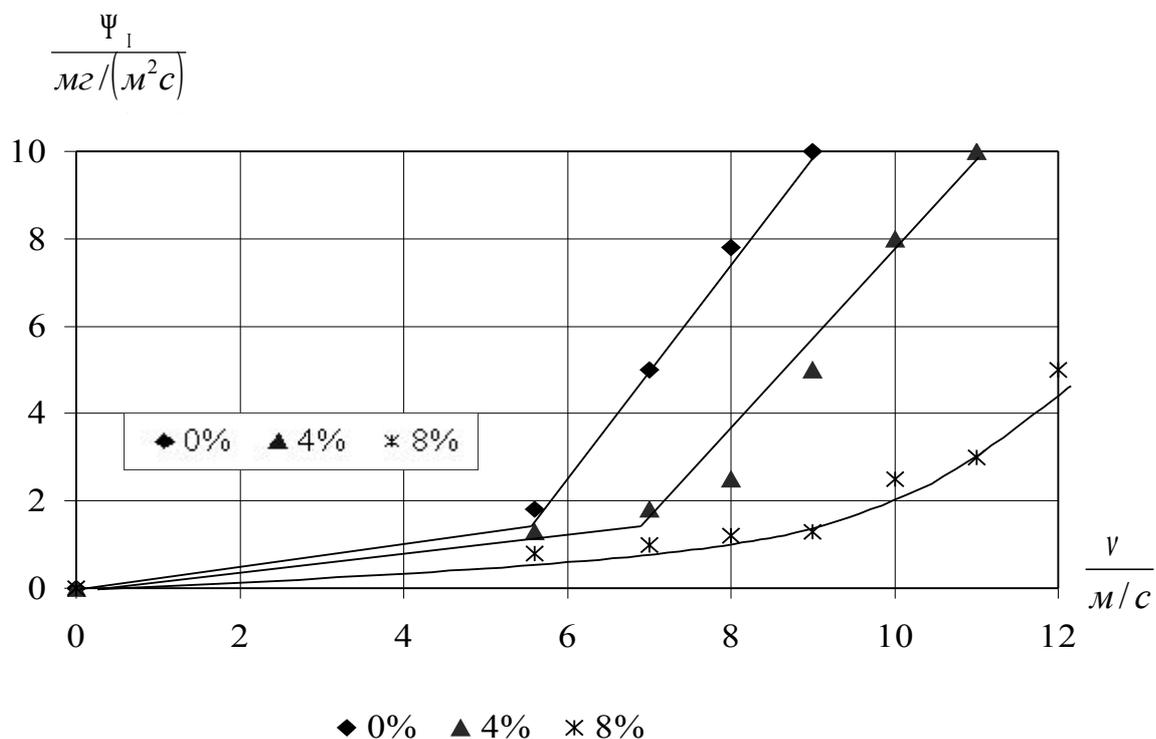


Рисунок 4.1 - Зависимость сдуваемости пылевидного материала от влажности

На кривых зависимости сдуваемости пыли от скорости воздушного потока можно выделить две области: область, в которой преобладают силы аутогезии в пылевидном материале, и область, в которой наблюдается инерционный срыв частиц с поверхности.

Сдуваемая пыль формирует запыленную атмосферу. При увеличении влажности пылевидного материала до 8-10 % запыленность воздуха на улице снижается в 30-50 раз. Максимальная запыленность атмосферы улицы наблюдается при влажности пылевидного материала 0-2 %. Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств

Тип АТС	Удельная сдуваемость, мг/с
Легковой	$240 \cdot 10^3$
Грузовой	$516 \cdot 10^3$
Автобусы	$541 \cdot 10^3$

Объем воздуха, в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы (V^{y_0}), определяемый площадью улицы (S) и высотой приземного слоя (h), и его прирост (ΔV), создаваемый диффузионными процессами и определяется по формуле

$$V^y = V^{y_0} + \Delta V = S h + \Delta V \quad (2.12)$$

Высота приземного слоя составляет 10 метров.

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ($v=0-3$ м/с) прирост определяется через увеличение высоты приземного слоя

$$\Delta V = [2(L \cdot h) + S] \cdot v_{\text{диф}} \cdot t \quad (2.13)$$

где $v_{\text{диф}}$ – скорость диффузии, 0,1 м/с;

t – время в течение которого метеоусловия практически не изменяются, $t=3$ ч.

Вероятность таких погодных условий составляет 45 %.

4.5 Расчет категории опасности улицы

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения используется категория опасности улицы (КОУ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги, то есть

$$\text{КОУ} = \text{КОА} + \text{КОД} \quad (4.14)$$

Граничные условия для деления дорог по категории опасности представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Граничные условия для деления дорог по категории опасности.

Значение КОУ (м ³ /с)	Класс опасности.
$\text{КОУ} > 31,7 \cdot 10^6$	1
$31,7 \cdot 10^6 < \text{КОУ} < 31,7 \cdot 10^4$	2
$31,7 \cdot 10^4 < \text{КОУ} < 31,7 \cdot 10^3$	3
Меньше чем $31,7 \cdot 10^3$	4

4.6 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя: исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

- 1) таблицу по интенсивности движения легкового и грузового автотранспорта (таблица 4.4);
- 2) математическую обработку результатов;

Таблица 4.4- Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Интенсивность движения за 1 час						общая интенсивность за час
	Время	легковые	%	автобусы	%	грузовые	
	утро						
день							
вечер							
ночь							

- 3) расчет массы загрязняющих веществ выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице, таблицу по суммарному выбросу вредных веществ (таблица 4.5);

Таблица 4.5 Количество загрязняющих веществ выбрасываемое автотранспортом на данной улице

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ по сезонам, т/сезон					Суммарный выброс, т/сезон
		CO	CH	NO _x	SO ₂	Сажа	
Легковые							
Грузовые							
Автобусы							
Всего							

- 4) расчет КОА, таблицу с результатами КОВ для различного вида транспорта (таблица 4.6);

Таблица 4.6 Значения категории опасности вещества для различного вида автотранспорта

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)					
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м ³ /с				КОА, м ³ /с
		СО	СН	NO _x	SO ₂	
Легковые						
Грузовые						
Автобусы						
Всего						

5) расчет КОД;

6) расчет КОУ (таблица 4.7).

