Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Естественные и математические науки»

ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Методические указания к практическим занятиям
и выполнению контрольной работы
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
20.03.01 «Техносферная безопасность»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

Цель курса «Экология» состоит в изучение способов обеспечения безопасности условий жизнедеятельности в техносфере и природной среде, а так же устойчивого развития общества при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.

Задачи изучения дисциплины:

Сформировать у студентов понятийный аппарат о причинах, признаках, последствиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения, а так же способах организации безопасности и защиты.

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При выполнении практической (контрольной) работы необходимо познакомиться с методиками оценки качества атмосферы и водных объектов, провести необходимые расчеты и обоснования.

Работа включающую два задания:

1) «Анализ и расчет промышленных выбросов, очистки воздуха»;

2) «Анализ и расчет загрязнений и очистки водного объекта от промышленных стоков и сбросов».

Рецензируя контрольные задания, преподаватель заочно руководит самостоятельной работой студента. Если контрольная работа не зачтена, ее нужно выполнить повторно с учетом указаний рецензента и выслать на рецензирование вместе с не зачтенной работой. Работа должна быть датирована и подписана студентом. Контрольная работа должна быть сдана не позднее чем за десять дней до начала сессии.

ЗАДАНИЕ 1

Тема: Анализ и расчет промышленных выбросов, очистки воздуха

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Рассеивание промышленных выбросов в атмосфере

Одной из мер защиты воздушного бассейна является рассеивание газообразных веществ и пыли в атмосфере при выбросе через высокие дымовые трубы. В результате рассеивания происходит снижение максимально возможной концентрации веществ в приземном слое атмосферы и удаление зоны максимального загрязнения.

Выбрасываемые в атмосферу вещества смешиваются с атмосферным воздухом и переносятся вместе с ним. Вблизи трубы основная масса выбрасываемых веществ сосредоточена в объеме факела, выходящего из трубы (рис.1). По мере удаления от источника струя выброса расширяется и достигает земной поверхности. Начальная точка соприкосновения струи с поверхностью земли является началом зоны загрязнения. По мере удаления от источника выброса концентрация вредных веществ нарастает, достигает наибольшего значения $C_м$, а затем медленно убывает. На рис. 1 показано расстояние *X* до точки *A,* где наблюдается наибольшая загрязненность приземного слоя атмосферы. В соответствии с принятыми в нашей стране нормативными документами считается, что выброс вредных веществ не загрязняет атмосферу, если в точке *A* наибольшая возможная концентрация вредного вещества не будет превышать значения предельно допустимой концентрации $C_м \leq$ ПДК м.р.

На процесс рассеивания веществ в атмосфере влияют такие факторы, как высота трубы, скорость ветра, рельеф местности, температура атмосферного воздуха и температура выброса, количество выбрасываемых в единицу времени веществ и др.

Расчет наибольшей ожидаемой концентрации загрязнителей $C_{макс}$ в приземном слое атмосферы проводят для неблагоприятных метеорологических условий, когда ухудшается рассеивание веществ в атмосфере.

