

*Министерство науки и высшего образования
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Владимирский государственный университет имени А.Г и Н.Г. Столетовых
Институт «Архитектуры, Строительства и Энергетики»
Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция и гидравлика»*

***ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ***

Практические работы

*Направление подготовки 08.03.01 – Строительство
Профиль подготовки «Теплогазоснабжение, вентиляция и гидравлика»
Квалификация (степень) выпускника: бакалавр*

Стариков А.Н.



Владимир-2021

Оглавление

Введение	3
1. ЛР-1 Вводное.....	3
2. ЛР-2 Руководящие документы	4
3. ЛР-3 Оценка уровня выбросов вредных веществ в атмосферу	7
4. ЛР-4 Определение продуктов сгорания органического топлива.	11
5. ЛР-5 Антропогенные загрязнения ОС в результате работы автотранспорта	14
6. ЛР-6 Расчёт платы за загрязнение атмосферы	29
7. ЛР-8 Анализ качества воды	35
8. ЛР-8 Охрана водоёмов.....	42
9. ЛР-9 Утилизация отходов.....	46

Введение

Методические указания по ЛР по дисциплине «Охрана окружающей среды при выполнении строительно-монтажных работ» содержат задания и методику выполнения лабораторных работ. Работа предназначена для формирования знаний в области производства строительно-монтажных работ, охраны окружающей среды, основ экологии в промышленном и индивидуальном строительстве.

Работа имеет многогранную цель. С одной стороны, это ознакомление, закрепление, углубление теоретического материала, полученного на лекциях. С другой – формирование навыков проведения элементарных математических расчётов и оформления результатов практических работ с применением доступных программ MS Office. А также, умение работать с руководящими документами.

Курс рассчитан на студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», всех профилей подготовки. При выполнении работ предполагается наличие знаний у студентов по основам работы «Excel», «Word».

1. ЛР-1 Вводное.

(Знакомство, порядок взаимодействия, учебный класс, компьютеры. Умение входить в свои домены, почты, скайп, ДО (знать/находить пароли) Последовательность, структура, порядок выполнения работ, их защита. Ликбез по Excel, Word. Получение графиков, диаграмм, таблиц, рисунков, вставок – по исходным материалам. Основы формирования, оформления, представления отчёта)

Цель работы: подготовиться к эффективному выполнению последующих работ. Уметь правильно оформлять, сохранять, высылать на проверку.

Задание

Положим, имеются начальные данные – табл.1.1.

Необходимо создать:

- таблицу в Excel, – аналог табл.1. Сделать её вычисляемой¹ В помощь см. прил.2;
- построить в Excel: 5 графиков (разных по стилю), 5 диаграмм (разных), 5 новых таблиц с переработанными данными (добавить проценты, доли, суммы, градации по величине выбросов) К вопросу подойти творчески;
- оформить в виде классического Отчёта по Лабораторной работе: титульный, оглавление (далее ведь пойдут другие работы), нумерация страниц, вставки картинок из Excel², описание выполняемых действий;

¹ в представленной здесь таблице имеются 5 ошибок – найти их!

² Для WORD-2010 полезно применять Alt-с-4-в (русс.букв), для Word-2019 – Alt-с-г-в

- выложить на сайт ДО³. Для удобства ведения базы выполненных работ файлу давать название «С-120-Фамилия И.О. ООСвСМР» (С-120 – номер группы, у каждого свой).

Таблица 1.1

*Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу
в городах Красноярского края в 2020 году*

Наименование городов края	Численность населения на 01.01.2012 г. (тыс. человек)	Количество выбросов загрязняющих веществ (тыс. т)			Количество выбросов на 1 жителя (т)
		всего	от стационарных источников	от автотранспорта	
Ачинск	110,4	65,6	44,4	21,2	0,59
Боготол	21,0	0,2	0,2	12,9	0,10
Бородино	17,3	5,8	5,8	13,0	0,34
Дивногорск	32,4	4,9	0,2	4,7	0,15
Енисейск	18,7	0,04	0,04	3,3	0,002
Железногорск	93,8	13,1	1,3	11,8	0,14
Заозерный	10,6	1,3	1,3	16,2	0,12
Красноярск	979,6	279,3	140,1	139,2	0,28
Канск	94,0	19,4	8,9	10,5	0,21
Лесосибирск	66,3	23,3	12,7	10,6	0,35
Минусинск	74,0	1,1	1,1	1,2	0,02
Назарово	52,7	62,3	62,3	3,5	1,18
Норильск	176,0	1973,8	1954,5	19,3	11,2
Сосновоборск	33,3	5,2	1,4	3,8	0,16
Ужур	16,0	1,5	1,5	4,2	0,09
Уяр	12,6	2,4	2,4	3,8	0,19
Шарыпово	48,7	11,4	0,2	11,2	0,23
Зеленогорск	66,0	69,9	61,1	8,8	1,06
Всего	1923,4	2540,5	2299,4	241,1	1,32

2. ЛР-2 Руководящие документы

Цель работы: научиться работать с руководящими документами, осуществлять поиск, выборку, правильно оформлять ссылки в текстовых документах (Word). Умение понимать сложно поставленную задачу: определение исходных данных для отработки вопросов.

Необходимо расписать/описать/ответить/пояснить следующие понятия, – из ниже идущего списка в соответствии со своим вариантом. А также дать ссылку на документ(!), определяющий данное понятие, – ГОСТ, СП, Норматив, Правила, ISO, Положение, ...

1. Что такое охрана окружающей среды?

³ На сайте должен лежать только один файл. В котором работы суммируются по нарастающей в течении семестра

2. Что такое строительно-монтажные работы?
3. Что такое природная среда (также природа)?
4. Что такое компоненты природной среды?
5. Что такое природный объект?
6. Что такое антропогенный объект?
7. Что такое природно-антропогенный объект?
8. Что такое естественная экологическая система?
9. Что такое предельно допустимая концентрация (ПДК)?ⁱ
10. Методы борьбы с эрозией.
11. Как производятся земляные работы?
12. Как осуществляется охрана окружающей среды в поселениях?
13. Как воздействует строительное производство на окружающую среду?
14. Какие воздействия строительного производства на окружающую среду называются прямыми?
15. Какие воздействия строительного производства на окружающую среду называются косвенными?
16. Перечислите категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
17. Какие гигиенические требования предъявляются к охране окружающей среды?
18. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при размещении сооружений и других объектов?
19. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при проектировании сооружений.
20. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при строительстве зданий, строений, сооружений и иных объектов.
21. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при реконструкции зданий, строений, сооружений и иных объектов.
22. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при размещении строений.
23. Перечислите мероприятия, по охране окружающей среды от негативного биологического воздействия.
24. Перечислите требования в области охраны окружающей среды при установлении защитных и охранных зон.
25. Перечислите мероприятия по охране зеленого фонда городских и сельских поселений.
26. Перечислите мероприятия, какие нужно проводить в целях охраны земли.
27. Какие мероприятия нужно предусматривать при строительстве дорог?

28. Какие мероприятия нужно проводить для защиты населения от воздействия шума при строительном-монтажных работах?
29. Охрана окружающей среды при обращении с отходами.
30. Какие виды отходов существуют, каковы методы расчёта их количества?
31. Мероприятия по охране растительного и животного мира.
32. Способы переработки строительных отходов.
33. От чего зависит норма снятия плодородного слоя почвы?
34. Назовите нормативные документы в области охраны окружающей среды.
35. Ограничения скорости машин на стройплощадке.
36. Какие виды работ на стройплощадке производят наибольшее загрязнение окружающей среды?
37. Какие требования предъявляются к строительным материалам и изделиям, применяемым в строительстве?
38. Первоочередные мероприятия по охране окружающей среды на строительной площадке.

К рассмотрению берутся три вопроса, в соответствии с табл.2.1

Таблица 2.1

*Таблица вариантов для первого вопроса
(второй вопрос = первый + 10
третий = второй + 10)*

Вариант (столбец – десятки, строка – единицы)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	12	2	6	22	28	25	32	18	15	12
1	3	34	31	3	38	35	23	2	26	3
2	14	3	12	24	6	17	4	34	31	14
3	35	6	13	25	24	21	35	23	20	35
4	16	7	4	26	2	1	6	25	37	16
5	17	8	5	9	16	13	37	7	4	17
6	18	12	9	28	11	8	8	28	25	36
7	19	1	22	29	13	10	29	11	8	19
8	4	33	30	30	15	8	4	26	2	12
9	21	23	20	31	16	13	5	9	16	3

Так, например, у 12-ого по списку будут:

- 31 вопрос: «Мероприятия по охране животного и растительного мира»
- 41(4) вопрос: «Что такое компоненты природной среды?»
- 14 вопрос: «Какие воздействия строительного производства на окружающую среду называются прямыми»

Оформить отчёт в соответствии с классическими требованиями, – см.ЛР-1

3. ЛР-3 Оценка уровня выбросов вредных веществ в атмосферу

Цель работы: углубление знаний об атмосфере, об экологических проблемах, обусловленных загрязнением воздуха, оценка экологической безопасности атмосферного воздуха.

Загрязнение воздуха оказывает влияние на климат, здоровье людей, состояние биоты. Негативное воздействие при этом происходит и в результате прямого контакта с загрязненным воздухом, и в результате выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, и вторичного загрязнения окружающей среды. Газовые выбросы наносят экономический ущерб из-за потерн веществ, которые могли бы быть использованы в смежных отраслях.

Из-за загрязнения воздуха происходит разрушение материалов, оборудования, сооружений, многие вредные вещества вызывают болезни и гибель домашних и диких животных, лесных и культурных растений.

Глоссарии: атмосфера, загрязнение атмосферы, парниковый эффект, парниковые газы, кислотный дождь, аэрозоли, фреон, озоновый экран (слой), озоновая дыра, предельно допустимый выброс (ПДВ).

Для промышленного предприятия, расположенного на ровной местности,

1) рассчитать величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к предприятию, при выбросе из трубы нагретой газовоздушной смеси;

2) определить расстояние от источника выброса, на котором достигается величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (по оси факела);

3) определить фактическую концентрацию вредного вещества у поверхности земли (приземную концентрацию) с учетом фонового загрязнения воздуха.

4) определить опасную скорость ветра для имеющегося выброса ВВ (см. варианты) выброса на расстояниях 50, 100, 200, 300, 400, 500 м от источника выброса;

5) рассчитать предельно допустимый выброс нагретого вредного вещества.

Исходные данные для выполнения работы даны в табл.3.1

Варианты для выполнения задания

Исходные данные к заданию	№ варианта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Фоновая концентрация вредного вещества в приземном воздухе $C_{\text{ф}}$, мг/м ³	0,02	0,9	0,01	0,01	0,01	1,5	0,01	0,01	0,03	0,6	0,7	0,08	0,03	0,5	1
Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, M , г/с	0,8	7,6	0,4	0,2	0,7	7,5	0,3	0,7	0,9	7,6	7,6	0,3	0,7	0,7	7,5
Объем газовойздушной смеси, выбрасываемой из трубы, Q , м ³ /с	2,4	2,7	3,1	3,3	2,9	2,4	2,8	2,9	3,2	2,4	2,9	2,7	3,1	2,9	3,2
Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха ΔT , °С	12	14	16	18	13	15	17	12	16	14	14	12	15	17	13
Высота трубы H , м	21	23	25	22	24	21	23	24	25	21	22	23	19	20	20
Диаметр устья трубы D , м	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,7	0,9	1,0	0,8	0,9
Выбрасываемые вредные вещества	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	2	1	4

Примечание. В таблице цифрами обозначены выбрасываемые вещества: 1 – оксид азота (NO); 2 – оксид углерода (CO); 3 – диоксид азота (NO₂); 4 – диоксид серы (SO₂).

Указания к выполнению задания

1. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{\text{м}}$, мг/м³, при выбросе нагретой газовойздушной смеси из одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определить по формуле

$$C_{\text{м}} = \frac{A M F m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{Q \Delta T}}$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (для Владимирского региона равен 136);

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных вредных веществ $F = 0,95..0,98$;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние местности (в случае ровной местности $\eta = 1$);

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса, см. ниже, п.б.;

Для определения C_m необходимо:

а) рассчитать среднюю линейную скорость w_0 , м/с, выхода газовой смеси из устья источника выброса

$$w_0 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

б) значения коэффициентов m и n определить в зависимости от параметров f и v_m

$$f = 1000 \frac{w_0^2 D}{H^2 \Delta T}$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{Q \Delta T}{H}}$$

в) коэффициент m определить в зависимости от f по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}$$

г) коэффициенты n и d (для п.2) определяются в зависимости от величины v_m

при $v_m < 0,5$	$n=1$	$d = 7\sqrt{v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f})}$
при $0,5 < v_m < 2$	$n=0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13$	$d = 4,95v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f})$
при $v_m \geq 2$	$n=4,4 v_m$	$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f})$

2. При неблагоприятных метеорологических условиях максимальная приземная концентрация вредных веществ достигается на расстоянии от источника выброса X_m , м:

$$X_m = (5 - F)d \frac{H}{4}$$

3. Значения приземных концентраций вредных веществ C_x в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса при опасной скорости ветра определяется по формуле $C_x = S_1 \cdot C_m$,

где S_1 – безразмерная величина, определяемая в зависимости от соотношения X/X_m .

$$- \text{ при } X/X_m \leq 1 \quad S_1 = 3(X/X_m)^4 - 8(X/X_m)^3 + 6(X/X_m)^2;$$

- при $1 \leq X/X_m \leq 8$ $S_1 = 1,13 / (0,13 \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 1)$.

Построить график зависимости концентрации вредных веществ C_x от расстояния X . С учётом табл.3.2 показать предельные расстояния.

4. Вышеприведенные формулы для расчета C_m и X_m справедливы при опасной скорости ветра:

- $u_m = 0,5$ м/с, если $v_m < 0,5$;
- $u_m = v_m$, если $0,5 < v_m < 2$;
- $u_m = v_m(1 + 0,12\sqrt{f})$ для нагретых выбросов при $v_m \geq 2$.

5. Расчет предельно допустимого выброса нагретого вредного вещества (ПДВ) производится по формуле, ПДВ, г/с:

$$\text{ПДВ} = (\text{ПДК}_{\text{cc}} - C_{\phi}) \frac{H^2 \sqrt[3]{Q \Delta T}}{A F m n \eta}$$

где ПДК_{cc} – предельно допустимая концентрация вредного вещества среднесуточная, табл.3.2.

Таблица 3.2

Предельно допустимая концентрация вредного вещества

Наименование вещества	Класс опасности ⁴	ПДК, мг/м ³	
		максимальная разовая	среднесуточная
Азота оксид NO	3	0,6	0,06
Углерода оксид CO	4	5,0	3,0
Азота диоксид NO2	2	0,085	0,04
Серы диоксид SO2	3	0,5	0,05

Сделать выводы по работе:

- дать и дать оценку рассчитанного уровня загрязнения воздуха в приземном слое промышленными выбросами путем сравнения со среднесуточной предельно допустимой концентрацией (ПДК);
- исходя из ПДК определить предельное безопасное расстояние по ветру для расстояний: 50, 100, 200, 300, 400, 500 м;
- по ПДК – предельную скорость ветра для расстояний: 50, 100, 200, 300, 400, 500 м.

Выводы представить в графической форме. В помощь – см. прил.3.

⁴ 1-й – вещества чрезвычайно опасные; 2-й – вещества высокоопасные; 3-й – вещества умеренно опасные; 4-й – вещества малоопасные, [ГОСТ-32419-2013-Классификация опасности химической продукции]

4. ЛР-4 Определение продуктов сгорания органического топлива.

Цель работы: получить навыки практического расчёта опасности отравления угарным газом в закрытом помещении.

Положим, имеется ситуация, когда имеется открытый источник пламени: камин, домовые печи в коттеджах при закрытом *шибере*⁵. (Ее закрывали, чтобы тепло из дома после окончания топки печи не улетучивалось через печную трубу слишком быстро), «бани по черному», производственные подсобные работы по нагреву гудрона, строй материалов, воды для технологических нужд.