Таблица 4.7 Значения категории опасности улицы

Название улицы	Категория опасности автомобиля, м ³ /с	Категория опасности дороги, м ³ /с	Категория опасности улицы, м ³ /с	Отношение КОД/КОА
Период исследования (зима, весна, лето, осень)				

4.7 Контрольные вопросы

1. Дать классификацию дорожных покрытий в городе и состав отработавших газов.
2. Воздействие автотранспорта на атмосферу города Оренбурга.
3. Влияние выбросов от автотранспорта на здоровье людей.
4. Распространение отработавших газов в зоне дороги.
5. Пылеобразование на автомобильных дорогах.
6. Влияние пыли на пропускную способность автомобильных дорог.
7. Предупреждение пылеобразования на автомобильных дорогах.
8. Проблема загрязнения атмосферного воздуха и почвы соединениями свинца, входящих в состав отработавших газов.
9. Классификация дорожных загрязнений по источникам их образования.
10. Оценка уровня загрязнения атмосферы автотранспортом.
11. Растения в системе биологического мониторинга вдоль автотранспортных магистралей.
12. Проблема загрязнения почвы выбросами от автотранспорта.
13. Перспективы снижения загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом.

5 Определение содержания влаги в материалах

Цель работы: ознакомление с методикой определения содержания влаги в материалах

Материалы и оборудование: сушильный шкаф с термометрами до 50 °С, железные противни размером 35*25*4 см, бюксы, эксикатор, шпатель, технологические и аналитические весы.

5.1 Общие положения

Содержание влаги в материале характеризуется чаще всего или влагосодержанием, или влажностью.

Влагосодержание - это отношение количества влаги к количеству абсолютно сухого материала.

Влажность- это отношение количества влаги в материале ко всему количеству материала (сухому веществу вместе с влагой).

При определении и оценки содержания влаги в исследуемом порошкообразном материале необходимо учитывать разнообразные формы связи влаги с материалом, а также способность материала поглощать или отдавать влагу. Влагу подразделяют на внешнюю и гигроскопическую (абсорбционную), химически связанную и общую. Внешняя влага представляет собой тонкую пленку воды, покрывающую отдельные частицы материала. Удаляют ее путем высушивания материала при определенных условиях до некоторой постоянной массы.

Гигроскопическая (аналитическая) влага абсорбируется материалом из окружающего воздуха. Абсорбционная вода – основной вид влаги, содержащейся в материале.

Химически связанная влага (внутренняя или конституционная) является составной частью органического вещества материала.

5.2 Ход работы

Определение внешней влаги. Внешнюю влагу удаляют при высушивании материала до воздушно-сухого состояния в комнатных условиях. Поскольку температура и влажность в лабораторных помещениях отличаются незначительно, то величина внешней влаги $W_{вн}$, определенная высушиванием материала в этих условиях, является достаточно точной характеристикой данного материала. Для точных определений внешней влаги создают стандартные условия (20 °С и относительную влажность 65 %).

Пробу тщательно перемешивают, встряхивая ее в закрытой банке. Затем банку открывают, быстро берут навеску и высыпают ее на железный противень. Толщина слоя пробы должна быть 1 см. Масса навески 200 г (с точностью до 0.1 г). Пробу сушат в сушильном шкафу при 50 °С в течении 3 часов . Во время сушки пробы 3-4 раза перемешивают. Сушку продолжают

до тех пор, пока разность двух последовательных взвешиваний будет не более 1 г. При высушивании пробы на воздухе в лабораторных условиях до постоянной массы взвешивание проводят один раз в сутки.

Содержание внешней влаги ($W_{вн}$ в процентах) во взятой навеске вычисляют по формуле 5.1

$$W_{вн} = \frac{g_2 \cdot 100}{g_1} \quad (5.1)$$

где g_1 – масса навески, г;

g_2 – потеря массы при высушивании, г.

Определение аналитической влаги. Удаление аналитической влаги из материала проводят в сушильном шкафу при 102-105 °С. Для получения правильных результатов следует точно выдержать температурный режим и продолжительность сушки. Часто в ходе анализа обнаруживается, что масса пробы вначале уменьшается, а затем увеличивается. В этом случае за постоянную принимают наименьшую массу, полученную при сушке пробы.

Навеска и способ определения аналитической влаги зависят от состояния пробы. При анализе берут навеску 10- 15 г с точностью 0,001 г и помещают в бюкс диаметром около 40 мм; слой пробы не должен быть более 2,5 см. Бюкс ставят в сушильный шкаф, предварительно нагретый до 70- 80 °С. Температуру постепенно повышают 3 часа. Длительность повторных сушек 30 минут. Разность двух последовательных взвешиваний должна быть не более 0.01 г.

Процентное содержание аналитической влаги (W_a) рассчитывают по формуле (5.2)

$$W_a = \frac{g_2 \cdot 100}{g_1} \quad (5.2)$$

где g_1 – масса навески, г;

g_2 – потеря массы навески при высушивании, г ;

Общее содержание влаги рассчитывают как сумму внешней и аналитической влаги по формуле 5.3

$$W_{общ} = W_{вн} + W_a \quad (5.3)$$

5.3 Форма отчета о выполненной работе

Полученные и вычисленные экспериментальные данные записываются в виде таблицы.

Таблица 5.1 Результаты проведенных исследований и расчетов

Задаваемый параметр	Измеряемая величина				X_n	$E_{абс}$	$E_{отн}$	$X_n \pm E_{абс}$
	X_1	X_2	X_3	X_4				

5.4 Контрольные вопросы

1. Для чего нужно определение содержания влаги в пылевидном материале
2. Дать определение внешней влаги.
3. Дать определение аналитической влаги.
4. Перечислить приборы и материалы, применяемые для определения содержания влаги.
5. Описать методику определения внешней влаги.
6. Описать методику определения аналитической влаги.

6 Определение концентрации пыли в воздухе

Цель работы: Ознакомление с методикой определения концентрации пыли в воздухе.

Материалы и оборудование: Эжекторный аспиратор АЭРА, фильтр АФА-ВП, аналитические весы.

6.1 Общие положения

Под концентрацией пыли понимается количественное соотношение дисперсной фазы и дисперсионной среды. По ее величине устанавливают санитарные нормы содержания конкретной пыли, а также подбирают методы улавливания пыли и устройства, обеспечивающие уменьшение запыленности воздуха в производственных помещениях и организованных выбросах.

В зависимости от применяемого метода измерения различают численную и массовую концентрации пыли.

Численная концентрация показывает, сколько частиц пыли содержится в единице объема воздуха (число/на $см^3$). В общем случае под этим понимают концентрацию частиц пыли независимо от их формы, размера и вещественного состава.