Теория

Известно, что при сгорании древесины или каменного угля помимо углекислого газа (CO_2) может образовываться и угарный газ (CO). Последний легко окисляется кислородом воздуха и при сгорании топлива на открытом воздухе или при наличии интенсивной тяги опасности для человека не представляет. Однако в закрытом помещении угарный газ весьма опасен и может привести к тяжелому отравлению и даже смерти.

Это происходит потому, что молекула угарного газа лишь незначительно превосходит по размерам молекулу кислорода. Попадая при дыхании в организм, она необратимо встраивается в молекулу гемоглобина (составляющая крови), которая в нормальных условиях является «транспортёр», доставляющим кислород, и выводящая продукты окисления (угарный газ) из всех тканей тела человека. В результате снабжение организма кислородом нарушается – место на «транспортёре» занято. Как видно из сказанного, между процессами горения и дыхания просматривается прямая аналогия.

Поскольку плотность угарного газа меньше плотности воздуха, то в помещениях без вентиляции он скапливается под потолком. И угарный, и углекислый газы не имеют ни цвета, ни запаха, поэтому повышение их концентраций до опасных уровней происходит незаметно для людей, находящихся в помещении. Кроме того, при прохождении над раскаленными углями углекислый газ восстанавливается до угарного ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$), что представляет дополнительную опасность, поскольку предельно допустимая концентрация (ПДК) угарного газа значительно меньше, чем углекислого.

При выполнении задания необходимо понимать, что не все допущения, принятые в образце решения, имеют место в реальных условиях. В частности, углекислый и угарный газы, находясь в закрытом помещении, хотя и располагаются друг над другом из-за неодинаковой плотности, но при этом нет четкой границы раздела, а существует некий слой смешивания.

⁵ печная заслонка, – перекрывает дымоход. При этом принято делать не полную её герметичность, чтобы угарный газ (в случае тлеющего, недогоревшего топлива) мог выходить за пределы здания.

Условие задачи

Какой объем займет угарный газ, выделяющийся при полном сгорании древесины, угля или другого топлива в помещении со следующими параметрами: $a=4,0$ м – длина помещения; $b=2,0$ м – ширина помещения; $h=3,0$ м – высота помещения. Масса топлива $m=12$ кг; коэффициент сгорания $k=0,8$; коэффициент, отвечающий количеству углерода, подвергающегося неполному сгоранию (образующему СО) $\psi_1=0,1$; коэффициент, отвечающий количеству углерода, образующего СО во вторичном процессе, $\psi_2=0,15$. Температура воздуха на входе в топку $T_0=0^\circ\text{C}$, температура продуктов сгорания в помещении $T_1=40^\circ\text{C}$, давление в результате $P_1=780$ мм.рт.ст. Определить, с какой высоты помещения будет начинаться зона, заполненная угарным газом. Упрощенно полагаем, что угарный газ располагается вверху и не смешивается с другими газами.

Справочные данные:

- плотность воздуха – $1,204$ кг/м³ (при 0°C)
- плотность угарного газа – $1,25$ кг/м³ ($0,97$ относительно воздуха)

Таблица 4.1

Исходные данные для выполнения задания

№ в-та	m , кг	T_1 , $^\circ\text{C}$	T_1 , $^\circ\text{C}$	P_1 , мм.рт.ст.	k	ψ_1	ψ_2	a , м	b , м	h , м
1	15	0	42	780	0,75	0,10	0,15	2	4	2
2	25	-2	46	784	0,83	0,18	0,17	2,5	5	3,7
3	17	12	50	786	0,82	0,19	0,18	8	3	2,75
4	24	10	54	785	0,76	0,17	0,19	3	6	2,7
5	19	-4	40	788	0,79	0,20	0,14	3	3	3
6	31	6	58	787	0,77	0,30	0,12	2	4	2
7	26	5	52	783	0,78	0,21	0,13	2,5	5	3,7
8	10	18	48	782	0,84	0,16	0,11	8	3	2,75
9	21	13	44	789	0,85	0,14	0,10	3	6	2,7
10	37	12	56	781	0,81	0,15	0,18	3	3	3
11	12	7	44	783	0,79	0,14	0,19	6	4	2,8
12	6	14	36	785	0,78	0,12	0,17	4	5	3
13	8	-9	34	789	0,63	0,13	0,02	3,36	6	3,2
14	9	2	37	787	0,48	0,11	0,30	7,12	7	3,5
15	10	11	29	788	0,58	0,10	0,18	4,1	3,8	6

Пример выполнения задания

Считаем, что вес сгоревшее топливо – чистый углерод. Тогда его количество определяется произведением массы топлива на коэффициент сгорания:

$$m_1 = m \cdot k$$

или

$$m_1 = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кг}$$

При сгорании топлива параллельно идут два процесса:



Часть углекислого газа вступает во вторичную реакцию с раскаленными углями:



Масса углерода, участвующего в реакции (4.1), равна

$$m_2 = m_1 \cdot \psi_1$$

или

$$m_2 = 9,6 \cdot 0,1 = 0,96 \text{ кг}$$

Масса углерода, участвующего в реакции (4.2), равна

$$m_3 = m_1 \cdot \psi_2$$

или

$$m_3 = 9,6 \cdot 0,15 = 1,44 \text{ кг}$$

Общая масса углерода, образующего CO, равна

$$m_4 = m_2 + m_3$$

или

$$m_4 = 0,96 + 1,44 = 2,4 \text{ кг}$$

Для простоты будем считать, что весь процесс образования угарного газа идет по реакции (4.2). Исходя из соотношения масс, участвующих в химической реакции, находим массу образовавшегося угарного газа.

$$m_{CO} = \frac{m_C \cdot M_{CO}}{M_C}$$

или

$$m_{CO} = \frac{2,4 \cdot 28}{12} = 5,6 \text{ кг}$$

где m_C – масса углерода;

M_{CO} – молекулярная масса CO. (молекулярную массу CO находим как сумму атомных масс углерода и кислорода; коэффициенты перед CO и C в уравнении (4.2) взаимно уничтожаются);

M_C – молекулярная масса углерода.

Объем, который займет это количество угарного газа при нормальных условиях, составляет:

$$V_{CO} = \frac{5,6 \text{ кг}}{0,028 \text{ кг}} \cdot 22,4 \text{ л} = 4480 \text{ л или } 4,480 \text{ м}^3.$$

(0,028 кг – масса одного моля CO; 22,4 л – объем, занимаемый одним молем газа при нормальных⁶ условиях).

По уравнению объединенного газового закона найдем истинный объем угарного газа при $T=313\text{K}$:

По уравнению *объединенного газового закона*⁷ (уравнение Менделеева-Клапейрона) найдем истинный объем угарного газа при $T_1=40^\circ\text{C}$ в помещении

$$V_{\text{ист}} = \frac{P_0 V_0 T_1}{P_1 T_0}$$

где $V_0=V_{CO}=4,48 \text{ м}^3$; $T_0=273^\circ\text{C}$; $P_0=760 \text{ мм.рт.ст}$ (атмосферное давление).

$$V_{\text{ист}} = \frac{760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 4,48 \text{ м}^3 \cdot 313 \text{ K}}{760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 273 \text{ K}} \approx 5,0 \text{ м}^3$$

Площадь помещения равна $S = a \cdot b = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м}^2$.

Определим высоту зоны, заполненной угарным газом:

$$h_x = \frac{V_{\text{ист}}}{S} = \frac{5,0}{8} = 2,375 \text{ м}$$

Следовательно, угарный газ заполнит помещение выше уровня ($h - h_x$) или $3 \text{ м} - 0,657 \text{ м} = 2,375 \text{ м}$.

Вывод: зона, заполненная угарным газом, находится выше уровня 2,375 м.

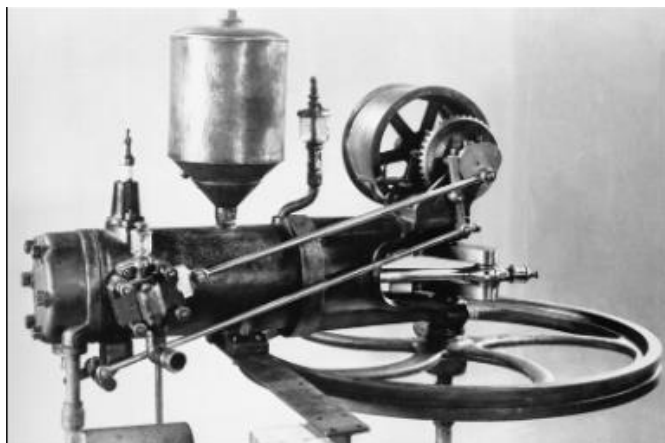
Необходимо произвести расчёты в соответствии со своим вариантом.

5. ЛР-5 Антропогенные загрязнения ОС в результате работы автотранспорта

Цель работы: получить основные навыки в практическом определении выброса вредных веществ в результате работы двигателей автотранспорта. Оценка влияния токсичных продуктов от работы двигателей транспорта на живые организмы и окружающую среду.

⁶ атмосферных

⁷ для газа $PV/T = \text{const}$ (давление·объём·температура)



а)



б)



в)



г)

Рис. 5.1 Путь развития двигателестроения (в картинках)
а) двигатель Бенца; б) современного легкового авто;
в) оппозитный двигатель (мотоцикл); г) танка Армата

Теория

В антропогенном загрязнении большую роль играют не только стационарные промышленные предприятия, но и мобильные источники, особенно автотранспорт, количество которого с увеличением размеров городов и населения постоянно повышается. Если 15 – 20 лет назад атмосферу города загрязняли в основном отходы промышленности и энергетики, то сегодня «пальма первенства» перешла к «химическим фабрикам на колесах» – автотранспорту, на долю которого приходится до 90 % всех выбросов в атмосферу.

В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. В мегаполисах эта величина еще больше: Санкт-Петербург – 71 %, Москва – 88 %. Уровень загрязнения воздуха оксидами азота и углерода, углеводородами и другими вредными веществами на большинстве автомагистралей в 5 – 10 раз превышает предельно допустимые концентрации.

Большинство марок применяемого ныне бензина содержит в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец (0,41 – 0,82 г/л). Бензин с такой присадкой называют этилированным, ее применение позволяет сократить потребление топлива, но загрязняет атмосферу соединениями свинца.

Технический уровень эксплуатации автомобилей постоянно совершенствуется. Повышаются требования национальных стандартов. Однако, даже в этих условиях во субъектах Российской Федерации отмечается, превышение действующих нормативов по токсичности и дымности. Исследование данного вопроса является актуальной технической проблемой (задачей).

Влияние на человека отработавших газов автомобилей

Во многих странах, и в первую очередь индустриально развитых и густонаселенных, нарастает загрязнение поверхности Земли механическими примесями в виде золы, пыли, шлаков. Такое загрязнение особенно велико в районах размещения крупных транспортных узлов.

При сжигании в автотранспортных установках топлива в воздух выбрасывается с продуктами сгорания сернистый ангидрид, который, соединяясь с атмосферной влагой, образует сернистую и серную кислоты, попадающие в конечном счете в почву и воду. Подобные агрессивные вещества оказывают очень вредное влияние прежде всего на растительный мир, угнетая леса на больших территориях. Скапливаясь в воздухе, они угрожают также животному миру и человеку, интенсивно разрушают металлические конструкции, лакокрасочные покрытия, бетонные и каменные сооружения. Большой вред наносится зданиям, мостам, архитектурным памятникам и другим сооружениям.

Доля отработавших газов автомобилей в загрязнении атмосферного воздуха больших городов изменяется в зависимости от времени и пропорциональна интенсивности движения транспортных средств. Минимальная концентрация вредных веществ наблюдается в ночные часы, когда их содержание в воздухе в несколько раз меньше, чем днем. Максимальная концентрация отмечается в часы пик. Атмосфера улиц самоочищается в результате проветривания. При одной и той же интенсивности движения большее загрязнение воздуха отмечается в районах, плотно застроенных высокими зданиями, и вдоль дорог с узкой проезжей частью.

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс высвобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кислородом. Продукты окислительных реакций содержат: оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца, бенз(а)пирен, оксиды серы, углеводороды и другие побочные продукты горения.

По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов подразделяются:

- **на токсичные**⁸ – оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца;
- **канцерогенные**⁹ – бензапирен;

⁸ *токсичный* – способный вызвать отравление, ядовитый

⁹ *канцерогенный* – способствует возникновению злокачественных опухолей

– **раздражающего действия** – оксиды серы, углеводороды.

Влияние перечисленных компонентов отработанных газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности действия.

Оксид углерода при вдыхании попадает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию кислородной недостаточности. Признаками кислородной недостаточности являются нарушения в центральной нервной системе (ЦНС), поражения дыхательной системы, снижение остроты зрения. Увеличенные среднесуточные концентрации оксида углерода способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ).

Оксид углерода в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает слабое отравление через 1 ч (концентрация $C = 0,05$ об. %), потерю сознания через несколько вдохов ($C = 1$ об. %).

Из оксидов азота наибольшую опасность представляет диоксид азота NO_2 . Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушению функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Оксиды азота в воздухе в зависимости от концентрации вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз ($C = 0,001$ об. %), начало кислородного голодания ($C = 0,001$ об. %), отек легких ($C = 0,008$ об. %).

Сернистый ангидрид в воздухе даже в относительно низких концентрациях увеличивает смертность от ССЗ, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Углеводороды в результате фотохимических реакций с оксидами азота, попадающими в воздух с выхлопными газами автотранспорта, под действием солнечного излучения образуют фотохимический смог. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Это агрессивные химические соединения, токсичные для растений, животных и человека. Фотохимический смог вызывает головные боли, тошноту, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, ухудшает состояние при хронических респираторных заболеваниях.

Бенз[а]пирен, попадая в организм человека, постепенно накапливается до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

Сажа не представляет непосредственной опасности для человека, но является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например сернистого ангидрида.

Свинец способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей и через кожу. Поражает ЦНС и кроветворные органы.

В первую очередь воздействию токсических составляющих отработавших газов подвергается водитель автомобиля. Анализ воздуха в кабинах транспортных средств показал, что концентрация оксида углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать предельно допустимые нормы.

Выбросы SO_2 являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий. Возрастание концентрации оксида углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха у поверхности Земли.

Таблица 5.1

Состав смеси выхлопных газов для ДВС представлен в таблице

Компоненты выхлопного газа	Содержание по объему, %					Примечание
	Двигатели					
	Бензиновые	Дизели	на Метане	на Пропан -бутане	на Водороде	
Азот (N ₂)	74,0-77,0	76,0-78,0	71,5	71,4	65,2	Нетоксичен
Кислород (O ₂)	0,3-8,0	2,0-18,0	—	—	—	Нетоксичен
Пары воды (H ₂ O)	3.0-5,5	0,5-4,0	19,0	17,24	34,8	Нетоксичен
Диоксид углерода (CO ₂)	0,01-16,0	1,0-10,0	9,5	11,36	—	Нетоксичен
Оксид углерода (CO)	0,1-5,0	0,01-0,5	—	—	—	Токсичен
Оксиды азота (NO _x)	0,0-0,8	0,0002-0,5000	—	—	—	Токсичны
Альдегиды	0,0-0,2	0,001-0,009	—	—	—	Токсичны
Оксид серы	0,0-0,002	0,0-0,03	—	—	—	Токсичен
Угле- водороды	0.2-3,0	0,09-0,500	—	—	—	Токсичны
Сажа, г/м ³	0,0-0,04	0,01-1,10	—	—	—	Токсична н канцероген
Бензопропилен, мг/м ³	0,01-0,02	до 0,01	—	—	—	Канцероген

Замечание: следует напомнить, что в воздухе содержится 79% азота и 21% кислорода.

Свинец

Наиболее опасно загрязнение окружающей среды соединениями свинца. И прежде всего за счет именно автотранспорта. В последнее время отмечено (отчёт РосСтат), что в Российской Федерации выброшено около 6 тыс. т соединений свинца, из них почти 4 тыс. т – от автомобилей, 700 т – от предприятий цветной металлургии; по 400 т – от авиационных и ракетных двигателей, ТЭЦ; 200 т – от предприятий лакокрасочной, стекольной и оборонной промышленности. Отказ от этилированного бензина может снизить загрязнение соединениями свинца в несколько раз.

Значительна роль архитектурно-планировочных мероприятий и зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения могут увеличить среднюю скорость движения транспорта. При этом если скорость возрастает, к примеру, с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4 – 5 раз, а наиболее вредных (например, бенз(а)пирена) – еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5 – 2 раза даже по сравнению с движением автомобилей на первой скорости. Дороги с интенсивным движением следует выносить за пределы жилых и рекреационных зон или хотя бы защищать эти зоны «зеленым щитом» от загазованности. Даже однорядная высадка деревьев с кустарниками (высотой 1,5 м) на ширине 3 – 4 м снижает уровень загазованности на 10 – 15 %, а при четырех рядах шириной 30 – 50 м – на 60 – 70 %.

Влияние пыли на здоровье человека

Запылённость окружающего воздуха вокруг транспорта может показаться не существенным вредным фактором. Однако это не так. Рассмотрим подробнее.

Степень запыленности воздуха при движении автомобильного транспорта зависит от следующих факторов: времени года, типа покрытия дороги и вида почвы, направления ветра, интенсивности движения, грузоподъемности автомобиля, типа шин.

Основная часть пыли – кварц. На городских магистралях в уличной пыли обнаруживаются также примеси кальция, кадмия, свинца, хрома, цинка, меди, железа. Присутствие перечисленных примесей определяется функционированием автомобильного транспорта и обработкой магистралей анти-обледенительными составами.

Увеличивают выброс пыли шины, оснащенные шипами. Износ дорожного полотна при их использовании в зимний период составляет 2 – 4 мм. В целом ряде стран использование шипованных шин запрещено, за исключением ограниченного числа автомобилей специального назначения. Воздействие пыли увеличивает скорость изнашивания машин и механизмов и оказывает вредное влияние на организм человека.

Вредное воздействие пыли на организм человека зависит от ее дисперсности, твердости частиц, формы пылинок и т. д. Селко-дисперсная пыль наиболее опасна, потому что оседает в легких и бронхах и при длительном вдыхании приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Особенно опасны для организма кислотосодержащие аэрозоли, адсорбирующие канцерогенные вещества. Первые нарушают кислотное равновесие тканевых клеток; вторые, постепенно накапливаясь в организме, могут явиться причиной возникновения злокачественных опухолей.

Шум – нежелательные, неприятные звуковые колебания, беспорядочно изменяющиеся во времени. Звуковые колебания – акустические колебания, лежащие в диапазоне частот от 16Гц до 22кГц.

Анализируя данные, приведенные в таблицах 1.1 и 1.2, можно утверждать, что основные вредные факторы затухают до ПДУ и ПДК¹⁰ на расстояниях 20...70 м, превалирующим является шум, распространение которого с превышением ПДУ отмечается на расстояниях в десятки раз больших, чем для других факторов.

Это объясняется двумя основными причинами:

- очень высокими уровнями шума, генерируемыми транспортными потоками с высокоинтенсивным движением;
- весьма специфичными особенностями затухания звука в атмосфере, в особенности от транспортных магистралей (здесь транспортный поток должен рассматриваться как линейный источник цилиндрических звуковых волн, что предполагает на расстояниях до нескольких сот метров наличие затухания всего 3 дБА при удвоении расстояния, например с 10 до 20 м или со 100 до 200 м и т.д.).

Различают четыре вида воздействия шума:

1. раздражающее воздействие (шумовые всплески, переменное акустическое воздействие в сочетании с шумом постоянного уровня и громкие звуки):

2. снижение самообладания (предъявление жалоб и претензий к объектам и субъектам повышенных шумовых воздействий):

3. воздействие шума на характер принимаемых решений, что важно, например, для водителя при быстрой смене обстановки в городских условиях движения;

4. воздействие шума на внимание в процессе длительной работы с учетом наличия корреляции уровня шума с вероятностью совершения ДТП.

При регламентировании показателей шума АТС учитывают особенности слухового восприятия шума человеком, которое не совпадает с результатами измерений, а также наличие синергетического эффекта при одновременном воздействии на организм человека шума, вибраций, температур, газов в салоне.

Основными источниками внешнего шума являются автотранспорт, а также некоторые виды производства и строительство (табл. 5.2).

¹⁰ ПДУ, ПДК – предельно допустимый уровень/концентрация

Интенсивность шума от автотранспорта

Тип автотранспорта	Интенсивность шума, дБА
легковой автомобиль	70-80
автобус	80-85
грузовой автомобиль	80-90
мотоцикл	90-95

Автомобильные средства по интенсивности шума различаются довольно резко. К самым шумным относятся грузовые автомобили с дизельным двигателем (90-95дБА), к самым «тихим» – легковые автомобили высоких классов (65-70 дБА).

Источником шума на автомобиле являются двигатель, коробка передач, ведущий мост, вентилятор, выхлопная труба, всасывающий трубопровод, шины. При скорости движения до 70-80 км/ч под нагрузкой основным источником шума на автомобиле оказывается двигатель. За пределами указанных скоростей главный шум производят шины. Когда нагрузка сбрасывается, наиболее интенсивный шум вызывается также шинами.

Таким образом, транспортные средства являются источниками прежде всего внешних шумов, беспокоящих всех людей, находящихся в пределах их (шумов) досягаемости.

Уже много лет осуществляется нормирование транспортных шумов. Выработаны международные нормы, определяющие уровни шума, производимые автомобильными транспортными средствами. Максимально допустимые уровни шума составляют: для легковых автомобилей – 80дБА, автобусов и грузовых автомобилей в зависимости от массы и вместимости соответственно от 81 до 85 и от 81 до 88 дБА.

В условиях акустического дискомфорта по уровню автотранспортного шума проживает не менее 12,5 млн. городских жителей РФ.

Интенсивность шума в жилой застройке зависит от:

- скорости транспортного потока (увеличивается на 6...7 дБА при каждом удвоении скорости движения);
- состава транспортного потока (может разниться до 10 дБА в зависимости от наличия и числа грузовых автомобилей);
- состояния покрытия (увеличивается от 2...3 до 7...8 дБА, например, при дожде);
- состояния поверхности между дорогой и жилой застройкой (здесь разница может достигать 6... 8 дБ А);

- наличия зеленых насаждений (их эффективность для целей шумоглушения в литературе часто преувеличена и на самом деле не превышает 8... 10 дБА при ширине зеленых насаждений порядка 20 м);
- расстояния от транспортной магистрали до жилой застройки.

Расчеты и измерения показывают, что на расстоянии 7,5 м от транспортной магистрали ожидаемые уровни звука могут достигать 80...85 дБА (при норме в дневное время 55 дБА, ночное – 45 дБА).

Вибрации

Другим источником транспортного дискомфорта (для водителя и пассажиров) являются колебания и вибрации, возникающие в процессе движения автомобиля. Они рассматриваются в рамках группового свойства – плавности хода.

При движении автомобиля возникают колебания, обусловленные неуравновешенными силовыми воздействиями в узлах и агрегатах автомобиля, а также внешним переменным воздействием от неровностей дорожного покрытия. Эти колебания передаются на кузов автомобиля и через дорожное покрытие и грунт - на элементы придорожного пространства. Воздействие вибраций можно рассматривать по аналогии с шумом в двух аспектах: воздействие на водителя и пассажиров автомобиля и воздействие на окружающие объекты.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрации. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и вызывает сотрясение всего организма; локальная вибрация передается через руки человека. Водитель автомобиля одновременно подвергается воздействию общей и локальной вибрации, а пассажир и пешеход, находящийся рядом с проезжей частью, - общей.

Оценка плавности хода связана с наличием частотной и амплитудной чувствительности различных органов человека, особенно при экстремальных ускорениях во время движения автомобиля.

Согласно нормативным документам экспериментально оцениваются значения вертикальных, продольных и поперечных виброускорений, которые сопоставляются с техническими нормами для каждого вида АТС.

Нормы общей вибрации установлены в октавных диапазонах со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, а локальной вибрации – 16; 32; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

В автомобиле вибрации низкой частоты возникают при взаимодействии колес с дорогой, и параметры колебаний являются случайными. Уровень вибрации в основном определяется скоростью движения, ровностью дорожного покрытия, конструктивными особенностями подвески автомобиля и его техническим состоянием. Колебания автомобиля по всем параметрам близки к параметрам колебаний отдельных органов человека, поэтому Вибрация оказывает

отрицательное влияние на те органы человека, частоты колебаний которых совпадают с частотой вибрации автомобиля.

При проектировании подвески автомобиля стараются обеспечить такую плавность хода, при которой уровни вибрации не превышают порога снижения комфортности или Порога производительности труда, а частота колебаний кузова находится в диапазоне 1,5...2,5 Гц.

Наименьший уровень вибрации, источником которой является взаимодействие колес с дорогой, наблюдается при размещении водителя и пассажиров внутри автомобиля на площади, ограниченной колесной базой. Такое размещение принято практически для всех легковых автомобилей. Для водителей грузовых автомобилей с компоновкой кабины над двигателем и автобусов вагонного типа необходимо применение сиденья с прорессориваем.

Вибрации, возникающие при движении автомобиля, не только воздействуют на водителя и пассажиров, но и передаются через дорожное покрытие в окружающее пространство. Исследования показывают, что они могут превышать допустимый для человека уровень на удалении от проезжей части до 10м.

Для предотвращения воздействия вибрации на организм человека применяются различные виброгасительные и демпфирующие устройства (амортизаторы, демпферы, рессоры, пружины и т.д.).

Новые виды топлива

Пагубное влияние транспорта на состояние окружающей среды вызывает необходимость применения новых экологически чистых видов топлива. К ним относится прежде всего сжиженный или сжатый газ. Важность этого вопроса для России подтверждается тем, что на уровень федерального закона вынесен законопроект «Об использовании природного газа в качестве моторного топлива», вызвавший очень большой интерес не только у специалистов транспорта, но и у экологов.

В мировой практике в качестве моторного топлива наиболее широко используется сжатый природный газ, содержащий не менее 85 % метана. По энергоемкости 1 м³ природного газа эквивалентен 1 л бензина марки АИ-92.

В таблице приведено сопоставление удельных выбросов в процентах для ДВС автомобилей по результатам комплексных испытаний при условии, что выбросы от ДВС на неэтилированном бензине приняты за 100 %.

Сравнение содержания токсичных компонентов в выхлопных газах ДВС, %

Вид топлива	Токсичные компоненты выхлопных газов				
	СО	C _x H _y	NO _x	Сажа	Бенз(а)пирен
Бензин	100	100	100	Нет	100
Бензин (двигатели с нейтрализаторами)	25 – 30	10	25	Нет	50

Анализ показывает что, применение газа сокращает выбросы: окислов углерода в 3 – 4 раза; окислов азота в 1,5 – 2 раза; углеводородов (не считая метана) в 3 – 5 раз; частиц сажи и двуокиси серы (дымность) дизельных двигателей в 4 – 6 раз.

Особо следует остановиться на выбросах углеводородов. Фотохимический смог образуется в результате химического взаимодействия оксидов азота и углеводородов, попадающих в воздух с выхлопными газами автотранспорта, под действием солнечного излучения, которые претерпевают в атмосфере фотохимическое окисление. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Это агрессивные химические соединения, токсичные для растений, животных и человека. Фотохимический смог наблюдается в виде голубоватой дымки или беловатого тумана из-за образования аэрозольных частиц. Фотохимический смог вызывает головные боли, тошноту, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, ухудшает состояние при хронических респираторных заболеваниях.

В бензиновых двигателях основное количество углеводородов приходится на этан и этилен, а в газовых – на метан (при неидеальном сгорании). Легче всего под воздействием ультрафиолетового излучения окисляются непредельные углеводороды, такие как этилен. Предельные углеводороды, включая метан, более стабильны. Поэтому в ограничительных стандартах автомобильных выбросов ряда стран углеводороды учитываются без метана, хотя пересчет ведется на метан.

Важно иметь в виду, что при использовании газового (природного) топлива увеличивается моторесурс двигателя в 1,4 – 1,8 раза; срок службы свечей зажигания – в 4 раза; моторного масла – в 1,5 – 1,8 раза; межремонтный пробег – в 1,5 – 2 раза. При этом снижаются уровень шума на 3 – 8 дБ и время заправки. Все это обеспечивает быструю окупаемость затрат при переводе транспорта на газомоторное топливо.

Следует отметить, что имеет место вопрос безопасности использования газомоторного топлива. В целом взрывоопасная смесь газовых топлив с воздухом образуется при концентрациях в 1,9 – 4,5 раза больших, чем с бензином и дизельным топливом, что снижает опасность образования такой смеси.

Однако определенную опасность представляют утечки газа через неплотность соединений. В этом отношении наиболее опасен сжиженный нефтяной газ, который в результате утечки образует местные скопления, способные «разливаться», что при возгорании увеличивает очаг пожара.

Кроме сжиженного (сжатого газа) многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду как практически идеальному с экологической точки зрения моторному топливу. Но существуют проблемы, связанные и со свойствами самого водорода, и с его производством. Как горючее для транспорта водород удобнее и безопаснее в жидком виде, где в пересчете на 1 кг он превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза. В то же время плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок,

что требует больших баков, которые необходимо теплоизолировать, что также влечет за собой дополнительный вес и объем. Высокая температура горения водорода приводит к образованию значительного количества экологически вредных окислов азота, если окислителем является воздух. Истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным сырьем станет вода, а первичным источником энергии – солнце или сила падающей воды.

Меры по повышению экологической чистоты

Известно, что количество бенз(а)пирена в выхлопных газах резко возрастает на режимах торможения автомобилей – до 50 – 100 мг за 1 мин работы на низкосортном бензине. Если это количество распределить равномерно, оно способно создать концентрацию, равную предельно-допустимой концентрации (ПДК), в громадном объеме воздуха – чуть меньше 1 км³. Пути снижения вредного воздействия этих выбросов, следующие:

- отказ от этилированного бензина для исключения выбросов соединений свинца и уменьшения непредельных углеводородов. Переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18 – 22 раза), повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается и на расходе бензина. Уже сегодня технологические возможности позволяют достичь уровень 2,5 л на 100 км на небольшой легковой автомобиль.
- замена бензиновых двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.
- установка на бензиновых двигателях выхлопных катализаторов;
- решение вопросов по созданию электротранспорта, в том числе по величине пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу там, где нет дефицита энергии (метро, троллейбусы и др.);
- разработка гибридного транспорта: ДВС+электродвигатель;
- применение СУГ-ов и сжиженного газа в виде топлива;
- разработка перспективных моделей на водороде, конденсаторах большой ёмкости, спирте, рекуперативных автомобилей.

В основу идущей ниже методики расчета выбросов вредных веществ автомобильным транспортом заложен нормируемый удельный выброс по автомобилям отдельных групп (грузовые, автобусы, легковые) для каждого типа двигателя (бензиновый, дизельный) в зависимости от движения по городу или вне населенных пунктов. При этом выброс вредных веществ корректируется в зависимости от ряда наиболее существенных факторов.

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть определено расчетным методом. Исходные данные для расчета количества выбросов:

- число единиц автотранспорта, проезжающего по выделенному участку автотрассы в единицу времени;
- нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города приведены в табл.5.4).