Для характеристики чистоты воздуха обычно применяют термин «запыленность воздуха», под которым подразумевается массовая концентрация пыли (г или мг на $1 м^3$ воздуха при нормальных условиях). Измерение

концентрации пыли является трудной метрологической задачей, так как пыль представляет собой сложную систему, которую нельзя описать с достаточной степенью точности одним или двумя параметрами. Пыль всегда является полидисперсной, т.е. характеризуется более или менее широким спектром размеров частиц (от 10^{-2} до 10^2 мкм). Концентрация пыли может колебаться от 10^{-2} до 10^5 мг/м³. Кроме того, происхождение, форма, физико-химические и механические свойства частиц пыли могут быть очень разнообразными. Частицы пыли, находясь во взвешенном состоянии в воздушной среде, подвержены влиянию многих факторов, вследствие чего они коагулируют, оседают на поверхности, т.е. происходит быстрое изменение концентрации пыли в пространстве и во времени. Пылевая система подвержена временным и местным колебаниям, в связи с чем, невозможно создать универсальные методы и приборы для измерения концентрации пыли. Известные в настоящее время методы можно использовать для количественного контроля пыли только в некотором интервале концентраций. Точность измерения зависит от физико-химических и механических свойств пыли, условий эксплуатации прибора, а также от квалификации исследователей. Результаты пылевых замеров характеризуют пыль пылевой системы в одной точке измерений в определенное время, т.е. они характеризуют одно состояние пыли. Следовательно, необходимо применять математико-статистические методы для более полной характеристики пыли.

В настоящее время основным методом контроля запыленности воздуха производственных помещений и организованных выбросов является весовой. Этот метод основан на фильтрации запыленного воздуха через тот или иной фильтр с последующим весовым определением количества уловленной пыли. Недостатки метода - низкая производительность, необходимость учитывать скорость движения воздуха, его пульсации; точность результатов зависит от качества фильтра и квалификации исследователя.

Косвенные методы основаны на использовании различных физических явлений, параметры которых изменяются в зависимости от концентрации пыли в исследуемой воздушной среде.

Весовой метод измерения концентрации пыли основан на выделении пыли из пылегазового потока и определение ее массы путем взвешивания. При использовании этого метода отбирают пробу запыленного воздуха, измеряют ее объем, отделяют пыль от воздуха и взвешивают ее. При этом очень важно измерить объем отобранного воздуха. Для этого используют стеклянные диафрагмы (реометры). Если скорость прокачки воздуха не превышает 2-3 м³ в 1 ч, то применяют ротаметры, газовые счетчики, дроссельные приборы - диафрагмы и т.д. (последние при объемах воздуха 10- 100 м³ в 1 ч). Полная характеристика запыленности воздуха будет в том случае, если данные о массе пыли в воздухе будут дополнены данными об ее дисперсном составе. В результате применения счетного метода может быть определено общее число пылевых частиц в единице объема воздуха, а также соотношение частиц разного размера. Применение счетного метода основано обычно на микроскопических методах исследования пыли.

6.2 Ход работы

Определение массового содержания пыли в воздухе основано на том, что объем воздуха (V_0) пропускают через фильтрующий материал и находят массу этого материала до (m_1) и после (m_2) запыления по формуле (6.1):

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \quad (6.1)$$

где C - весовая концентрация пыли, мг/м³;
 m_2 - масса пыли после отбора пыли, мг;
 m_1 - масса пыли до отбора пыли, мг;
 V_0 - объем воздуха, протянутого через фильтр, приведенный к нормальным условиям.

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot P}{(273 + T) \cdot 760}, \quad (6.2)$$

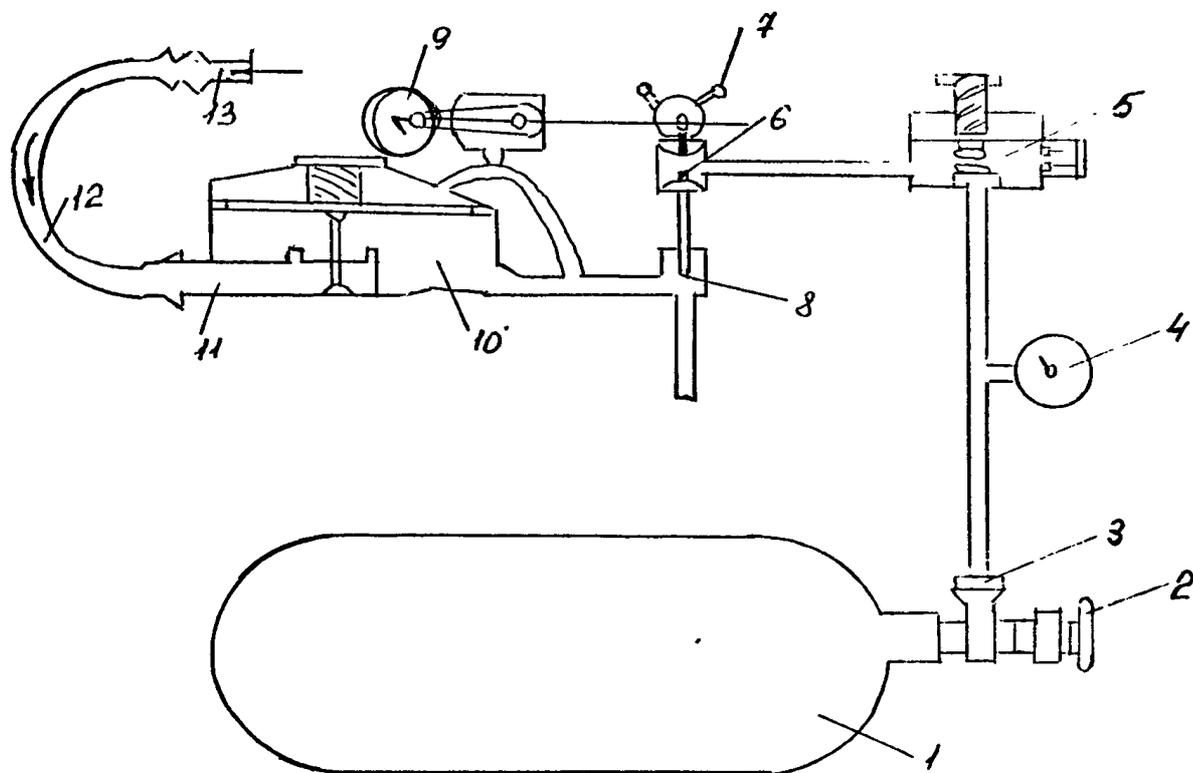
где P - барометрическое давление, мм.рт.ст.,
 T - температура воздуха, °С,
 V_t - объем воздуха, протянутого через фильтр, м³.
Объем анализируемой пробы определяется по формуле

$$V_t = \frac{q \cdot t}{100}, \quad (6.3)$$

где q - объемная скорость при отборе пробы, л/мин.
 t - время отбора пробы, мин.