Замеры

Место проведения: автотрасса, перекресток-светофор. Приборы: секундомер смартфона. Ход работы:

1. Зафиксируйте время – $t = 10$ мин.
2. Определите число машин, останавливающихся у светофора – n .
3. Определите количество переключений:
 - торможение
 - набор скорости
 - холостой ход
4. Число переключений k
5. Результаты занесите в табл.5.3:

Таблица 5.3

Результаты подсчётов

Тип машин	t , мин	n	k	m_{CO}	m_{CO_2}	m_{NO_2}	$m_{сажи}$	$m_{св}$	M
1. Легковые, бенз									
1. Легковые, диз.									
2. Джипы, кроссоверы									
2. Джипы, кроссоверы дизельные									
3. Грузовые, бенз (Газели)									
3. Грузовые, диз									
4. Автобус, бенз									

С учётом того, что к носителям наиболее критических видов вредных выбросов, – оксиды азота, свинец, угарный газ, – относятся бензиновые и дизельные двигатели, то автомобили с газобаллонным оборудованием в расчёт не берутся. Гибриды – полагается, что их настолько мало, что можно под ними

понимать обычные легковые авто и кроссоверы (в плане выхлопных газов). Электро- и водородные – отсутствуют полностью на сегодняшний день и в расчёт не берутся.

Суммарные вредные выбросы могут быть определены по формуле (5.1)

$$M_{\text{общ}} = M_{\text{легк}} + M_{\text{груз}} + M_{\text{авт.}}$$

$$M_i = t n k (m_{\text{CO}} + m_{\text{CO}_2} + m_{\text{NO}_2} + m_{\text{сажи}} + m_{\text{св}}) \quad (5.1)$$

где i – вид транспорта: легковые, грузовые, автобусы – бензин/дизель;

t – длительность времени замеров, сек;

n – количество машин;

k – количество переключений;

m_{CO} – масса угарного газа. Расчёт см. ниже;

m_{CO_2} – масса углекислого газа;

m_{NO_2} – масса диоксида азота;

$m_{\text{сажи}}$ – масса сажи;

$m_{\text{св}}$ – масса свинца.

Таблица 5.4

Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива бензин, (л/ч)	Удельный расход топлива дизельное топливо, (л/ч)
Легковые автомобили	8 – 9	5 – 7
Джипы, кроссоверы	9 – 12	6 – 8
Автобусы дизельные	–	20 – 25
Грузовые автомобили	15-20	25 – 30

Замечание: у Вас в задании – 10 мин берётся

Значения эмпирических коэффициентов j , определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в табл. 5.5

Таблица 5.5

Коэффициенты выброса вредных веществ

Вид топлива	Значение коэффициента j (л/на литр топлива)				
	Угарный газ (Оксид углерода)	Диоксид углерода	Диоксид азота	Сажа	Свинец
Бензин	0,6	0,1	0,04	0	*
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04	0,005	–

Замечание: для получения более точных результатов можно обратиться к табл. 5.1.

Коэффициент j численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (л/ч).

* – свинец добавляется в бензин из расчёта $0,37\text{г/кг} \cdot (0,37\text{г на } 1\text{ кг бензина})$. С учётом плотности бензина, – 710кг/м^3 , – можно вычислить по исходным данным (число бензиновых машин) сколько свинца попало в воздух с выхлопными газами. Это необходимо для дальнейшего анализа, см. табл. 5.6.

Рассчитайте количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ для обеспечения санитарно-допустимых условий окружающей среды, заполняя табл. 5.6.

Таблица 5.6

Результирующая таблица

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Объем воздуха для разбавления, м ³	Значение ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Угарный газ				3,0	4
Углеводороды				0,1	3
Диоксид азота				0,04	2
Сажа				–	–
Соединения свинца				0,0003	1

Замечание: плотности газов (для определения массы) взять из справочной литературы. Про свинец – см. * (выше)

Сделайте вывод и оцените экологическую ситуацию на исследуемом участке автотрассы, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу, с ПДК.

Результаты необходимо свести в общую картину. Это удобно сделать в графической форме. (см. Л.Р. №1, №3). По абсциссе отложите типы авто, по ординате – величину выбросов.

Контрольные вопросы

1. Какие виды вредного воздействия на окружающую среду оказывает автомобильный транспорт?
2. В чём отличие карбюраторных, инжекторных, дизельных, газовых, водородных, электрических, гибридных двигателей?
3. Сравните выброс токсичных продуктов вышеуказанных двигателей?

4. Какой бензин называют этилированным?
5. От каких факторов в основном зависит количество выбросов в атмосферном воздухе в больших городах?
6. Как подразделяют по воздействию на организм человека компоненты отработавших газов?
7. Какие вещества составляют основную часть пылевых выбросов от работы автотранспорта?
8. Как влияют пылевые выбросы на здоровье человека?
9. Каковы пути снижения вредного воздействия выбросов от работы автотранспорта?
10. Что такое фотохимический смог? Процесс образования и влияние на человека.
11. К чему приводит загрязнение почвы свинцом? сажей?
12. Каковы последствия загрязнения воздуха газами – CO , C_xO_y , NO_x

6. ЛР-6 Расчёт платы за загрязнение атмосферы

Цель работы: получить навыки в определении размера платежей за загрязнение атмосферного воздуха при сжигании топлива (угля) в котельной на промышленном предприятии, расположенной в городе Центрального экономического района РФ.

Теория

Норматив предельно допустимый выброс (ПДВ) – показатель допустимого вредного вещества в атмосферном воздухе. Определяется как максимальные объем или масса химических и прочих веществ и микроорганизмов, которые допустимы для выброса в атмосферу стационарными источниками, чтобы не нарушать экологические и гигиенические нормативы качества воздуха. Если значение норматива ПДВ соблюдается, значит, соблюдаются требования в области охраны атмосферного воздуха.

Стационарным источником выбросов является источник выброса, который можно передвинуть с места с помощью транспортного средства или его местоположение определено в государственной системе координат (в настоящее время Местная система координат, с 2017 года ЕГСК – Единая государственная система координат).

Нормативы на данные выбросы устанавливаются на уровне Правительства страны. Структура отслеживания *нормативов качества окружающей среды* и местоположение *нормативов выбросов и сбросов* представлена на рис.6.1

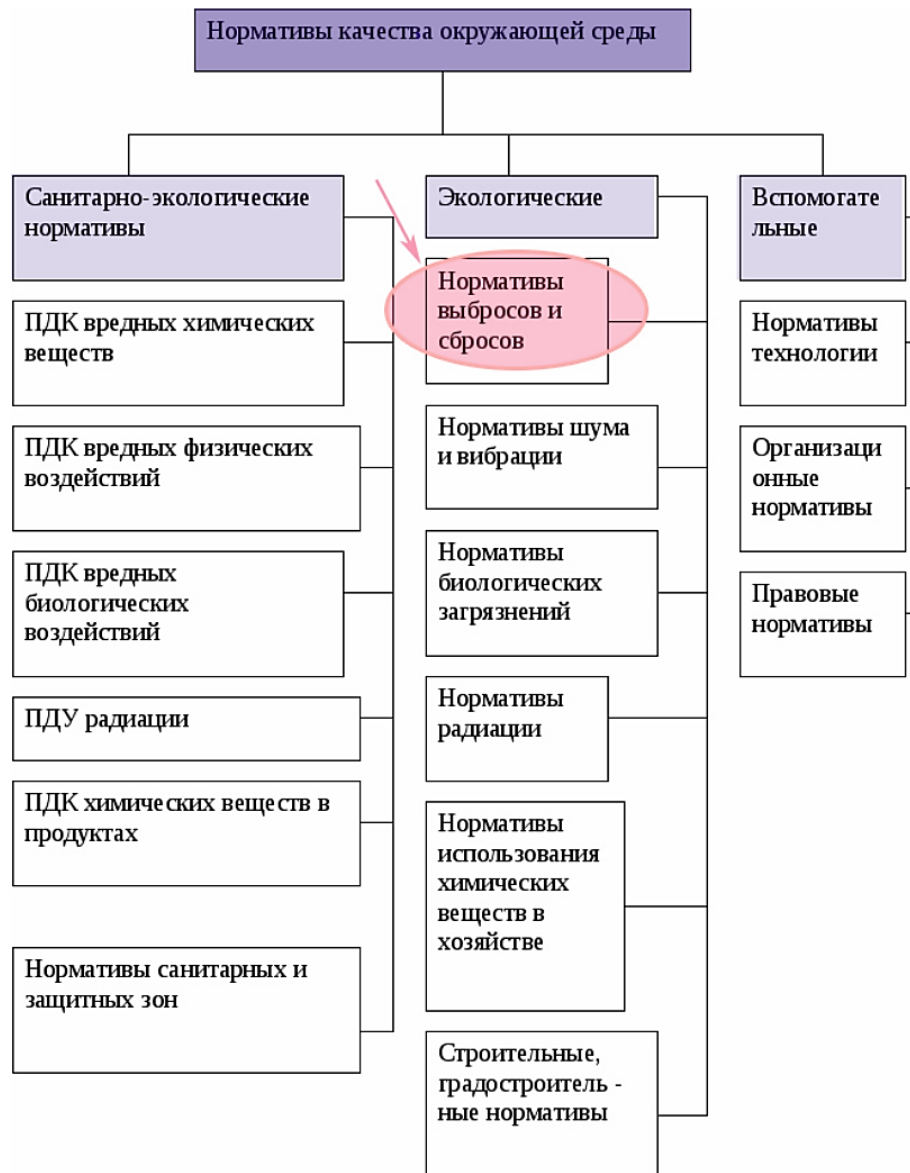


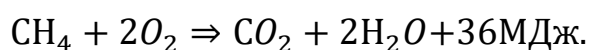
Рис.6.1 Схема нормативов качества окружающей среды

Существуют выбросы в атмосферу от стационарных источников, выбросы в водные объекты и при размещении отходов.

В данной работе ведётся расчёт платы за выбросы в атмосферу.

*Методика расчета платы
за загрязнение атмосферного воздуха*

Основными топливами для котельных являются уголь и газ. В качестве газа применяют углеводороды и в подавляющем большинстве это природный газ – метан (CH₄). Результатом горения метана в воздухе является вода и углекислый газ,



Горение угля более грязный процесс. Он и рассмотрен ниже.

1. Общая плата за выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу от стационарных источников определяется по формуле

$$\Pi = (\Pi_{\text{н}} + \Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{сл}}) \cdot K_{\text{и}}, \text{ руб./год}$$

где $\Pi_{\text{н}}$ – плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих установленных пользователю предельно допустимых нормативов выбросов (ПДВ), руб./год;

$\Pi_{\text{л}}$ – плата за выбросы ЗВ в пределах установленных лимитов (временно согласованных выбросов – ВСВ), руб./год;

$\Pi_{\text{сл}}$ – плата за сверхлимитный выброс ЗВ, руб./год;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации.

2. Плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих предельно допустимые выбросы (ПДВ)

$$\Pi_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ни}} \cdot M_{\text{ни}} \text{ при } M_i < M_{\text{ни}},$$

где i – вид загрязняющего вещества ($i = 1, 2, \dots, n$);

$M_{\text{ни}}$ – предельно допустимый выброс i -ого ЗВ, т/год;

M_i – фактический выброс i -ого ЗВ, т/год;

$C_{\text{ни}}$ – ставка платы за выброс 1 тонны i -ого ЗВ в пределах ПДВ, руб./т;

$$C_{\text{ни}} = H_{\text{бни}} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{г}},$$

где $H_{\text{бни}}$ – норматив платы за выброс 1 тонны i -ого ЗВ в пределах ПДВ, руб./т, см. [ПП РФ – О ставках платы ...]¹¹ табл. «Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками»;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (для Центрального экономического района РФ принять $K_{\text{э}} = 1,9$);

$K_{\text{г}}$ – принять 1,2, т.к. выбросы производятся в атмосферный воздух города.

3. Плата за выбросы ЗВ в пределах временно согласованных лимитов (ВСВ)

$$\Pi_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ли}} \cdot (M_{\text{ли}} - M_{\text{ни}}) \text{ при } M_{\text{ни}} < M_i < M_{\text{ли}}$$

где $M_{\text{ли}}$ – выброс i -ого ЗВ в пределах установленного лимита, т/год;

$C_{\text{ли}}$ – ставка платы за выброс 1 тонны i -ого ЗВ в пределах установленного лимита, руб./т;

$$C_{\text{ли}} = H_{\text{бли}} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{г}},$$

где $H_{\text{бли}}$ – норматив платы за выброс 1 тонны i -ого ЗВ в пределах установленного лимита, руб./т;

¹¹ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204671/, – Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах"

K_3, K_r – см. выше.

4. Плата за сверхлимитные выбросы ЗВ, – при $M_i > M_{ли}$:

$$P_{сл} = 5 \sum_{i=1}^n C_{ли} \cdot (M_i - M_{ли}).$$

5. В 2020 и 2021 гг. применяются ставки 2018 года с дополнительным коэффициентом 1,08. В последующих годах необходимо применять соответствующий коэффициент инфляции ($K_{и}$ – индексации, в общем случае).

Таблица 6.1

Варианты для выполнения заданий

Исходные данные к заданию	№ варианта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Масса сожженного топлива, т/год	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	220	360	121	280	302
Зольность топлива q_T , %	39	31	11	7	22	34	28	27	12	32	28	36	21	14	20
Масса загрязняющих веществ, образующихся при сгорании 1 т угля, d_1 – зола, кг/т, d_2 – оксидов углерода d_3 – оксидов азота d_4 – оксидов серы															
	19	20	21	22	23	18	17	16	15	14	21	13	12	17	21
	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	2,7	3,0	2,1	1,7	1,2
	48	47	46	45	44	49	50	51	52	48	42	16	45	36	28
Коэффициент k_1	0,2	0,4	0,1	0,7	0,3	0,1	0,5	0,2	0,5	0,6	0,3	0,4	0,2	0,1	0,4
Коэффициент k_2	0,2	0,4	0,9	0,5	0,0	0,4	0,3	0,4	9,7	0,1	0,7	0,4	0,5	0,8	0,7

Указания к выполнению задания

1. Учитываемыми загрязняющими веществами при определении размера платежей за загрязнение атмосферного воздуха являются: твердые частицы (сажа), оксид углерода (CO), диоксиды азота (NO₂) и серы (SO₂).

2. Определение размера платежей за загрязнение окружающей природной среды начинается с расчета массы валового выброса каждого из ЗВ (M_i).

Расчет массы валового выброса твердых частиц¹² в дымовых газах котельной, т/год:

$$M_i = q_T \cdot m \cdot f \cdot (1 - \varepsilon/100),$$

где q_T , – зольность топлива, % ,см. табл.6.1;

m – масса сожженного топлива, т/год;

f – безразмерный коэффициент (в расчетах принять $f = 0,002$);

ε – эффективность золоуловителя, % (в расчетах принять $\varepsilon = 85\%$).

¹² зола

Количество для остальных ЗВ выбросов, – CO, NO₂, SO₂, и т.д., – образующихся при сгорании 1 т топлива, также приведены в табл.6.1. Валовой выброс i -го загрязняющего вещества (ЗВ), т/год:

$$M_i = d_i \cdot m \cdot 10^{-3}, \text{ т}$$

где d_i – выброс i -го ЗВ при сгорании 1 т топлива, кг/т;

m – масса сожженного топлива, т/год.

3. Нормативы ПДВ рассчитываются по соответствующим методикам. В случае, если значения ПДВ не могут быть достигнуты, предусматривается по согласованию с местными органами охраны природы и санитарного надзора поэтапное снижение выбросов. На каждом этапе устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ).

В задании для полного выполнения расчета платежей значения ПДВ и ВСВ заданы, исходя из фактических выбросов M_i , и коэффициентов k_1 и k_2 :

$$M_{\text{н}i} = k_1 \cdot M_i, \quad M_{\text{л}i} = k_2 \cdot M_i.$$

Расчет платы за выбросы ЗВ свести в таблицу, начерченную согласно образцу, табл.6.2

Сводная таблица по расчёту платы за выбросы в атмосферу

	Загрязняющие вещества			
	Сажа	СО	NO ₂	SO ₂
Валовый выброс ЗВ M_i , т/год				
Норматив предельно допустимого выброса ПДВ $M_{Hi} = k_1 \cdot M_i$, т/год				
Выброс в пределах установленных лимитов $M_{Li} = k_2 \cdot M_i$, т/год				
Выбросы, не превышающие ПДВ				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ H_{bHi} , руб./т				
Ставка платы за выброс 1 т ЗВ $C_{Hi} = H_{bHi} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{Г}}$, руб./т				
Плата за выброс $P_{Hi} = C_{Hi} \cdot M_{Hi}$, руб./год				
Плата за выброс $P_H = \sum_{i=1}^4 P_{Hi}$ руб./г.				
Выброс в пределах установленных лимитов				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ H_{bLi} , руб./т				
Ставка платы за выброс 1 т ЗВ $C_{Li} = H_{bLi} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{Г}}$, руб./т				
$(M_{Li} - M_{Hi})$, т/год				
Плата за выброс $P_{Li} = C_{Li} \cdot (M_{Li} - M_{Hi})$, руб./год				
Плата за выброс $P_L = \sum_{i=1}^4 P_{Li}$ руб./год				
Сверхлимитный выброс				
$(M_i - M_{Li})$, т/год				
Плата за выброс $P_{cLi} = 5 C_{Li} \cdot (M_i - M_{Li})$, руб./год				
Плата за выброс $P_{cL} = \sum_{i=1}^4 P_{cLi}$ руб./год				
Общая плата				
$P = (P_H + P_L + P_{cL}) \cdot K_{\text{И}}$, руб./год				

Контрольные вопросы

1. Что понимается под предельно допустимым выбросом в атмосферу?
2. Что такое стационарный источник выброса?
3. Каким документом определяется нормативы выбросов и сбросов?
4. Какие виды выбросов ЗВ существуют?
5. Какие слагаемые входят в формулу по определению выбросов ЗВ?

6. Какая структура государства определяет нормы платы (ставки) за выбросы ЗВ?
7. Чем отличаются загрязняющие вещества от вредных/опасных/ядовитых/токсичных/химического оружия – ?
8. Во сколько раз стоимость выбросов свыше ПДВ превосходит фактически допустимые?
9. Во сколько раз стоимость сверх лимитного выброса выше фактически допустимого?
10. Что такое зола?
11. Какие основные выбросы ЗВ дают угольные котельные?
12. Какие основные выбросы ЗВ дают газовые котельные?

7. ЛР-8 Анализ качества воды

Цель: углубление знаний о гидросфере, об экологической роли воды, об источниках загрязнения вод при строительно-монтажных работах и их (СМР) последствиях, рациональном использовании и охране водных ресурсов.

Теория

Вода – важнейший и самый распространенный минерал на Земле. Гидросфера включает Мировой океан, моря, реки, озера, болота, пруды, водохранилища, полярные льды, горные ледники, почвенную влагу и атмосферные пары. Водные ресурсы состоят из статических (вековых) запасов и возобновляемых ресурсов. Ежегодно в круговороте на поверхности Земли участвует более 1 млн км³ воды, что составляет около 0,1 % объема вод активного водообмена. Циркуляция воды связана с механическим движением (потоки рек, океанические течения) и с изменением фазового состава, когда вода испаряется и переходит в атмосферу благодаря диффузионным конвективным потокам из поверхностных вод, почв и горных пород, растительности. При испарении воды происходит накопление ею энергии, которую она стремится вернуть, конденсируясь, и вода в виде осадков возвращается на Землю.

Глоссарий: гидросфера, гидробионты, круговорот воды, водопотребление, бассейн реки, водоохранная зона, качество воды, вода питьевая, вода сточная, водоподготовка, очистка сточных вод, предельно допустимый сброс.

Чтобы установить степень загрязнения водоема, оценить возможность использования воды для питьевого водоснабжения или других целей, используется такая количественная характеристика, как предельно допустимая концентрация¹³ (ПДК).

¹³ ПДК - максимальное количество вредного вещества в единице объема или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает

Для каждого загрязнителя воды ПДК устанавливается законодательно такими государственными документами, как ГОСТ или санитарные правила и нормы (СанПиН). Используются и международные стандарты ИСО (ISO).

Самые строгие ПДК предъявляются к воде рыбохозяйственных водоемов и к воде, предназначенной для хозяйственно-питьевого использования.

Таблица 7.1

Важнейшие показатели качества воды

Группа показателей	Характеристика показателей
Физические	Цвет, запах, мутность, прозрачность, температура
Химические	Водородный показатель (рН), содержание растворенного кислорода, биохимическая потребность в кислороде (БПК), окисляемость, содержание азота (аммония, нитратов, нитритов), общее солесодержание, концентрации анионов (хлориды, сульфаты, фосфаты) и катионов
Бактериологические	Бактерии группы кишечной палочки, наличие патогенных микроорганизмов
Гидробиологические	Видовой состав гидробионтов, соотношение сапробных ¹⁴ и олигосапробных организмов

Задание

Положим, после производства строительно-монтажных работ по возведению спортивного комплекса была проверена вода на предмет её качества и пригодности к использованию.

В табл. 7.2-7.4 приведены результаты химических анализов воды из разных водоисточников (скважин, колодцев, рек), окружающих строительный объект. Номер пробы соответствует номеру варианта по ведомости. Оцените пригодность указанных проб воды для: питьевых нужд и технических¹⁵.

Нормативные значения ПДК брать здесь:

- Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.06 г.;

болезненных изменений в организме и неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

¹⁴ Сапробность— комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения.

¹⁵ Под технической водой подразумевается высококачественная вода, которая находится в полном соответствии всем необходимым санитарно-гигиеническим требованиям и нормам (ГОСТ 2874-82), используемая в промышленной сфере или бытовых условиях для разнообразных целей.

- ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством»;
- СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;
- СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»;
- СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения»;
- СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарная охрана источников»;
- СанПиН 2.1.5.1059-01 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения».

Таблица 7.2

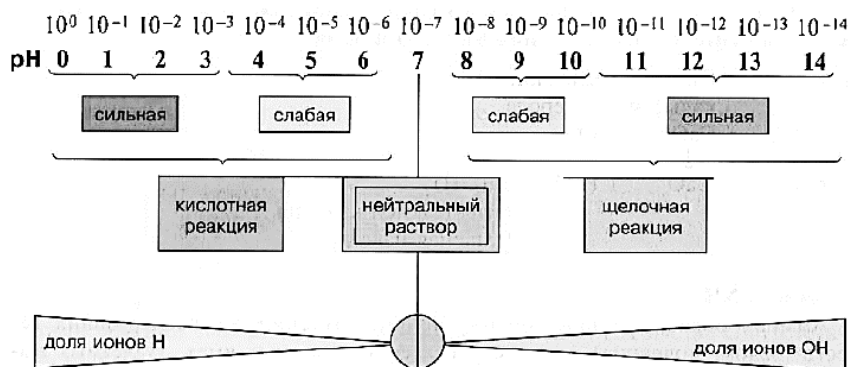
Результаты анализа воды в источниках водоснабжения (Скважины)

№	Показатели качества, единицы измерения	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6	Проба 7
1	рН – водородный показатель, усл.ед. ¹⁶	7,27	7,6	7,3	5,27	4,6	6,3	3,27

¹⁶ Показатель рН (по латыни potentia hydrogenii) — это величина, которая дает информацию о кислотной, нейтральной или щелочной (базовой) реакции. В растворах кислот преобладает число водородных ионов (H^+), в растворах оснований щелочей) – число гидроксидных ионов (OH^-). Если к кислоте добавить щелочь, то в кислоте уменьшится число ионов водорода.

Ион – положительно или отрицательно заряженный атом из расщепленной молекулы. Когда атом отделяет один электрон – ион заряжен положительно, если протонов больше электронов. Когда атом принимает один электрон – ион заряжен отрицательно, если электронов больше чем протонов.

Концентрация ионов водорода взята как мера кислотной или щелочной (базовой) реакции раствора. Для простоты взяли вместо H^+ размерное число отрицательного логарифма H^+ и назвали его показателем рН.



Примеры значений показателя рН:

рН 3: соответствует концентрации ионов водорода в 10^{-3} г/л = $1/10^3 = 1/1000$ г/л;

рН 7: соответствует концентрации ионов водорода в 10^{-7} г/л = $1/10^7 = 1/10000000$ г/л;

рН 11: соответствует концентрации ионов водорода в 10^{-11} г/л = $1/10^{11} = 1/100000000000$ г/л;

Практические ООСвСМР

2	Мутность, мг/дм ³	4,7	22	2,84	4,5	12	2,4	4,37
3	Запах, баллы	2	1	1	2	3	2	2
4	Цветность, градусы	26,5	53	22,0	26,5	52	21,0	16,5
5	Жесткость общая, ммоль/дм ³	6,93	5,6	21,2	6,93	5,8	15,2	6,03
6	Минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	335,6	234,0	740,0	335,6	243,0	725,0	312,6
7	Калий + натрий, мг/дм ³	3,8+13,9	4,0+15,0	3,8+13,9	3,8+13,9	4,0+11,0	3,7+17,9	3,2+12,9
8	Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³	0,86	10,2	1,06	0,86	10,3	1,6	0,6
9	Аммонийный азот, мг/дм ³	0,658	1,879	0,670	0,658	1,879	0,760	0,568
10	Сульфаты, мг/дм ³	< 1	12	< 1	< 1	11	< 1	4
11	Железо, мг/дм ³	1,08	0,88	0,42	1,08	0,87	0,43	1,05
12	Марганец, мг/дм ³	0,15	0,05	0,15	0,15	0,06	0,13	0,14
13	Кадмий, мг/дм ³	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,002	< 0,001	< 0,002
14	Кремний, мг/дм ³	17,75	9,88	19,25	17,75	9,84	15,25	15,75
15	Кальций, мг/дм ³	96,19	–	90,18	96,19	–	80,18	69,19
16	Магний, мг/дм ³	25,54	–	196,46	25,54	–	168,46	21,54
17	Гидрокарбонаты, мг/дм ³	450,3	373,2	457,7	450,3	373,2	475,7	455,3
18	Карбонаты, мг/дм ³	0	3	0	0	2	0	1
19	Цинк, мг/дм ³	<0,0007	<0,0001	<0,0007	<0,0004	<0,0007	<0,0002	<0,0007
20	Медь, мг/дм ³	<0,0016	2,0	<0,0156	<0,0016	2,2	<0,0176	<0,0026
21	Свинец, мг/дм ³	0,0038	0,01	0,0074	0,0038	0,01	0,0047	0,0038
22	Алюминий, мг/дм	0,072	< 0,2	0,072	0,072	< 0,2	0,072	0,068
23	Хлориды, мг/дм ³	2,4	48	3,8	2,4	45	3,6	2,49
24	Фториды, мг/дм ³	0,093	0,022	0,075	0,093	0,012	0,065	0,092
25	Общее микробное число	20	100	30	50	100	80	40

Таблица 7.3

Результаты анализа воды в источниках водоснабжения (Колодцы)

№	Показатели качества, единицы измерения	Пр. 8	Пр. 9	Пр. 10	Пр. 11	Пр. 12	Пр. 13	Пр. 14	Пр. 15
1	Мутность, мг/дм ³	4,64	3,7	6,4	5,64	3,17	6,24	4,64	3,72
2	Цветность, градус	10	10	15	12	14	9	12	6
3	рН, усл.ед.	7,07	6,79	5,4	7,17	6,98	5,43	7,47	6,09
4	Магний, мг/дм ³	18,24	18,24	3	15,24	12,24	8	12,24	25,24
5	Кальций, мг/дм ³	80,16	80,16	49	80,16	60,16	52	80,16	80,16

6	Жесткость, ммоль/дм ³	5,5	5,5	8,2	5,5	2,5	8,2	5,5	5,5
7	Азот аммонийный, мг/дм ³	0,6	0,4	1,84	0,6	1,4	1,84	0,6	0,4
8	Азот нитритов, мг/дм ³	0,05	0,12	< 0,03	0,05	0,13	< 0,02	0,05	0,12
9	Азот нитратов, мг/дм ³	2,46	2,86	<0,44	2,46	2,56	<0,44	2,46	2,46
10	Сульфаты, мг/дм ³	<2,0	<2,0	30	<2,0	6,0	30	<2,0	<2,0
11	Хлориды, мг/дм ³	<0,5	<0,5	25	<0,5	<0,4	25	<0,5	<0,5
12	Железо (общ.), мг/дм ³	0,96	1,04	4,0	0,96	1,54	4,0	0,95	1,04
13	Марганец, мг/дм ³	0,1	0,15	0,16	0,1	0,25	0,16	0,1	0,15
14	Сухой остаток, мг/дм ³	312,0	310,5	380	312,0	320,5	360	313,0	312,5
15	Кремний, мг/дм ³	17,5	17,2	20	17,5	12,2	20	17,5	17,2
16	Щелочность, ммоль/дм ³	1,3	5,7	4	1,3	3,7	2	1,3	5,7

Таблица 7.4

Результаты анализа воды в источниках водоснабжения (Реки)

№	Показатели качества, единицы измерения	Результаты анализа подземной воды								
		Пр. 16	Пр. 17	Пр. 18	Пр. 19	Пр. 20	Пр. 21	Пр. 22	Пр. 23	Пр. 24
1	Na+K, мг/дм ³	112,88	65,52	5,52	31,5	21,38	112,88	65,52	5,52	31,5
2	pH	7,73	7,4	6,6	7,82	7,16	7,73	7,4	6,6	7,82
3	Жесткость, ммоль/дм ³	7,8	9,5	7,7	5,5	6,6	7,8	9,5	7,7	5,5
4	Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³	4,64	5,60		4,48	3,2	4,64	5,60		4,48
5	Азот аммонийный, мг/дм ³	1,06	2,70	0,4	0,37	0,5	1,06	2,70	0,4	0,37
6	Азот нитратов, мг/дм ³	–	0,44	2,46	2,56	<0,4	–	0,44	2,46	2,56
7	Азот нитритов, мг/дм ³	0,34	1,46	2,56	–	0,52	0,34	1,46	2,56	–
8	Хлориды, мг/дм ³	45,03	19,50	5,72	3,19	5,67	45,03	19,50	5,72	3,19
9	Железо, мг/дм ³	3,5	1,06	2,86	0,32	2,0	3,5	1,06	2,86	0,32
10	Марганец, мг/дм ³	0,2	0,11	0,15	0,08	0,18	0,2	0,11	0,15	0,08
11	Сухой остаток, мг/дм ³	660	654,20	386,2	400	410	660	654,20	386,2	400
12	Кремний, мг/дм ³	52	46,00	12	40,6	28	52	46,00	12	40,6
13	Сульфаты, мг/дм ³		4,94	–	–	Нет		4,94	–	–
14	Кальций, мг/дм ³	126,25	130,26	109,22	88	102,2	126,25	130,26	109,22	100
15	Магний, мг/дм ³	18,23	36,45	27,36	28	18,24	18,23	36,45	27,36	30
16	Гидрокарбонаты, мг/дм ³	1,3	5,7	4	1,3	3,7	2	1,3	5,7	1,3

Дополнительно оцените качество воды в сравнении с европейскими директивами, всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), табл.7.5, 7.6

Таблица 7.5

Сравнительная характеристика отечественных и зарубежных показателей состава и свойств воды, предназначенной для питьевого использования (органолептические, обобщенные показатели, неорганические вещества, показатели радиоактивности)