Пробы отбирают в различных участках производственных помещений и на территории промышленных предприятий и населенных пунктов, где необходимо определить содержание пыли в воздухе. На рабочих местах их подбирают на уровне дыхания работающего. Для отбора проб воздуха применяют аспиратор модели 822, эжекторный аспиратор, пылесос с ротаметром. Патрон и фильтры соединяются с аспиратором резиновыми шлангами. В качестве фильтров широко применяют специально аналитические аэрозольные фильтры марки АФА. В этих фильтрах фильтрующим материалом являются перхлорвиниловая ткань ФПП. Ткань помещена в защитное бумажное кольцо. При отборе проб фильтры устанавливают в металлические или пластмассовые патроны (аллонжи). Для отбора проб воздуха во взрывоопасных помещениях, а также когда затруднительно подключение к электросети, применяют эжекторный аспиратор, например, распространенный аспиратор типа АЭРА. В этом приборе пробы отбираются с помощью эжектора. Проба из помещения эжектируется воздухом, который поступает в эжектор через редуктор из баллона со сжатым газом (рисунок 6.1). Для отбора проб воздуха

используется также пылесос с ротаметром сухим или жидкостным. О расходе воздуха судят по высоте подъема жидкости или эбонитового шарика (в сухом ротаметре). Ротаметр снабжен градуированной шкалой. Фильтры взвешивают до и после запыления на лабораторных весах с точностью до 0,1 мг.



1- баллон со сжатым воздухом; 2-вентиль баллона; 3- гайка для соединения баллона с прибором; 4-манометр; 5-редуктор; 6- перекрывный клапан; 7- ручка переключателя; 8-эжектор; 10- секундомер; 10'- автоматический регулятор потока; 11- штуцер регулирования потока; 12- резиновая трубка; 13- аллонж с фильтром.

Рисунок 6.1 - Устройство эжекторного аспиратора АЭРА

Перед взвешиванием фильтры следует выдерживать в помещении с постоянной влажностью не менее 30 мин. В отличие от других видов анализа определение массового содержания пыли в воздухе весьма просто и доступно в лаборатории любого предприятия. Систематическое определение содержания пыли в воздухе производственных помещений и в атмосферном воздухе над территорией, прилегающей к промышленному предприятию, позволяет контролировать выполнение санитарно-гигиенических требований и оперативно принимать меры для устранения источников пылевывделений.

Порядок выполнения работы:

1) взвесить фильтр на аналитических весах (взвешивание фильтра АФА с защитным кольцом недопустимо). Взвешенный фильтр вновь поместить в

защитное кольцо;

- 2) вставить фильтр в патрон 13 и завернуть уплотнительное кольцо;
- 3) патрон должен быть направлен перпендикулярно воздушному потоку на высоте 1,5 м;
- 4) открыть ручку 2 баллона 1 со сжатым воздухом;
- 5) определить показания манометра 4;
- 6) рычаг 7 повернуть в положение «включено», одновременно с этим включить секундомер;
- 7) взять пробу (в течение 3 мин.);
- 8) рычаг 7 перевести в положение «выключено»;
- 9) разобрать патрон и вынуть фильтр АФА за выступы защитного кольца;
- 10) освободить фильтрующий элемент от защитных колец, завернуть уловленным осадком внутрь и взвесить на аналитических весах.

6.3 Форма отчета о выполненной работе

Полученные и вычисленные экспериментальные данные заносятся в таблицу 6.1.

Таблица 6.1- Результаты измерений запыленности воздуха

№	Наименование параметра	Величина
1	Характеристика пыли	
2	Температура воздуха, °С	
3	Барометрическое давление, мм.рт.ст	
4	Масса фильтра до отбора пробы, мг	
5	Масса фильтра после отбора пробы, мг	
6	Масса уловленной пыли, мг	
7	Время отбора пробы, мин	
8	Показания ротаметра (объемная скорость), л/мин	
9	Объем воздуха, прошедшего через фильтр, м ³	
10	Объем воздуха, прошедшего через фильтр и приведенного к нормальным условиям, м ³	
11	Концентрация пыли, мг/м ³	
12	ПДК пыли, мг/м ³	

Далее производится математическая обработка результатов измерений. Результаты заносятся в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты расчетов запыленности воздушной среды и погрешности ее определения

Задаваемый параметр	Измеряемая величина				X_n	$E_{абс}$	$E_{отн}$	$X_n \pm E_{абс}$
	X_1	X_2	X_3	X_4				

6.4 Контрольные вопросы

1. Что такое концентрация пыли?
2. Какие различают виды концентрации пыли?
3. Что такое запыленность воздуха?
4. Какие существуют методы контроля запыленности воздуха?
5. В чем сущность весового метода измерения концентрации пыли?
6. На чем основано определение массового содержания пыли в воздухе?
7. Устройство и принцип работы эжекторного аспиратора АЭРА.

7 Математическая обработка результатов измерений

Любые экспериментальные данные должны быть подвергнуты математической обработке, что позволяет судить об их достоверности. Вычисляют среднее арифметическое значение экспериментальных данных “ x_n ”, полученных при анализе параллельных проб.

$$\bar{x}_n = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{n} \quad (7.1)$$

Затем находят среднее квадратичное отклонение для “ n ” определений по формуле 7.2

$$S_n = \sqrt{\frac{(x_n - x_1)^2 + (x_n - x_2)^2 + \dots + (x_n - x_n)^2}{n - 1}} \quad (7.2)$$

Полученную величину квадратичного отклонения “ S_n ” используют для вычисления абсолютной и относительной погрешности анализа с заданной степенью надежности ($\alpha = 0.95$) по формулам (7.3) и (7.4)

$$E_{абс} = \frac{t_{\alpha 1n} \cdot S_n}{\sqrt{n}} \quad (7.3)$$

где t_{α} - коэффициент распределения Стьюдента, который определяется по таблице (7.1) для $\alpha = 0.95$ и числа определений “ n ” без промахов. Относительная погрешность рассчитывается по формуле 7.4

$$E_{отн} = \frac{E_{абс} \cdot 100\%}{x_n} \quad (7.4)$$

Таблица 7.1- Значения коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 0.95

Количество параллельных измерений , n	Коэффициенты Стьюдента, t_α
2	12.706
3	4.303
4	3.182
5	2.776
6	2.447
7	2.365
8	2.306
9	2.262