Показатели качества воды	Единицы измерения	СССР СанПиН 4630-88	РФ СанПиН 2.1.4. 1074-01	ЕС, Директива Совета ЕС 98/83 от 03.11.98	ВОЗ ¹⁷ Нормативы для питьевой воды
Органолептические показатели					
Запах	Балл	< 1	<2	—	-
Вкус	Балл	-	<2	-	-
Цветность	Градус	Менее 20 см	20	20	15
Мутность	мг/дм ³	-	1,5 (2)	4	5
Обобщенные показатели					
Водородный показатель pH	Единицы pH	6,5-8,5	6,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5
Общая минерализация (сухой остаток), соответствует содержанию солей	мг/дм ³	1000(1500)	1000	1500	1000
Жесткость общая	ммоль/дм ³	-	7,0 (10,0)	1,2	-
Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	-	5,0	5,0	-
Щелочность	мг/дм ³	-	-	30,0	-
Нефтепродукты (суммарно)	мг/дм ³	-	0.1	-	-
Фенольный индекс	мг/дм ³	—	0,25	—	-
Неорганические вещества					
Аммонийный азот	мг/дм ³	—	2	—	-
Алюминий (Al ³⁺)	мг/дм ³	0,5	0,5	0,2	0,2
Барий	мг/дм ³	0,1	0.1	0,1	0,7
Бериллий	мг/дм ³	0,0002	0,0002	—	-
Бор	мг/дм ³	0,5	0,5	1,0	0,3
Ванадий	мг/дм ³	0,1	0.1	—	-
Висмут	мг/дм ³	0.1	0.1	-	-
Вольфрам	мг/дм ³	0,05	0,05	-	-
Железо	мг/дм ³	0,3	0,3	0,2	0,3
Кадмий	мг/дм ³	0,001	0,001	0,005	0,003
Калий	мг/дм ³	-	-	12,0	-
Кальций	мг/дм ³	—	-	100,0	-
Кобальт	мг/дм ³	0,1	0.1	-	-
Кремний	мг/дм ³	10,0	10,0	-	-
Литий	мг/дм ³	0,03	0,03	-	-
Магний	мг/дм ³	-	-	50,0	-
Марганец	мг/дм ³	0,1	0.1	0,05	0,5 (0,1)

¹⁷ Всемирная организация здравоохранения

Практические ООСвСМР

Медь	мг/дм ³	ЦО	1-0	2,0	2,0 (1,0)
Молибден	мг/дм ³	0,25	0,25	-	0,07
Мышьяк	мг/дм ³	0,05	0,05	0,01	0,01
Натрий	мг/дм ³	200	200	200	200
Никель	мг/дм ³	0,1	0.1	0,02	0,02
Нитраты (азот нитратов)	мг/дм ³	45,0	45,0	50,0	50.0
Нитриты (азот нитритов)	мг/дм ³	3,3	3,0	0,5	3,0
Ртуть	мг/дм ³	0,0005	0,0005	0,001	0,001
Свинец	мг/дм ³	0,03	0,03	0,01	0,01
Селен	мг/дм ³	0,01	0,01	0,01	0,01
Серебро	мг/дм ³	0,05	0,05	0,01	-
Сероводород (H ₂ S)	мг/дм ³	—	0,03	—	0,05
Стронций (и другие стабильные изотопы)	мг/дм ³	7,0	7,0	-	-
Сульфаты	мг/дм ³	-	500	-	-
Сурьма	мг/дм ³	0,05	0,05	0,006	0,005
Таллий	мг/дм ³	0,0001	0,0001	-	-
Теллур	мг/дм ³	0,01	0,01	-	-
Фториды	мг/дм ³	0,7-1,2	1,5	1,5	1,5
Хлориды	мг/дм ³	—	350	—	-
Хром (Сг* ³)	мг/дм ³	0,5	0,5	—	-
Хром (С г ⁻⁶)	мг/дм ³	0,05	0,05	0,05	0,05
Цианиды (СТГ)	мг/дм ³	0,1	0,035	0,05	0,07
Цинк (Zn* ²)	мг/дм ³	ЦО	5,0	5,0	3,0
Показатели радиоактивности					
Общая а-радиоактивность	Бк/дм ³	-	0,1	-	0,1
Общая р-радиоактивность	Бк/дм ³	-	1-0	-	1-0

Таблица 7.6

*Микробиологические и паразитологические показатели воды
предназначенной для питьевого использования*

Показатели качества воды	Единицы измерения	РФ СанПиН 2.1.4. 1074-01	ЕС- Директива Совета ЕС 98/83 от 03.11.98	ВОЗ Нормативы для питьевой воды
Микробиологические и паразитологические показатели				
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50	—	—

Число патогенных микроорганизмов	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 1 мл	—	Отсутствие	Отсутствие
Колифаги*	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие	-	—
Споры сульфитредуцирующих клостридий**	Число спор в 20 мл	Отсутствие	< 1 в 100 дм ³	—
Цисты лямблий*	Число цист в 50 л	Отсутствие	—	—
Число патогенных кишечных простейших (кроме цист лямблий, криптоспоридий и Др.)	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 25 л	Отсутствие	—	—
Число кишечных гельминтов (яиц и личинок)	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 25 л	Отсутствие	—	—

Примечания:

* Определение проводится только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей воды в распределительную сеть.

** Определение проводится при оценке эффективности технологии обработки воды.

Сделать выводы, оценить ситуацию, дать рекомендации

Контрольные вопросы

1. Что такое питьевая вода, техническая вода, хозяйственно-питьевая?
2. Какие основные руководящие документы в области охраны водных ресурсов?
3. Кроме водных, какие ещё ресурсы существуют? (природные)
4. Как располагаются в порядке значимости следующие документы: СНиП, ГОСТ, ИСО, СанПиН, Свод правил, Руководство по эксплуатации циркуляционного насоса.
5. Перечислите показатели качества воды.
6. Что понимается под ПДК?
7. Что понимается под жёсткостью воды (показатель рН)?
8. Чем отличается прозрачность воды от мутности?
9. В чём измеряется запах воды?
10. В чём измеряется наличие химических элементов в воде?
11. Чем отличается размерности л/л, мг/дм³, моль/дм³?
12. ...

8. ЛР-8 Охрана водоёмов

Цель работы: получить навыки расчета характеристик сбросов сточных вод при выполнении строительно-монтажных работ.

Технологический цикл строительства требует потребления значительного количества воды. Источником, через городские сети водоснабжения, является, как правило – река. Пройдя технологический цикл, вода почти полностью возвращается в реку в виде сточных вод через систему водоотведения городских сетей¹⁸. В зависимости от расположения стройки, специфики возводимого объекта, имеющегося первичного очистного оборудования на стройплощадке, сточные воды могут содержать самые различные вредные по санитарно-токсикологическому признаку химические компоненты. Их концентрация, как правило, во много раз превышает концентрацию этих компонентов в реке.

На некотором расстоянии от места сброса сточных вод вода реки берется для нужд местного водопользования самого разного характера (например, бытового, сельскохозяйственного). В задаче необходимо вычислить концентрацию наиболее вредного компонента после разбавления водой реки сточной воды предприятия в месте водопользования и проследить изменение этой концентрации по фарватеру реки. А также определить предельно допустимый сток (ПДС) по заданному компоненту в стоке.

Исходные данные

Характеристика реки: скорость течения – V , средняя глубина на участке – H , расстояние до места водопользования – L , расход воды водотока в месте водозабора – Q , шаг, с которым необходимо проследить изменение концентрации токсичного компонента по фарватеру реки – LS . Характеристика стока: вредный компонент, расход воды предприятием (объем сточной воды) – q , концентрация вредного компонента – C , предельно допустимая концентрация – ПДК¹⁹.

Методика расчета

Многие факторы: состояние реки, берегов и сточных вод влияют на быстроту перемещения водных масс и определяют расстояние от места выпуска сточных вод (СВ) до пункта полного смешивания. Выпуск в водоемы сточных вод должен, как правило, осуществляться таким образом, чтобы была обеспечена возможность полного смешивания сточных вод с водой водоема в месте их спуска (специальные выпуски, режимы, конструкции). Однако, приходится считаться с тем фактом, что на некотором расстоянии ниже спуска СВ смешивание будет неполным. В связи с этим реальную кратность разбавления K в общем случае следует определять по формуле:

$$K = \frac{\gamma Q + q}{q}$$

где γ – коэффициент, степень разбавления сточных вод в водоеме.

¹⁸ Городской водоканал – система водоснабжения и канализации города

¹⁹ ПДК – предельно допустимая концентрация. Можно взять либо в предидущей лабораторной работе, либо в открытых источниках (литература, интернет)

Условия спуска сточных вод в водоем принято оценивать с учетом их влияния у ближайшего пункта водопользования, где следует определять кратность разбавления. Расчет ведется по формулам:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + (Q/q)\beta}$$

$$\beta = e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}$$

где α – коэффициент, учитывающий гидрологические факторы смешивания.

L – расстояние до места водозабора.

$$\alpha = \varepsilon \left(\frac{L_{\phi}}{L_{\text{пр}}} \right)^3 \sqrt{\frac{D}{q}}$$

где ε – коэффициент, зависящий от места стока воды в реку: при выпуске у берега $\varepsilon = 1$, при выпуске в стрежень²⁰ реки $\varepsilon = 1,5$;

$\frac{L_{\phi}}{L_{\text{пр}}}$ – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояния по фарватеру²¹ полной длины русла от выпуска СВ до места ближайшего водозабора к расстоянию между этими двумя пунктами по прямой;

D – коэффициент турбулентной²² диффузии²³,

$$D = \frac{VHg}{2mc}$$

где V – средняя скорость течения, м/с;

H – средняя глубина, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

m – коэффициент Буссинского, (в данной задаче примем $m=24$);

c – коэффициент Шези, который выбирают по таблицам.

В данной задаче предполагается, что исследуемые реки являются равнинными, поэтому справедливо приближение

$$D = \frac{VH}{200}$$

Реальная концентрация вредного компонента в водоёме в месте ближайшего водозабора вычисляется по формуле

²⁰ стрежень – место наибольшей скорости реки

²¹ фарватер – безопасный в навигационном отношении путь по реке (озеру, морю, ...), характеризующийся достаточной глубиной

²² турбулентность – тип движения жидкости (газа) в потоке: с завихрениями, бурлением. Его противоположность – ламинарное движение: ровное, плавное, без завихрений

²³ диффузия – смешивание

$$C_{\text{в}} = \frac{C}{K}$$

Эта величина не должна превышать ПДК (предельно допустимую концентрацию).

Необходимо также определить, какое количество загрязняющих веществ может быть сброшено предприятием, чтобы не превышать нормативы. Расчеты проводятся только для консервативных веществ, концентрация которых в воде изменяется только путем разбавления, по санитарно-токсикологическому показателю вредности. Расчет ведется по формуле:

$$C_{\text{ст.пред.}} = K \cdot \text{ПДК},$$

где $C_{\text{ст.пред.}}$ – максимальная (предельная) концентрация, которая может быть допущена в СВ (сточных вод) или тот уровень очистки СВ, при котором после их смешивания с водой у первого (расчетного) пункта водопользования степень загрязнения не превышает ПДК.

Предельно допустимый сток рассчитывается по формуле:

$$\text{ПДС} = C_{\text{ст.пред.}} \cdot q / C.$$

Далее необходимо построить график функции распределения концентрации вредного компонента в зависимости от расстояния до места сброса СВ по руслу реки с шагом LS , указанным в варианте: $F=C(L)$.

В результате вычислений должны быть получены следующие характеристики СВ:

- кратность разбавления K ;
- концентрация в месте водозабора – $C_{\text{в}}$, мг/л;
- предельная концентрация в стоке – $C_{\text{ст.пред.}}$, мг/л;
- предельно допустимый сток – ПДС, мг/с;
- график функции концентрации вредных веществ от удалённости выброса, – $F = C(L)$.

Таблица 8.1

Варианты для выполнения задания

Параметр	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вредный компонент	Керосин	Cu	Cr	Фенол	Pb	Zn	Cl	NaOH	Hg	H ₂ PO ₃
ПДК, мг/л	0,7	0,02	0,01	0,35	0,01	0,02	1	0,5	0,01	1
Q , м ³ /с	20	30	40	50	60	70	80	10	50	30
q , м ³ /с	1	0,5	0,7	1,2	1	0,8	1,1	0,4	1	0,8
V , м/с	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	1,5	1	0,7
H , м	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2	0,5	2	1,5
L , м	500	1000	1500	2000	1000	3000	1500	500	1000	1500
LS , м	$LS = L/12$									
C , мг/л	1,5	0,1	0,06	2,0	0,04	0,18	5,5	1,5	0,06	6,0

Для всех вариантов	$\varepsilon=1; L_{\phi}/L_{\text{пр}}=1$
--------------------	---

Параметр	№ варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вредный компонент	Керосин	Cu	Cr	Фенол	Pb	Zn	Cl	NaOH	Hg	H ₂ PO ₃
ПДК, мг/л	0,7	0,02	0,01	0,35	0,01	0,02	1	0,5	0,01	1
Q , м ³ /с	20	30	40	50	60	70	80	10	50	30
q , м ³ /с	1	0,5	0,7	1,2	1	0,8	1,1	0,4	1	0,8
V , м/с	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	1,5	1	0,7
H , м	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2	0,5	2	1,5
L , м	500	1000	1500	2000	1000	3000	1500	500	1000	1500
LS , м	$LS = L/12$									
C , мг/л	1,5	0,1	0,06	2,0	0,04	0,18	5,5	1,5	0,06	6,0
Для всех вариантов	$\varepsilon=1; L_{\phi}/L_{\text{пр}}=1$									

Пояснения:

- H₂PO₃ – фосфорная кислота;
- NaOH – гидроксид натрия;
- C₆H₅OH – фенол

9. ЛР-9 Утилизация отходов

*Выбор методов и технологий охраны ОПС от загрязнений
(выбросов, стоков, твердых отходов).*

Цель: научиться выбирать методы, технологии и аппараты утилизации газовых выбросов, стоков, твердых отходов.

Общие сведения:

Уничтожение вредных выбросов достигается в процессе очистки газообразных выбросов, бытовых и промышленных стоков, а также методами утилизации, т.е. переработки бытовых и промышленных отходов.

Очистка газообразных выбросов

Так как нынешний уровень развития экологизации технологических процессов²⁴ недостаточен для полного предотвращения выбросов токсичных веществ в атмосферу, на предприятиях повсеместно используются различные методы очистки отходящих газов от аэрозолей (пыли, золы, сажи) и токсичных газо- и парообразных примесей (NO, NO₂, SO₂, SO₃ и др.).

²⁴ Экологизация технологических процессов включает в себя создание замкнутых малоотходных циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключение попадания в атмосферу вредных загрязняющих веществ

1. Очистка от аэрозолей

Для очистки выбросов от *аэрозолей*²⁵ в настоящее время применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки.

Сухие пылеуловители (циклоны, пылесадительные камеры) предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы - оседание частиц под действием центробежных сил и силы тяжести. Для повышения эффективности работы применяют групповые (батарейные) циклоны.

Мокрые пылеуловители (скрубберы, турбулентные, газопромыватели и др.) требуют подачи воды и работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции и броуновского движения. Наибольшее практическое применение получили скрубберы Вентури, которые обеспечивают 99% очистки от частиц размером более 2 мкм и, как все мокрые пылеуловители, незаменимы при очистке от пыли взрывоопасных и горячих газов.

Фильтры (тканевые, зернистые) способны задерживать мелкодисперсные частицы пыли до 0,05 мкм. Особенно эффективны рукавные фильтры с тканями из синтетических волокон повышенной термостойкости (250-300° С), фильтровальные металлические ткани (до 800° С), а также фильтры из тканей ФПП и ФПА, дающие высокую степень очистки.

Электрофильтры - наиболее совершенный способ очистки газов от взвешенных в них частиц пыли размером до 0,01 мкм при высокой эффективности очистки газов (99,0- 99,5%). Принцип работы всех типов электрофильтров основан на ионизации пылегазового потока у поверхности коронирующих электродов. Приобретая отрицательный заряд, пылинки движутся к осадительному электроду, имеющему знак, обратный заряду коронирующего электрода. При встряхивании электродов осажденные частички пыли под действием силы тяжести падают вниз в сборник пыли. Электроды требуют большого расхода электроэнергии – это их основной недостаток.

Наиболее эффективны *комбинированные* методы очистки от пыли. Например, отличные результаты дает очистка агломерационных газов в батарейных циклонах с последующей доочисткой в скрубберах Вентури, а также в электрофильтрах.

2. Очистка от токсичных газо- и парообразных примесей

Способы очистки выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей подразделяются на три основные группы.