Список использованных источников

- 1. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая – Л: Гидрометеиздат, 1986. – 258 с.
- 2. Безуглая Э.Ю.. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах / Э.Ю. Безуглая – Л: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
- 3. Рекомендации по делению промышленных предприятий по категории опасности вещества. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04. 186-89). Москва, 1991. - 683 с.
- 4. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов – М.: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.
- 5. Зайцев В.А. Промышленная экология / В.А. Зайцев – М.: «ДеЛи», 1999. - 140 с.
- 6. Цыцура А.А. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области / А.А. Цыцура – Оренбург: ОГУ, 1999. – 168 с.
- 7. Козлов Ю.С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие / Ю.С. Козлов, В.П. Меньшова, И.А. Святкин - М.: Агар, 2000. - 210 с.
- 8. Борисова Л.Б. Исследование закономерностей формирования примесей в атмосфере промышленного города и разработка решений по управлению ее качеством (на примере Оренбургской области) автореф. дисс. к.т.н. / Л.Б. Борисова Оренбург, 2000. - 21 с.
- 9. Чекмарева О.В. Оценка и управление пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу промышленного города (на примере города Оренбурга) автореф. дисс. к.т.н. / О.В. Чекмарева Оренбург, 2002. - 17 с.
- 10. Цыцура А.А. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку г.Оренбурга / А.А. Цыцура – Оренбург: ОГУ, 2002. – 164 с.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А1- Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
1	Диоксид азота	3956,3	Каргалинская ТЭЦ г. Оренбург
	Диоксид серы	2075,0	
	Оксид углерода	7751,07	
	Пыль летучая (зола)	0,19	
	Пыль известковая	0,88	
	Оксид марганца	0,0015	
2	Диоксид азота	3039,0	Сакмарская ТЭЦ г. Оренбург
	Оксид азота	494,0	
	Оксид марганца	0,005	
	Диоксид серы	405,0	
	Оксид углерода	1503,0	
	Мазутная зола (на ванадий)	0,763	
3	Диоксид азота	566,2	ОГПЗ (Оренбургский газоперерабатываю- щий завод)
	Диоксид серы	20642,1	
	Оксид углерода	33427,4	
	Сероводород	173,1	
	Углеводороды (по метану)	841,1	
	Пыль серы	100,1	
4	Диоксид азота	1118,1	ОГПУ (Оренбург- ское газопромис-ло- вое управление)
	Диоксид серы	1744,07	
	Оксид углерода	1002,1	
	Сероводород	7,3	
	Метанол	102,1	
	Сажа	85,3	
5	Диоксид азота	928,1	ДКС (Дожимная компрессорная станция) г. Оренбург
	Сероводород	0,003	
	Оксид углерода	364,2	
	Углеводороды	831,2	
	Пыль металлическая	0,156	
6	Диоксид азота	213,5	Оренбургский гелиевый завод
	Диоксид серы	11,7	
	Оксид углерода	800,2	
	Углеводороды	1238,3	
	Пыль (сод. Si ₂ O ₃ > 70%)	0,3	
	Сероводород	0,02	

Продолжение таблицы А1

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
7	Диоксид азота	186,0	Оренбургком- мунтеплосети
	Диоксид серы	2,7	
	Оксид углерода	551,7	
	Мазутная зола	0,3	
	Углеводороды	0,01	
	Фтористый водород	0,003	
8	Диоксид азота	10,1	Управление по экс- плуатации соедини- тельных газоконден- сатопроводов, г. Оренбург
	Диоксид серы	259,3	
	Оксид углерода	82,1	
	Сероводород	0,3	
	Углеводороды	6,7	
	Сажа	1,7	
9	Диоксид азота	57,7	Локомотивное депо, г. Оренбург
	Диоксид серы	11,6	
	Оксид углерода	58,6	
	Мазутная зола	0,04	
	Углеводороды	21,7	
	Сажа	0,9	
10	Диоксид азота	31,1	Оренбургский строительный комбинат
	Диоксид серы	0,5	
	Оксид углерода	97,9	
	Пыль (сод. Si ₂ O ₃ > 70 %)	122,6	
	Формальдегид	0,21	
	Оксид марганца	0,02	
11	Диоксид азота	21,8	Оренбургский сельский комбинат строительных материалов
	Диоксид серы	0,8	
	Оксид углерода	65,2	
	Пыль (Si ₂ O ₃ от 20 до 70 %)	44,2	
	Пыль древесная	4,7	
	Оксид марганца	0,1	
	Углеводороды	2,0	
12	Диоксид азота	127,8	Аэропорт, г. Оренбург
	Диоксид серы	16,51	
	Оксид углерода	626,8	
	Углеводороды	310,2	
	Пыль	1,03	
	Толуол	1,5	

Продолжение таблицы Б1

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
13	Диоксид азота	7503,1	ОХМК (Орско–Халиловский металлургический комбинат г. Новотроицк
	Диоксид серы	10630,1	
	Оксид углерода	80038,2	
	Сероводород	157,1	
	Пыль каменноугольная	1166,1	
	Пыль коксовая	558,3	
14	Диоксид азота	58,3	Новотроицкий завод хромовых соединений
	Диоксид серы	547,3	
	Сероводород	5,4	
	Оксид углерода	155,3	
	Пыль	235,0	
	Оксид хрома	131,1	
15	Диоксид азота	12,1	Новотроицкий завод силикатно–стеновых материалов
	Диоксид серы	0,037	
	Оксид углерода	39,47	
	Пыль	70,55	
16	Диоксид азота	247,0	Орский нефтеперерабатывающий завод
	Диоксид серы	3446,3	
	Оксид углерода	617,1	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	
	Пыль неорганическая	71,3	
	Сероводород	70,1	
17	Диоксид азота	549,5	ЮЖУРАЛМАШ г. Орск
	Диоксид серы	873,08	
	Оксид углерода	15,3	
	Углеводороды (по метану)	263,4	
	Пыль формовочная	392,2	
	Оксид железа	2,5	
18	Диоксид азота	207,1	АО «ОЗТП–Сармат»– завод тракторных прицепов г. Орск
	Диоксид серы	47,9	
	Ксилол	48,13	
	Бензол	21,77	
	Сварочный аэрозоль	5,3	
	Аэрозоль краски	15,1	
19	Диоксид азота	73,8	Орское отделение ЮУЖД
	Диоксид серы	27,3	
	Оксид углерода	25,1	
	Сероводород	0,3	

Продолжение таблицы Б1

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
	Зола	55,1	
	Оксид ванадия	0,009	
20	Диоксид азота	5,8	Орский завод строительных машин
	Диоксид серы	6,9	
	Оксид углерода	123,3	
	Углеводороды	7,3	
	Сварочный аэрозоль	21,5	
	Пыль неорганическая	11,3	
	21	Диоксид азота	
Диоксид серы		1,7	
Оксид углерода		105,3	
Ксилол		17,5	
Сероводород		1,1	
Ацетон		7,3	
22	Диоксид азота	37,1	Орская биофабрика
	Диоксид серы	0,83	
	Оксид углерода	53,3	
	Аммиак	3,7	
	Формальдегид	0,009	
	Фтористый водород	0,7	
23	Диоксид серы	81853,0	Медногорский медно-серный комбинат
	Пыль неорганическая	1678,4	
	Серная кислота	16,5	
	Сероводород	8,1	
24	Диоксид азота	93,12	АО «Криолит», г. Кувандык
	Диоксид серы	355,0	
	Оксид углерода	318,9	
	Фтористый водород	51,5	
25	Диоксид азота	63,2	АО «Долина», г. Кувандык
	Диоксид серы	10,5	
	Оксид углерода	691,3	
	Толуол	43,7	
	Пыль абразивная	37,5	
	Пыль (Si_2O_3 от 20 до 70%)	21,3	

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б1- Задания для расчета категории опасности города

№ варианта	Вещества	Масса выбросов, т/год	Город
1	Диоксид азота	12199	Оренбург
	Диоксид серы	24472	
	Оксид углерода	34324	
	Сероводород	40	
	Пыль	2395	
	Всего	13600	
2	Диоксид азота	8705	Новотроицк
	Диоксид серы	10887	
	Оксид углерода	83460	
	Сероводород	191	
	Пыль	18614	
	Всего	128295	
3	Диоксид азота	6378	Орск
	Диоксид серы	108602	
	Оксид углерода	80724	
	Сероводород	66,3	
	Пыль	18857	
	Всего	253987	
4	Диоксид азота	152	Медногорск
	Диоксид серы	59901	
	Оксид углерода	187	
	Сероводород	6	
	Пыль	1382	
	Всего	65354	
5	Диоксид азота	133	Кувандык
	Диоксид серы	365	
	Оксид углерода	482	
	Фтористые соединения	51	
	Пыль	216	
	Всего	2802	

Таблица Б2 - Задания для расчета критерия качества атмосферы промышленных городов

№ варианта	Город	Площадь города, м ²	Скорость ветра, м/с	Высота, м
1	Оренбург	333,9 * 10 ⁶	4,6	200
2	Новотроицк	83,6 * 10 ⁶	3,8	200
3	Орск	123,0 * 10 ⁶	3,8	200
4	Медногорск	74,4 * 10 ⁶	4,2	200
5	Кувандык	42,1 * 10 ⁶	4,2	100

Приложение В

(обязательное)

Исходные данные:

Таблица В1 Количество выбросов загрязняющих веществ

Вещество	Масса выбросов, т/год	Предприятие
Диоксид азота	69,09	ГКС Медногорск Медногорского ЛПУ и Уралтрансгаз
Углеводороды (по метану)	2326,4	
Оксид углерода	139,5	

Таблица В2 ПДК_{сс} и класс опасности для используемых загрязнителей

Вещество	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
Диоксид азота	0,04	2
Углеводороды (по метану)	50	4
Оксид углерода	3	4

Выполнение:

$$KOB_{NO_2} = \left(\frac{69,09 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 1440000 = 1,44 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{y/v} = \left(\frac{2326,4 \cdot 31,7}{50} \right)^{0,9} = 1500 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{CO} = \left(\frac{139,5 \cdot 31,7}{3} \right)^{0,9} = 711 = 7,1 \cdot 10^2 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Расчет категории опасности предприятия

$$KOП = 1,44 \cdot 10^6 + 1,5 \cdot 10^3 + 7,1 \cdot 10^2 = 1,45 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Вывод: ГКС Медногорск Медногорского ЛПУ и Уралтрансгаз– предприятие I категории опасности

Таблица В3 Ранжирование выбросов по массе и категории опасности

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу			
	Значения КОВ		Масса выбросов	
	м ³ /с	%	т/год	%
Суммарный по предприятию	1,45 · 10 ⁶	100	2535	100
Диоксид азота	1,44 · 10 ⁶	99,8	69,1	2,7
Углеводороды (по метану)	1,5 · 10 ³	0,1	2326,4	91,8
Оксид углерода	711	0,05	139,5	5,5

Расчет категории опасности города по каждому из вредных веществ

Исходные данные:

Таблица В4 Количество выбросов загрязняющих веществ

Показатель	Масса выбросов, т/год	Город
Диоксид азота	152	Медногорск
Диоксид серы	59901	
Сероводород	6	
Оксид углерода	187	
Пыль	1382	

Таблица В5 - ПДК_{сс} и класс опасности для используемых загрязнителей

Показатель	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
Диоксид азота	0,04	2
Сероводород	0,008	2
Диоксид серы	0,05	3
Пыль	0,15	3
Оксид углерода	3	4

$$KOB_{NO_2} = \left(\frac{152 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 8600000 = 8,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{H_2S} = \left(\frac{6 \cdot 31,7}{0,008} \right)^{1,3} = 410000 = 4,1 \cdot 10^5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{SO_2} = \left(\frac{59901 \cdot 31,7}{0,05} \right)^{1,0} = 42000000 = 4,2 \cdot 10^7 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{пыль} = \left(\frac{1382 \cdot 31,7}{0,15} \right)^{1,0} = 390000 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$KOB_{CO} = \left(\frac{187 \cdot 31,7}{3} \right)^{0,9} = 4300 = 4,3 \cdot 10^3 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$КОГ = 8,6 \cdot 10^6 + 4,2 \cdot 10^7 + 4,1 \cdot 10^5 + 3,9 \cdot 10^5 + 4,3 \cdot 10^3 = 5,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Вывод: город Медногорск относится ко II категории опасности.

Таблица В6 Ранжирование выбросов по массе и категории опасности

Вещество	Характеристика выбросов в атмосферу			
	Значения КОВ		Масса выбросов	
	м ³ /с	%	т/год	%
Суммарный по городу	5,5 · 10 ⁷	100	67231	100
Диоксид серы	4,2 · 10 ⁷	75	59901	96,4
Диоксид азота	8,6 · 10 ⁶	23	152	0,2
Сероводород	4,1 · 10 ⁵	1,1	6	0,008
Пыль	3,9 · 10 ⁵	0,9	1382	3,0
Оксид углерода	4,3 · 10 ³	0,006	187	0,3

Расчет объема среды для определения критерия качества атмосферы предприятия

$$V_c = (5 \cdot 10^3) \cdot 200 \cdot 3,14 = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 2,6 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 2,8 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 3,2 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 3,3 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 3,5 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 8 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 3,6 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 3,8 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

$$V_c = (5 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3)^2 \cdot 200 \cdot 3,14 = 4,2 \cdot 10^{11} \text{ м}^3$$

Расчет критерия качества осуществляется по программе, куда вносятся данные, полученные при расчете КОГ и V_c .