С помощью *каталитического* метода токсичные компоненты промышленных выбросов превращают вещества в безвредные или менее вредные для

²⁵ Аэрозоль – дисперсная смесь из взвешенных в газовой среде (обычно в воздухе) мелких частиц

окружающей среды путем введения в систему катализаторов. Широко применяются палладийсодержащие и ванадиевые катализаторы. С их помощью происходит дожигание оксида углерода и диоксида серы до оксида. Возможно также восстановление оксидов азота аммиаком до элементарного азота. Одна из разновидностей этого метода - дожигание вредных примесей с помощью газовых горелок (факельное сжигание), широко используется на нефтеперерабатывающих заводах.

Абсорбционный метод основан на поглощении вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом). В качестве абсорбента используют воду, растворы щелочей (сода), аммиака и др. Устройство, в котором осуществляется процесс абсорбции, называется абсорбером.

Адсорбционный метод - поглощение газообразных примесей твердыми телами с ультрамикропористой структурой. В качестве адсорбентов используют активированный уголь, глинозем, силикагель, цеолиты, сланцевую золу и другие вещества.

3. Рассеивание газовых примесей в атмосфере

Этот метод используют для снижения опасных концентраций примесей до уровня, соответствующего ПДК. Необходимость его применения диктуется тем, что, как показывает опыт, в приземном слое атмосферы вблизи крупных энергетических установок (ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС) и других предприятий концентрация вредных веществ в отходящих газах может превышать предельно допустимые нормы несмотря на все применяемые меры по очистке газов и экологизацию технологических процессов.

Рассеивание пыле-газовых выбросов осуществляется с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект.

Рассеивание вредных веществ в атмосфере - это временное, вынужденное мероприятие, которое осуществляется вследствие того, что существующие очистные устройства не обеспечивают полной очистки выбросов от вредных веществ.

Очистка сточных вод

Ввиду огромного многообразия состава сточных вод существуют различные способы их очистки: *механический, физико-химический, химический, биологический* и др. В зависимости от степени вредности и характера загрязнений очистка сточных вод может производиться каким-либо одним способом или комплексом методов (комбинированный способ). В процессе очистки предусматривают обработку осадка (или избыточной биомассы) и обеззараживание сточных вод перед сбросом их в водоем.

1. Механическая очистка

При механической очистке из производственных сточных вод путем *процеживания, отстаивания и фильтрования* удаляется до 90% нерастворимых механических примесей (песок, глинистые частицы, окалину и др.), а из бытовых сточных вод - до 60%. Для этих целей применяют решетки, песколовки, песчаные

фильтры, отстойники различных типов. Вещества, плавающие на поверхности сточных вод (нефть, смолы, масла, жиры, полимеры и др.) задерживают нефте- и маслоловушками и другого вида уловителями или выжигают.

Химические и физико-химические методы очистки наиболее эффективны для очистки производственных сточных вод.

2. Химические методы очистки

К основным химическим методам очистки сточных вод относят *нейтрализацию, окисление и экстракцию*. В первом случае для нейтрализации кислот и щелочей в сточные воды вводят специальные реагенты (известь, кальцинированную соду, аммиак), во втором - различные окислители. С их помощью сточные воды освобождаются от токсичных и других компонентов.

Под *экстракцией* понимается использование растворителей для извлечения токсичных веществ из очищаемых стоков. Применяется для очистки от органических соединений. Метод основан на избирательной растворимости органических соединений (не растворяются в воде, но растворяются в орг. растворителях).

3. Физико-химические методы очистки

Коагуляция - введение в сточные воды коагулянтов (солей аммония, железа, меди, шламовых отходов и пр.) для образования хлопьевидных осадков, которые затем легко удаляются.

Сорбция - способность некоторых веществ (бентонитовые глины, активированный уголь, цеолиты, силикагель, торф и др.) поглощать загрязнение. Методом сорбции можно извлечь из сточных вод ценные растворимые вещества для последующего их использования.

Флотация - пропуск через сточные воды воздуха. Газовые пузырьки захватывают при движении вверх поверхностно-активные вещества, нефть, масла, другие загрязнения и образуют на поверхности воды легко удаляемый пенообразный слой.

4. Биологический (биохимический) метод очистки

Используются для очистки коммунально-бытовых промстоков целлюлозно-бумажных, нефтеперерабатывающих, пищевых предприятий. Метод основан на способности искусственно вселяемых микроорганизмов (активный ил) использовать для своего развития органические и некоторые неорганические соединения, содержащиеся в сточных водах (сероводород, аммиак, нитриты, сульфиды и т.д.).

После осветления сточных вод образуется осадок, который сбрасывается в железобетонных резервуарах (метатенках), а затем удаляется на иловые площадки для подсушивания. Подсушенный остаток обычно используется как удобрение. Однако в последние годы в сточных водах стали обнаруживаться многие вредные вещества (тяжелые металлы и др.), что исключает такой способ утилизации осадков и требует их дальнейшей обработки.

Утилизации твердых отходов

1. Переработка твердых бытовых отходов (ТБО)

В отечественной и мировой практике наибольшее распространение получили следующие методы переработки ТБО.

Строительство полигонов для захоронения и частичной переработки ТБО. Конструктивные схемы допускают высоту такого полигона до 60 м и послойное его загрузку с помощью бульдозеров, для чего устраивают пологий внешний откос. Особое внимание обращают на гидроизоляцию полигонов, чтобы исключить попадание загрязняющих веществ в подземные воды. Срок полного обезвреживания отходов - 50- 100 лет. Частичная переработка ТБО на полигонах может осуществляться методом прямого сжигания.

Одним из перспективных методов переработки твердых пищевых отходов является *компостирование* с аэробным окислением органического вещества. Полученный компост используют в сельском хозяйстве, а некомпостируемые бытовые отходы поступают в специальные печи, где их термически разлагают и превращают в разные ценные продукты, – например в смолу.

Другой, менее распространенный метод переработки ТБО - *сжигание их на мусоросжигательных заводах*. На этих заводах спекание отходов происходит при температуре 800-850° С. Вторая стадия газовой очистки отсутствует, поэтому в золе отработанных отходов отмечается повышенная концентрация диоксинов. С каждого кубометра сжигаемых отходов в атмосферу выбрасывается 3 кг ингредиентов (пыль, сажа, газы) и остается 23 кг золы.

Также методами переработки ТБО являются *ферментация* (получение биогаза из животноводческих стоков и др.); *предварительная сортировка, утилизация*²⁶ и *реутилизация*²⁷ ценных компонентов.

2. Переработка твердых промышленных отходов (ТПО)

Основным направлением ликвидации и переработки ТПО является *захоронение их на полигонах, утилизация и реутилизация, сжигание*, в частности методом *пиролиза, складирование* в поверхностных хранилищах (шламонакопители, хвостохранилища и др.).

Основные направления утилизации ТПО - использовании их в качестве сырья, в промышленном и строительном производстве, в дорожном строительстве, для закладки выработанного пространства и для производства удобрений.

²⁶ *Утилизация отходов* - извлечение из них и хозяйственное использование различных полезных компонентов в качестве вторичного сырья, топлива, удобрений и т.и.

²⁷ *Реутилизация* - повторная, иногда многократно-последовательная переработка образовавшихся ранее отходов.

Пиролиз - разложение веществ под действием высоких температур без доступа кислорода. В результате образуется смолисто-угольная масса и выделяются газы, которые частично могут быть использованы как горючее и сырье для химической промышленности.

Задание:

1. Изучите теоретический материал.
2. На основании вышеизложенного заполните табл. 9.1.

Таблица 9.1

Методы очистки газообразных выбросов от пыли

Методы	Аппараты	Размер улавливаемых частиц	Эффективность	Недостатки

3. По данным теоретической части закончите схему, дополнив ее определениями методов очистки газообразных выбросов.



4. На основании данных табл. 9.2 постройте графики с таким же названием, на котором каждая из трех кривых будет соответствовать определенной высоте трубы. Зная, что ПДК для SO₂ составляет 0,5 мг/м³, определите, на каком расстоянии от трубы каждой высоты этот норматив оказывается превышенным.

Таблица 9.2

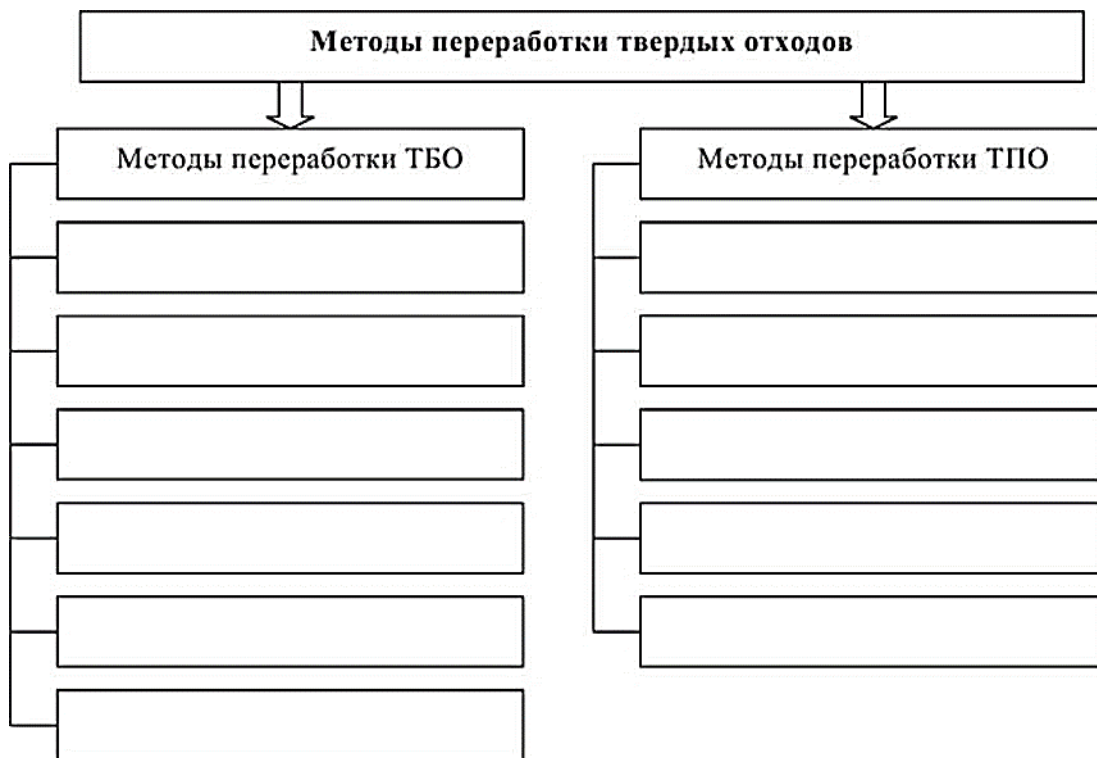
Концентрация диоксида серы в приземном воздухе в зависимости от высоты трубы и расстояния от нее

Высота трубы	Расстояние от трубы									
	1 км	2 км	3 км	4 км	5 км	6 км	8 км	10 км	12 км	15 км
100 м	2,36	2,75	2,30	1,84	1,50	1,28	0,94	0,74	0,60	0,44
150 м	0,68	1,20	1,38	1,32	1,19	1,08	0,86	0,70	0,58	0,46
200 м	0,22	0,52	0,72	0,83	0,88	0,85	0,74	0,64	0,52	0,40

5. По данным теоретической части закончите схему, дополнив ее определениями методов очистки сточных вод.



6. По данным теоретической части закончите схему, дополнив ее определениями понятий «утилизация», «реутилизация», «пиролиз».



7. Сделайте вывод о том, от чего зависит выбор метода утилизации газовых выбросов, стоков, твердых отходов.

1. Что понимают под экологизацией производственных процессов?
2. Какие методы применяются для очистки выбросов от аэрозолей? В чем преимущества и недостатки каждого из методов?
3. Какие методы применяются для очистки выбросов от газо- и парообразных примесей? В чем сущность каждого из методов?
4. Почему используется метод рассеивания газовых примесей в атмосфере? Каким образом он осуществляется?
5. С помощью каких методов осуществляется механическая очистка сточных вод?
6. Перечислите химические методы очистки сточных вод. В чем их сущность?
7. Перечислите физико-химические методы очистки сточных вод. В чем их сущность?
8. В чем сущность биологического метода очистки сточных вод?
9. Перечислите методы переработки твердых бытовых отходов. Что такое утилизация и реутилизация отходов?
10. Перечислите методы переработки твердых промышленных отходов. В чем их сущность?
11. В чём заключается процесс пиролиза, как метода утилизации?
12. Чем отличается метод захоронения от утилизации?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Критерии оценивания:

Оценка "5". Практическая работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работали полностью самостоятельно: подобрали необходимые для выполнения предлагаемых работ источники знаний, показали необходимые для проведения практических работ теоретические знания, практические умения и навыки. Работа оформлена аккуратно, в оптимальной для фиксации результатов форме.

Оценка "4". Практическая работа выполнена студентами в полном объеме и самостоятельно. Допускается отклонение от необходимой последовательности выполнения, не влияющее на правильность конечного результата (перестановка пунктов типового плана, последовательность выполняемых заданий, ответы на вопросы). Используются указанные источники знаний. Работа показала знание основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Допускаются неточности и небрежность в оформлении результатов работы.

Оценка "3". Практическая работа выполнена и оформлена с помощью преподавателя. На выполнение работы затрачено много времени (дана возможность доделать работу дома). Студент показал знания теоретического материала, но испытывал затруднения при самостоятельной работе со статистическими материалами.

Оценка "2". Выставляется в том случае, когда Студент оказался не подготовленным к выполнению этой работы. Полученные результаты не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Обнаружено плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений.

Оценка "1". Выставляется тогда, когда уровень знаний в том случае, когда Студент оказался не подготовленным к выполнению этой работы. Полученные результаты не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Обнаружено плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений.

Отметка «н/я» – соответствует неявке студента на зачётное занятие. (либо настолько нехороший ответ, что из вежливости ставится просто «н/я»)

Занятия выдуться в рамках Устава ВУЗа. При необходимости наведения дисциплины преподаватель применяет методические, организационные и психологические приёмы. При серьёзном нарушении возможно удаление студента с занятия. С написанием объяснительной к следующему занятию.

В случае рецидивного (систематического, регулярного) пропуска занятий, низкого прилежания, неподобающего поведения и т.п., сдача экзамена/зачёта осуществляется комиссией (3-5 чел – преподаватели, сотрудники дирекции института, родители(?)). Решение о продолжении обучения принимается по совокупности факторов советом института по представлению зав.кафедрой.

Заполнение таблиц в Excel
(обучающий пример)

Относительная и абсолютная ссылки

ЗАДАНИЕ

Заполнить таблицы, как показано на рис. 1, пользуясь маркером автозаполнения, относительными и абсолютными ссылками.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Ввести **заголовки** работы и таблиц согласно образцу (рис. 1):

- **внимание:** каждый заголовок вводится в свою (одну) ячейку;
- пока не выполнена вся работа, не надо делать форматирования: иногда это приводит к ошибкам в последующих вычислениях или к невозможности вычислений!

2. Заполнить **Таблицу 1**.

2.1. Предварительная информация.

Относительная ссылка – сохранение взаимного расположения аргумента и функции.

ПРИМЕР: В ячейку A1 введено число. В ячейку B1 вводится формула $= 2 * A1$ (название ячейки вводится щелчком по этой ячейке) и копируется вниз с помощью **маркера автозаполнения**. Тогда результат в ячейке B2 будет равен $2 * A2$. в ячейке B3 равен $2 * A3$ и т.д.! Аргумент берется из той строки, в которой будет результат, таким образом, результат и аргумент всегда находятся в одной строке.

2.2. Ввести заголовки столбцов $x, k, f(x) = k * x$.

2.3. Заполнить столбец x арифметической прогрессией с помощью **маркера автозаполнения**. Для этого:

- заполнить первые две ячейки числами;
- выделить их – в правом нижнем углу появится черный квадратик;
- навести на него курсор – появится черный крестик;
- протащить крестик левой кнопкой мыши (ЛКМ) вниз: столбец заполнится.

2.4. Заполнить столбец k . Ввести значение в первую ячейку столбца k .