Таблица В7 Характеристика территории по зонам экологического неблагополучия

Название объекта	Величина критерия качества атмосферы	Характеристика территории
ГКС Медногорск Медногорского ЛПУ и Уралтрансгаз	3,4	Зона критической нагрузки
Медногорск	4,0	Зона критической нагрузки

Приложение Г (справочное)

Таблица Г1 Значения ПДКсс и классов опасности загрязняющих веществ

Вещество	ПДКсс, мг/м ³	Класс опасности
1	2	3
Аммиак	0.04	4
Ацетон	0.35	4
Аэрозоль краски	0.015	3
Бенз(а)пирен	0.000001	1
Бензин нефтяной	1.5	4
Бензол	0.1	2
Взвешенные вещества	0.15	3
Гексан	60.0	4
Диоксид азота	0.04	2
Диоксид серы	0.05	3
Зола	0.15	3
Кислота уксусная	0.2	3
Ксилол	0.2	3
Мазутная зола	0.002	4
Мазутная зола (на ванадий)	0.002	4
Марганец	0.001	2
Метан	0.5	3
Метанол	0.5	3
Оксид азота	0.06	3
Оксид ванадия	0.002	1
Оксид железа	0.04	3
Оксид марганца	0.001	2
Оксид углерода	3.0	4
Оксид хрома	0.0015	1
Пыль	0.15	3
Пыль (SiO ₂ от 20 до 70%)	0.1	3
Пыль (сод. SiO ₂ > 70%)	0.05	3
Пыль абразивная	0.05	3
Пыль древесная	0.1	4
Пыль зерновая	0.15	3
Пыль известковая	0.6	3
Пыль каменноугольная	0.15	3
Пыль коксовая	0.15	3
Пыль летучая (зола)	0.15	3
Пыль металлическая	0.04	3

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
Пыль мучная	0.5	3
Пыль неорганическая	0.15	3
Пыль серы	0.1	3
Пыль формовочная	0.15	3
Сажа	0.05	3
Сварочный аэрозоль	0.15	3
Свинец	0.0003	1
Серная кислота	0.1	2
Сероводород	0.008	2
Толуол	0.6	3
Углеводороды	50	4
Углеводороды (по метану)	50	4
Углеводороды C1-C5 пред.	1.0	4
Углеводороды C6-C10 пред.	1.0	4
Формальдегид	0.003	2
Фтористые соединения	0.005	2
Фтористый водород	0.005	2
Этанол	5.0	4
Этоксиэтан	0.6	4

Приложение Д (обязательное)

1. Дымовые газы ТЭС, объём — 913000 м³/ч, температура — 150-170 °С, содержание пыли — 35 г/м³ (60 % - (10-20)10⁻⁶ м, 25 % - (5-10)10⁻⁶ м и 10 % - (20-40)10⁻⁶ м), SO₂ — 2500 мг/м³, NO_x — 1000 мг/м³, степень окисленности NO_x — 10 %.

2. Отходящие газы содержат: NO_x — 20 г/м³, окисленность — 65 %, объём 70 м³/ч, температура — 50 °С, запылённость — 10 мг/м³.

3. Дымовые газы содержат: NO_x — 360 мг/м³, окисленность NO_x — 15 %, SO₂ — 20 мг/м³, объём — 2000 м³/ч, температура — 150 °С, запылённость — 15 мг/м³.

4. Вентиляционные газы мукомольного производства: запылённость — 350 мг/м³, температура — 30 °С, объём — 10000 м³/ч.

5. Вентиляционные газы асбестового цеха: запылённость — 40 мг/м³, температура — 30 °С, объём — 20000 м³/ч.

6. Отходящие газы производства фосфорных удобрений, содержащих: фтористые соединения (HF+SiF₄) — 1500 мг/м³, пыли — 200 мг/м³, SO₂ — 80 мг/м³, NH₃ — 25 мг/м³, NO_x - 30 мг/м³, температура — 30 °С, объём — 10000 м³/ч.

7. Отходящие газы цементного производства содержащие: пыли — 2200 мг/м³ (65 % - (5-10)10⁻⁶ м, 30 % - (10-20)10⁻⁶ м), SO₂ — 650 мг/м³, NO_x — 250 мг/м³ (степень окисленности NO_x — 15 %), фтористых соединений — 15 мг/м³, температура — 50 °С, объём — 350000 м³/ч.

8. Дымовые газы печей обжига кирпича, содержащие: SO₂ — 550 мг/м³, NO_x — 150 мг/м³ (степень окисленности NO_x — 25 %), запылённость — 25 мг/м³, объём — 100000 м³/ч, температура — 110 °С.

9. Отходящие газы содержащие: NO_x — 2500 мг/м³ (окисленность NO_x — 70 %), объём — 60 м³/ч, температура — 70 °С.

10. Дымовые газы ТЭС, содержащие: пыли — 32 мг/м³, SO₂ — 3500 мг/м³, NO_x — 700 мг/м³, (окисленность NO_x — 5 %), температура 170 °С, объём — 10 млн.м³/ч с получением строительного гипса.

11. Дымовые газы ТЭС, содержащие: пыли — 200 мг/м³, SO₂ — 4000 мг/м³, NO_x — 550 мг/м³, (окисленность NO_x — 10 %), температура 165 °С, объём — 6 млн.м³/ч с получением концентрированного SO₂.

12. Отходящие газы доменного производства, содержащие: пыли — 1300 мг/м^3 , CO — 6500 мг/м^3 , SO_2 — 1500 мг/м^3 , NO_x — 1300 мг/м^3 , (окисленность NO_x — 15 %), фтористых соединений 300 мг/м^3 , температура $300 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $5 \text{ млн.м}^3/\text{ч}$.

13. Отходящие газы органических производств, содержащие: 30 г/м^3 углеводородов (в т.ч. 10 % - циклических), 10 г/м^3 — CO , 2 г/м^3 — H_2 , температура — $30 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $100000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

14. Отходящие газы мусоросжигательного завода, содержащие: пыли — 10 г/м^3 , SO_2 — 300 мг/м^3 , NO_x — 250 мг/м^3 , (окисленность NO_x — 15 %), HCl — 100 мг/м^3 , фтористых соединений — 20 мг/м^3 , аэрозолей тяжёлых металлов — 150 мг/м^3 , углеводородов — 250 мг/м^3 (в т.ч. дифинила, диоксида и дифурана — 5 мг/м^3), температура $130 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $800 \text{ тыс.м}^3/\text{ч}$.

15. Отходящие газы производства керамзита, содержащие: пыли — 10 г/м^3 (65 % - $(20-44)10^{-6} \text{ м}$, 20 % - $(10-20)10^{-6} \text{ м}$ и 10 % - $(5-10)10^{-6} \text{ м}$), SO_2 — 200 мг/м^3 , NO_x — 350 мг/м^3 , (окисленность NO_x — 10 %), углеводородов — 70 мг/м^3 (в т.ч. циклических соединений — 10 мг/м^3), температура — $250 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $850 \text{ тыс.м}^3/\text{ч}$.

16. Дымовые газы ТЭС, содержащие: пыли — 25 г/м^3 (65 % - $(10-20)10^{-6} \text{ м}$, 15 % - $(20-40)10^{-6} \text{ м}$ и 20 % - $(5-10)10^{-6} \text{ м}$), SO_2 — 4000 мг/м^3 , NO_x — 850 мг/м^3 , (окисленность NO_x — 8 %), аэрозолей тяжёлых металлов — 120 мг/м^3 , температура $170 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $10 \text{ млн. м}^3/\text{ч}$, с получением строительного гипса.

17. Отходящие газы, содержащие: HCl — 200 мг/м^3 , Cl_2 — 150 мг/м^3 , SO_2 — 130 мг/м^3 , NO_x — 200 мг/м^3 , пыли — 180 мг/м^3 , температура — $50 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

18. Отходящие газы, содержащие: пыли — 36 г/м^3 , SO_2 — 350 мг/м^3 , NO_x — 450 мг/м^3 , фтористых соединений — 35 мг/м^3 , температура — $140 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $5 \text{ млн.м}^3/\text{ч}$.

19. Отходящие газы от сжигания органических отходов, содержащие: углеводороды — 1300 мг/м^3 , в т.ч. 50 мг/м^3 — циклические соединения, 150 мг/м^3 — HCl , 200 мг/м^3 — SO_2 , 250 мг/м^3 — NO_x , 100 мг/м^3 — фтористых соединений, температура — $500 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

20. Отходящие газы, содержащие: HCl — 100 мг/м^3 , HF — 50 мг/м^3 , SO_2 — 130 мг/м^3 , NO_x — 200 мг/м^3 , пыли — 180 мг/м^3 , температура — $150 \text{ }^\circ\text{C}$, объём — $20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Приложение Е (обязательное)

Таблица Е1 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	250	273	284	13	15	19	23	36	19
день	300	275	289	12	10	10	21	25	22
вечер	310	327	315	11	13	14	27	28	32
ночь	150	123	114	1	2	0	5	3	1

Таблица Е2 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	650	673	684	53	55	59	33	36	39
день	700	675	689	52	50	50	31	35	32
вечер	610	627	615	51	53	54	37	38	32
ночь	150	123	114	5	2	1	5	0	2

Таблица Е3 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	450	473	484	3	5	9	13	16	19
день	500	475	489	2	1	4	11	15	12
вечер	410	427	415	1	1	4	17	18	12
ночь	120	103	100	1	2	0	0	3	1

Таблица Е4 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	550	573	584	23	25	29	43	46	49
день	600	575	589	22	20	20	41	45	42
вечер	510	527	515	21	23	24	47	48	32
ночь	150	123	114	1	2	2	0	3	1

Таблица Е5 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	750	773	784	15	15	12	13	26	19
день	700	775	789	12	17	10	11	5	12
вечер	610	727	715	19	13	14	17	18	12
ночь	15	12	11	4	2	0	5	3	1

Таблица Е6 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	850	873	884	3	1	1	27	26	29
день	800	875	889	5	1	3	29	25	28
вечер	810	827	815	11	1	4	27	26	35
ночь	250	223	214	1	2	0	2	3	1

Таблица Е7 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	950	973	984	13	15	39	63	66	69
день	900	975	989	12	30	20	61	65	62
вечер	910	927	915	11	23	14	67	68	62
ночь	15	92	91	1	2	0	6	3	6

Таблица Е8 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	150	173	184	11	5	9	20	16	19
день	100	1275	189	14	12	10	21	25	22
вечер	110	127	115	11	13	14	17	18	12
ночь	15	23	14	2	2	1	5	3	1

Таблица Е9 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	1250	173	1284	35	25	99	73	76	79
день	1300	1275	1289	16	19	19	71	75	72
вечер	1110	1327	1315	21	12	24	77	78	72
ночь	250	123	214	7	2	7	5	3	10

Таблица Е10 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	1350	1373	1384	3	10	9	83	86	89
день	1500	1275	1389	2	1	1	81	85	82
вечер	1310	1427	1415	0	1	1	87	88	82
ночь	155	125	115	1	2	0	5	1	8

Таблица Е11 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	250	273	284	13	15	19	23	36	19
день	300	275	289	12	10	10	21	25	22
вечер	310	327	315	11	13	14	27	28	32
ночь	150	123	114	1	2	0	5	3	1

Таблица Е12 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	650	673	684	53	55	59	33	36	39
день	700	675	689	52	50	50	31	35	32
вечер	610	627	615	51	53	54	37	38	32
ночь	150	123	114	5	2	1	5	0	2

Таблица Е13 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	450	473	484	3	5	9	13	16	19
день	500	475	489	2	1	4	11	15	12
вечер	410	427	415	1	1	4	17	18	12
ночь	120	103	100	1	2	0	0	3	1

Таблица Е14 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	550	573	584	23	25	29	43	46	49
день	600	575	589	22	20	20	41	45	42
вечер	510	527	515	21	23	24	47	48	32
ночь	150	123	114	1	2	2	0	3	1

Таблица Е15 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	750	773	784	15	15	12	13	26	19
день	700	775	789	12	17	10	11	5	12
вечер	610	727	715	19	13	14	17	18	12
ночь	15	12	11	4	2	0	5	3	1

Таблица Е16 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	850	873	884	3	1	1	27	26	29
день	800	875	889	5	1	3	29	25	28
вечер	810	827	815	11	1	4	27	26	35
ночь	250	223	214	1	2	0	2	3	1

Таблица Е17 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	950	973	984	13	15	39	63	66	69
день	900	975	989	12	30	20	61	65	62
вечер	910	927	915	11	23	14	67	68	62
ночь	15	92	91	1	2	0	6	3	6

Таблица Е18 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	150	173	184	11	5	9	20	16	19
день	100	1275	189	14	12	10	21	25	22
вечер	110	127	115	11	13	14	17	18	12
ночь	15	23	14	2	2	1	5	3	1

Таблица Е19 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	1250	173	1284	35	25	99	73	76	79
день	1300	1275	1289	16	19	19	71	75	72
вечер	1110	1327	1315	21	12	24	77	78	72
ночь	250	123	214	7	2	7	5	3	10

Таблица Е20 Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток

Время	легковые			грузовые			автобусы		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
утро	1350	1373	1384	3	10	9	83	86	89
день	1500	1275	1389	2	1	1	81	85	82
вечер	1310	1427	1415	0	1	1	87	88	82
ночь	155	125	115	1	2	0	5	1	8