2.5. Заполнить столбец $f(x)$ формулами:

- в первую ячейку столбца ввести формулу $= B6 * A6$ (название ячейки вводится щелчком по этой ячейке);
- скопировать ее на весь столбец с помощью маркера автозаполнения: выделить ячейку с формулой – в правом нижнем углу появится черный квадратик; навести на него курсор – появится черный крестик; протащить крестик ЛКМ вниз – столбец заполнится.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Маркер автозаполнения						
2	Относительная и абсолютная ссылки						
3	Таблица 1			Таблица 2			
4	Относительная ссылка			Абсолютная ссылка			
5	x	k	f(x)=k*x	x	k	f(x)=k*x	
6	1	5	5	1	5	5	
7	1,2		0	1,2		6	
8	1,4		0	1,4		7	
9	1,6		0	1,6		8	
10	1,8		0	1,8		9	
11	2		0	2		10	
12	2,2		0	2,2		11	
13	2,4		0	2,4		12	
14	2,6		0	2,6		13	
15	2,8		0	2,8		14	
16	3		0	3		15	
17	Таблица 3. Абсолютная ссылка						
18	x	1	1,5	2	2,5	3	
19	k	5					
20	f(x)=k*x	5	7,5	10	12,5	15	

Рис. 1. Образец работы

Результат: числа в столбце $f(x)$ в каждой строке равны произведению чисел из столбцов x и k в этой строке. Так как числа столбца k во всех строках, кроме 1-й, не введены, т.е. равны нулю, то и произведение равно нулю.

2.6. Замечания:

1. **Содержание** – это то, что ввели в ячейку.

Форма — это то, что видим в ячейке.

Если **содержание** – **формула**, то **форма** – **число** или сообщение об ошибке. Число в такой ячейке является зависимым от данных, по которым идет расчет.

2. Надо следить за десятичным разделителем: точка или запятая (устанавливается в Настройке).

Внимание: если ввели десятичную дробь, а она выровнялась как **текст-слева**, – значит, ошибка в разделителе!

3. Заполнить **Таблицу 2**.

3.1. Предварительная информация.

Абсолютная ссылка – сохранение значения аргумента.

ПРИМЕР: В ячейку A1 введено число. В ячейку B1 вводится формула $=2*\$A\1 и копируется вниз. Тогда результат во всех заполненных ячейках будет равен $2*A1$. Аргумент берется только из названной ячейки, таким образом, результат всегда одинаковый.

3.2. Все столбцы заполняются аналогично столбцам Таблицы 1. Отличие только в формуле, в которой ссылка на ячейку Е6 вводится как абсолютная – со знаками доллара \$ – \$E\$6*D6.

Результат: числа в столбце $f(x)$ в **каждой строке** равны произведению числа из столбца x в **этой строке** и фиксированного числа из столбца k .

4. Заполнить Таблицу 3 аналогично Таблице 2, но теперь маркер автозаполнения (черный крестик) протаскивать вправо, т.е. заполнять строки.

Замечание: чтобы создать абсолютную ссылку, нужно зафиксировать у ячейки то, что будет меняться:

- для заполнения столбца (Таблица 2) достаточно поставить один знак \$ в названии ячейки перед числом, например A\$5;
- для заполнения строки (Таблица 3) один знак \$ ставится перед буквой, например \$A5.

5. Отформатировать результаты работы.

На вкладке **Главная – Шрифт** самостоятельно установить формат ячеек: размеры, начертание, цвет, заливку, границы и т. д.

Создание заголовка, общего для нескольких столбцов. Выделить нужные ячейки и выбрать **Главная – Выравнивание – Объединить и поместить в центре**.

Если это заголовок таблицы, то выделить ячейку с заголовком и выбрать **Главная – Формат – Автоподбор ширины столбца**.

Построение графиков в Excel
(обучающий пример)

Построение графика кусочно-заданной функции

ЗАДАНИЕ

Построить график функции, состоящей из нескольких ветвей на отрезке $[a; b]$.

$$f(x) = \begin{cases} y1(x), & x \leq c; \\ y2(x), & c < x \leq d; \\ y3(x), & x > d. \end{cases}$$

Указания. Для построения графика нужен вектор аргументов и для каждого значения аргумента значение функции, т. е. необходимо заполнить таблицу, в которой один столбец - номера точек, второй - аргументы x , третий столбец — значения функции $f(x)$ для каждого значения аргумента. Выбрать a и b так, чтобы все три отрезка $[a; c]$, $[c; d]$ и $[d; b]$ были примерно равны. Во всех вариантах отрезок $[a; b]$ разбивается на 50 интервалов – $n = 50$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Ввести заголовок согласно Образцу (рис.1). На этом этапе не делать никакого форматирования.
2. Заполнить Таблицу 1 «Входные данные»:
 - 2.1. Ввести в первый столбец заголовки, в третий – пояснения.
 - 2.2. Создать имена для ячеек второго столбца и заполнить их СВОИМИ данными (числами); исключение – ячейка h – в нее ввести формулу $= (b - a)/n$.
3. Заполнить Таблицу 2: «Табулирование функции».



Рис.1 Образец работы функции $f(x)$

$$f(x) = \begin{cases} e^{0,5+x} - 0,5, & x \leq -0,5 \\ -x, & -0,5 < x \leq 0,5 \\ -0,5, & x > 0,5 \end{cases}$$

3.1. Ввести заголовки столбцов, i – номер точки, x – значения аргумента, y – значения функции.

3.2. Заполнить столбец i маркером автозаполнения от 0 до n . Создать имя для столбца без заголовка.

3.3. Заполнить столбец x по формуле $=a + i * h$. Ввести формулу и скопировать на весь столбец маркером автозаполнения. Создать имя для столбца без заголовка.

3.4. Заполнить столбец y значениями функции $f(x)$.

Указание: так как столбец аргументов x заполнен значениями только из отрезка $[a; b]$, значений $x < a$ и $x > b$ НЕ БУДЕТ. Следовательно, условия $x > a$ и $x \leq b$ вводить НЕ НАДО!

Псевдокод решения:

ЕСЛИ $x \leq c$, ТО $f = y1(x)$, ЕСЛИ НЕТ (т. е. $x > c$), ТО

ЕСЛИ $x \leq d$, ТО $f = y2(x)$ ЕСЛИ НЕТ (т.е. $x > d$), ТО $f = y3(x)$.

Этот код надо записать на языке *Excel*. Для этого:

а) находясь в верхней ячейке столбца, нажать кнопку f_x **Вставить функцию**. В категории «Логические» окна **Мастер функций** найти функцию ЕСЛИ;

б) заполнить окно аргументов функции (рис.2). В последнюю строку поставить курсор и выбрать **ЕСЛИ** слева в выпадающем списке окна **Функции**;

в) снова появилось то же окно (рис. 4), которое заполняем второй частью кода.

Получилось: =ЕСЛИ (x <= c;y1(x);ЕСЛИ(x <= d; y2(x); y3(x))).

Замечание: ввод **обязательно** делать в окне **ЕСЛИ**, во избежание ошибок!

г) скопировать функцию на весь столбец маркером автозаполнения.

4. Построить график.

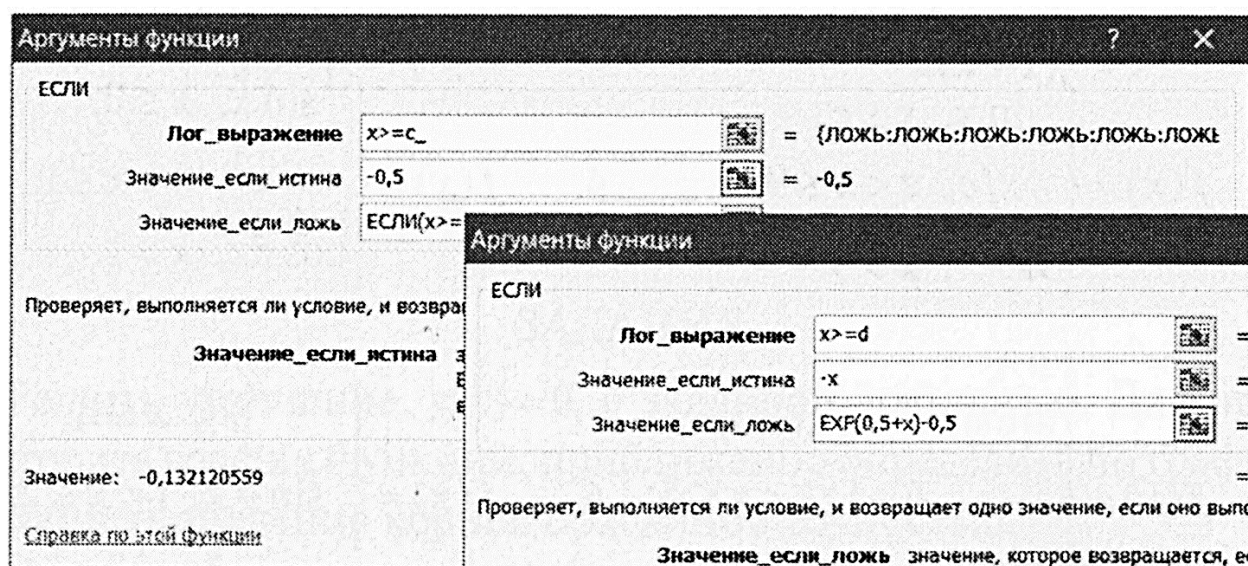


Рис.1 Окна аргументов функции ЕСЛИ

4.1. Выделить столбцы x и y . Нажать **Вставка – Точечная – Точечная с прямыми отрезками** (без маркеров).

4.2. Работа с диаграммами:

- добавить сетку, названия осей, заголовков – вкладка **Макет**;
- сделать подписи к ветвям кусочной функции – вкладка **Макет – Вставка – Надпись**;

- установить нужные границы на оси, деления: вкладка **Оси – Основная горизонтальная ось – Дополнительные параметры основной горизонтальной оси**.

5. Отформатировать работу. (Для данного примера: указать, что такое a , i и h ; по каким формулам вычислялись x и y ; алгоритм ветвления и его реализация в *Excel* (формулу копировать из работы). Экспортировать все таблицы и график в *Отчёт-Word*).

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
И ЗАРУБЕЖНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОДЫ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ,
ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА,
ПОКАЗАТЕЛИ РАДИОАКТИВНОСТИ)**

Показатели качества воды	Единицы измерения	СССР СанПиН 4630-88	РФ СанПиН 2.1.4. 1074-01	ЕС Директива Совета ЕС 98/83 от 03.11.98	ВОЗ Нормативы для питьевой воды
Органолептические показатели					
Запах	Балл	≤ 1	≤ 2	–	–
Вкус	Балл	–	≤ 2	–	–
Цветность	Градус	Менее 20 см	20	20	15
Мутность	мг/дм ³	–	1,5 (2)	4	5
Обобщенные показатели					
Водородный показатель pH	Единицы pH	6,5–8,5	6,0–9,0	6,5–8,5	6,5–8,5
Общая минерализация (сухой остаток), соответствует содержанию солей	мг/дм ³	1000 (1500)	1000	1500	1000
Жесткость общая	ммоль/дм ³	–	7,0 (10,0)	1,2	–
Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	–	5,0	5,0	–
Щелочность	мг/дм ³	–	–	30,0	–
Нефтепродукты (суммарно)	мг/дм ³	–	0,1	–	–
Фенольный индекс	мг/дм ³	–	0,25	–	–
Неорганические вещества					
Аммонийный азот	мг/дм ³	–	2	–	–
Алюминий (Al ³⁺)	мг/дм ³	0,5	0,5	0,2	0,2
Барий	мг/дм ³	0,1	0,1	0,1	0,7
Бериллий	мг/дм ³	0,0002	0,0002	–	–
Бор	мг/дм ³	0,5	0,5	1,0	0,3
Ванадий	мг/дм ³	0,1	0,1	–	–
Висмут	мг/дм ³	0,1	0,1	–	–
Вольфрам	мг/дм ³	0,05	0,05	–	–
Железо	мг/дм ³	0,3	0,3	0,2	0,3
Кадмий	мг/дм ³	0,001	0,001	0,005	0,003
Калий	мг/дм ³	–	–	12,0	–
Кальций	мг/дм ³	–	–	100,0	–
Кобальт	мг/дм ³	0,1	0,1	–	–
Кремний	мг/дм ³	10,0	10,0	–	–
Литий	мг/дм ³	0,03	0,03	–	–
Магний	мг/дм ³	–	–	50,0	–

Показатели качества воды	Единицы измерения	СССР СанПиН 4630-88	РФ СанПиН 2.1.4. 1074-01	ЕС Директива Совета ЕС 98/83 от 03.11.98	ВОЗ Нормативы для питьевой воды
Марганец	мг/дм ³	0,1	0,1	0,05	0,5 (0,1)
Медь	мг/дм ³	1,0	1,0	2,0	2,0 (1,0)
Молибден	мг/дм ³	0,25	0,25	—	0,07
Мышьяк	мг/дм ³	0,05	0,05	0,01	0,01
Натрий	мг/дм ³	200	200	200	200
Никель	мг/дм ³	0,1	0,1	0,02	0,02
Нитраты (азот нитратов)	мг/дм ³	45,0	45,0	50,0	50,0
Нитриты (азот нитритов)	мг/дм ³	3,3	3,0	0,5	3,0
Ртуть	мг/дм ³	0,0005	0,0005	0,001	0,001
Свинец	мг/дм ³	0,03	0,03	0,01	0,01
Селен	мг/дм ³	0,01	0,01	0,01	0,01
Серебро	мг/дм ³	0,05	0,05	0,01	—
Сероводород (H ₂ S)	мг/дм ³	—	0,03	—	0,05
Стронций (⁸⁸ Sr ⁺² и другие стабильные изотопы)	мг/дм ³	7,0	7,0	—	—
Сульфаты	мг/дм ³	—	500	—	—
Сурьма	мг/дм ³	0,05	0,05	0,006	0,005
Таллий	мг/дм ³	0,0001	0,0001	—	—
Теллур	мг/дм ³	0,01	0,01	—	—
Фториды	мг/дм ³	0,7–1,2	1,5	1,5	1,5
Хлориды	мг/дм ³	—	350	—	—
Хром (Cr ⁺³)	мг/дм ³	0,5	0,5	—	—
Хром (Cr ⁺⁶)	мг/дм ³	0,05	0,05	0,05	0,05
Цианиды (CN ⁻)	мг/дм ³	0,1	0,035	0,05	0,07
Цинк (Zn ⁺²)	мг/дм ³	1,0	5,0	5,0	3,0
Показатели радиоактивности					
Общая α-радиоактивность	Бк/дм ³	—	0,1	—	0,1
Общая β-радиоактивность	Бк/дм ³	—	1,0	—	1,0

Примечание. * Величина, указанная в скобках, допускается с учетом конкретной ситуации.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЗИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Показатели качества воды	Единицы измерения	РФ СанПиН 2.1.4. 1074-01	ЕС Директива Совета ЕС 98/83 от 03.11.98	ВОЗ Нормативы для питье- вой воды
Микробиологические и паразитологические показатели				
Термотолерантные коли- формные бактерии	Число бактерий в 100 мл воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Общие колиформные бакте- рии	Число бактерий в 100 мл воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих ко- лонии бактерий в 1 мл	Не более 50		
Число патогенных микроор- ганизмов	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 1 мл	–	Отсутствие	Отсутствие
Колифаги*	Число бляшкообразую- щих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие	–	–
Споры сульфитредуцирую- щих клостридий**	Число спор в 20 мл	Отсутствие	< 1 в 100 дм ³	
Цисты лямблий*	Число цист в 50 л	Отсутствие		
Число патогенных кишеч- ных простейших (кроме цист лямблий, криптоспоридий и др.)	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 25 л	Отсутствие	–	–
Число кишечных гельминтов (яиц и личинок)	Кол-во колоний, которые образуют бактерии, в 25 л	Отсутствие	–	–

Примечания:

* Определение проводится только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей воды в распределительную сеть.

** Определение проводится при оценке эффективности технологии обработки воды.