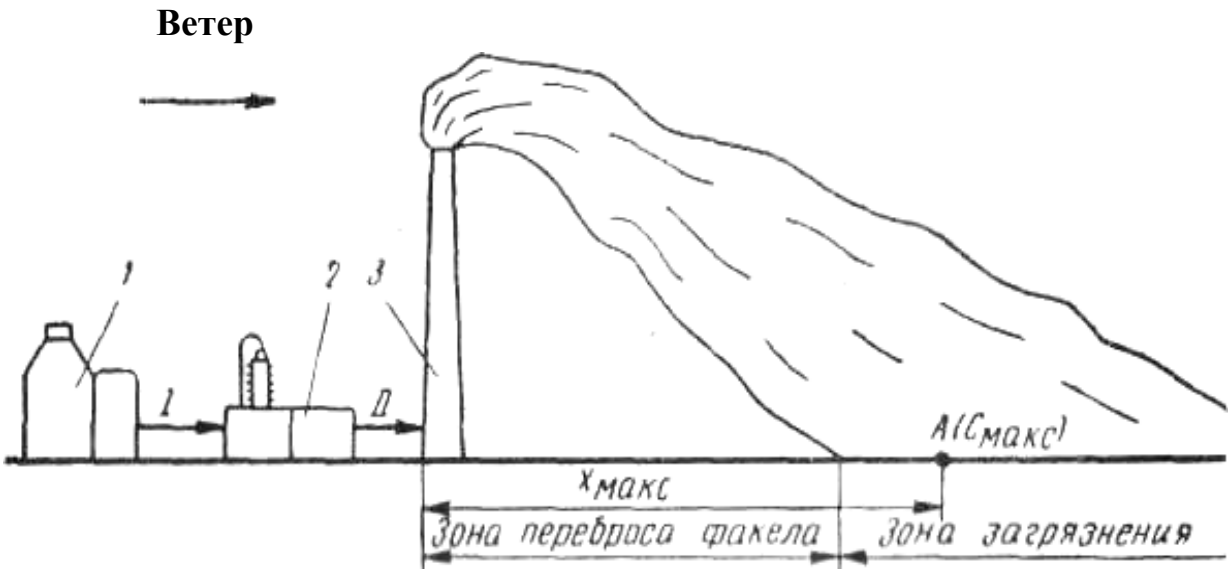

Рис. 1. Схема рассеивания выбросов и атмосфере от одиночного стационарного источника: 1 – производственные здания; 2 – газопылеулавливающая установка; 3 – дымовая труба; I – очищаемый вентиляционный воздух; II – очищенный вентиляционный воздух

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Необходимо изучить основные понятия и ознакомится с методикой расчетов. Далее необходимо провести экологическую экспертизу производства, выбранного по номеру варианта (номер варианта соответствует сумме последних двух цифр зачетной книжки и представлен в таблице 1).

Отчет по экологической экспертизе должен содержать следующую информацию:

1) Описание экологических проблем соответствующего производства;

2) Характеристика химических, физических и токсикологических характеристик выбрасываемого вещества;

3) Проведенные необходимые расчеты;

4) Описание оборудования, рекомендуемого для очистки выбросов.

Таблица 1 – Исходные данные для проведения расчетов загрязнения воздуха

№ варианта-	Производство	Выбрасываемые вещества	Высота трубы, **H**, м	Диаметр трубы **D,** м	Скорость выхода ГВС, **W,** м/с	Температура выброса **T,** °С	Масса выброса, **M,** т/ч	Скорость ветра $\mathbf{V_в}$, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Литейный цех	Двуокись серы	20	0,3	26,8	85	2	2
2	Цех металлообработки	Металлическая пыль	35	0,6	14,2	30	1	2,3
3	Гальванический цех	Пары серной кислоты	40	3,5	52	33	1,8	1,5
4	Литейный цех	Окид азота	18	3	8	50	4,3	4
5	Машиностроение	Металлическая пыль	45	2	8	55	4,3	4
6	Химическая мойка и покраска деталей	Пары ацетона	37	2	3,3	32	2,3	4
7	Цех механообработки	Диоксид азота	65	2,5	6,2	100	6	3,6
8	Столярный цех	Древесная пыль	59	3,2	8.7	83	4,7	4.2
9	Производство цементных изделий	Пыль цемента	120	5	12,6	25	1,4	1,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Тепловая электростанция	CO	80	3.4	6.4	63	6	2,8
11	Автомобильное строение	Оксид железа	90	4,3	10,5	67	8,3	2,5
12	Химическое производство	BaCL2	50	5	8	43	3,2	8
13	Тепловая электростанция	SO2	53	1,3	5,5	38	2	3

14	Металлургическое производство	Пыль свинца	60	2,5	15,6	58	3	5
15	Машиностроение	Сварочный аэрозоль	35	0,8	7,2	45	1,5	2,8
16	Гальваническое производство	ацетон	50	1,2	5,2	36	10	4
17	Химическое производство	толуол	70	5	9,5	52	2,3	6
18	Машиностроение	Фурфурол	20	5	9,5	48	2,3	6

Условные обозначения к таблице и расчетам

С – концентрация примеси в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м.

$C_м$ – максимальная приземная концентрация примеси, мг/м^3, (рис. 1).

X – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, м.

$X_м$ – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, где достигается максимально приземная концентрация, м (рис. 1).

М – мощность выброса – масса примеси, выбрасываемая в атмосферу из источника в единицу времени, **перевести в г/с.**

Н – высота источника выброса, м.

H_i – средневзвешенная высота источников выброса, м.

ΔТ – разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси T_1 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_2, ^{0}С.

V_1 – скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника, м^3/с.

W_0 – линейная скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника, м/с.

D – диаметр устья источника выброса, м.

А – коэффициент, зависящий от температуры стратификации атмосферы. При расчете величину коэффициента А принимают для неблагоприятных метеорологических условий, при которых концентрации

выбрасываемых вредных веществ в атмосферном воздухе достигают максимальных значений. **Для Саратовской области принимают А=140.**

F – безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемой примеси. Величины коэффициента F имеют следующие значения:

а) F=1 – для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания наиболее крупных фракций, которых не превышает 0,05 м/с;

б) F=2 – для крупнодисперсной пыли и золы при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки < 90%;

в) F=2,5 – для крупнодисперсной пыли и золы при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки в пределах от 75 до 90%;

г) F= 3 – для крупнодисперсной пыли и золы при отсутствии очистки или при ее степени менее 75%, а также вне зависимости от степени очистки для производств, у которых выбросы сопровождаются выделением водяного пара в количестве, достаточном для интенсивной его конденсации в течение всего года сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляции влажных пылевых частиц.

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса.

V – скорость ветра в приземном слое атмосферного воздуха, м/с.

$\mathbf{V_{опас}}$ – опасная скорость ветра, м/с.

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примеси; η=1, если в радиусе 50 высот труб Н от источника перепада отметок местности не превышает 50 м на 1 км (уклон менее 0,05).

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

$C_ф$ – фоновая концентрация, т. е. содержание вредных веществ в рассматриваемой зоне в результате выбросов других источников. Значения фоновых концентраций сообщаются предприятию территориальными органами Госкомгидромета.

Все значения привести к единой системе измерения СИ.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ

1. Определение величины максимально приземной концентрации $C_м$, мг/м^3 для нагретых источников (источник считается нагретым, если $\Delta T > 0$):

$$\Delta T = T_1 - T_2,$$

где T_1 – температура выброса (см. табл.1); T_2 – средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года (для Саратовской области T_2=23 °С);

$$C_{м\,гор} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T} \cdot \mu}, \qquad (1)$$

где μ=1 (см. стр.11).

Безразмерный коэффициент m определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}}, \qquad (2)$$

где

$$f = 1000 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \qquad (3)$$

Безразмерный коэффициент n определяется в зависимости параметра $V_м$, м^3/с:

$$V_М = 0{,}65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \qquad (4)$$

Для расчета $V_м$ необходимо знать объемную скорость выхода газовоздушной смеси из источника V_1, м^3/с:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot W_0}{4}, \qquad (5)$$

После вычисления $V_м$ определяем коэффициент n:

1) $n = 1$, если $V_м \geq 2$;
2) $n = 0{,}532 \cdot V^2_м - 2{,}13 \cdot V_м + 3{,}13$, если $0{,}5 \leq V_м < 2$;
3) $n = 4{,}4 \cdot V_м$, если $V_м < 0{,}5$.

2. Определение расстояния $X_м$ от источника **горячего выброса** до той точки, на которой достигается величина максимально приземной концентрации вредных веществ $C_м$, м:

$$X_м^{гор} = \frac{5-F}{4} \cdot dH \quad , \qquad (6)$$

1) если $V_м \leq 0{,}5$, то $d = 2{,}48 \cdot \left(1 + 0{,}28 \cdot \sqrt[3]{f}\right)$

2) если $0{,}5 < V_м \leq 2$, то $d = 7 \cdot \sqrt{V_М} \cdot \left(1 + 0{,}28 \cdot \sqrt[3]{f}\right)$

3) если $V_м > 2$, то $d = 4{,}95 \cdot V_М \cdot \left(1 + 0{,}28 \cdot \sqrt[3]{f}\right)$

3. Расчет предельно-допустимого выброса (ПДВ).
Значение коэффициентов рассчитаны ранее:

$$ПДВ = \frac{(ППД - C_ф) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \cdot \Delta T}{A \cdot m \cdot n \cdot F \cdot \eta}, \qquad \mathbf{(7)}$$

где фоновую концентрацию принимаем $C_ф$=0

Сделать выводы о необходимости проведения мероприятий по защите атмосферы.

ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, РЕКОМЕНДУЕМОГО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ

Разработка комплекса атмосферных мероприятий (установка пылегазоочистного оборудования, изменение режимов работы технологического оборудования, увеличение высоты источника выбросов) необходима для снижение уровня концентрации до значений ПДК.

Атмосферные мероприятия разрабатываются только для веществ, создающих концентрацию выше ПДК.

Выбор мероприятия зависит от уровня загрязнения, создаваемого источником выброса, и расстояния, на котором фиксируется максимальная концентрация. При уровне загрязнения от 1 до 1,5 ПДК и расстоянии до

400 м достаточно провести увеличение высоты источника выброса, способствующее лучшему рассеиванию примеси в атмосфере.

При уровне загрязнения выше 1,5 ПДК и расстоянии более 400 м необходимо оборудовать источник выброса пылегазоочистными установками.

При выборе пылегазоочистного оборудования необходимо учитывать эффективность очистки, а также исключить возможность образования нерастворимых соединений веществ, приводящих к закупорке выходных отверстий и выводу установки из действия.

Из литературы [1-10] выбрать наиболее подходящее очистное оборудование, предоставить его схему и описать принцип работы с учетом коэффициента очистки, пересчитать значения М и $C_м$.

4. Расчет M^1 (массы выброса после очистки)

$$M^1 = M - X.$$

Где М-масса выброса до очистки (см. табл.1)

Х- количество загрязнений улавливаемых очистными сооружениями

$$X = \frac{M \cdot Э\%}{100\%}$$

Э – эффективность очистки оборудования;

Расчет $C_м$ с учетом эффективности очистки очистного оборудования:

$$C_M^{1гор} = \frac{A \cdot M^1 \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt{V_1} \cdot \Delta T \cdot \mu}.$$

5. Сравнение $C^1_м{}^{гор}$ с ПДК

Если $C^1_м{}^{гор} \leq$ ПДК, то очистное оборудование достаточно и больше предлагать систему очистки нет необходимости. Если $C^1_м{}^{гор} >$ ПДК, то необходима еще дополнительная система очистки.

Приведем эффективность ряда основных пылегазоулавливающих аппаратов:

пылеосадительная камера – 80 %

фильтры – 99 %

циклоны – 95 %

скрубберы с мокрой очисткой – 99,5 %

электрофильтры – 99,99%

В случае недостаточности установки одного аппарата возможна установка несколько последовательно стоящих аппаратов, например: фильтры – циклон; фильтр – скруббер; циклон – пылеосадительная камера; батарейные циклоны. Эффективность таких установок определяется по формуле:

$$\mathbf{К = 1 – (1 – К_1) (1 – К_2) . . . (1 – К_п),}$$

где $\mathbf{К_1; К_2; … К_п}$ – эффективность первого, второго и последующих аппаратов.

В качестве атмосфероохранного мероприятия может быть использовано изменение режима работы технологического оборудования, например, не совместное, а последовательное выполнение ряда операций. Использование данного мероприятия не связано с затратами, но требует знаний техпроцесса, не подходит для непрерывного техпроцесса (например, химического производства).

ЗАДАНИЕ 2

Тема: Анализ и расчет загрязнений и очистки водного объекта от промышленных стоков и сбросов

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Расчеты предельно-допустимого сброса (ПДС) в водоемы

Согласно действующим правилам санитарно-гигиенические требования к качеству воды относятся только к местам или створам водопользования, а не ко всей акватории водного объекта. В водотоках контрольный створ, в котором состав и свойства воды должны соответствовать нормативным, расположен на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (рис. 2).

Для водоемов рыбохозяйственного назначения контрольный створ устанавливается на расстоянии 0,5 км от выпуска сточных вод. В непроточных водоемах контрольная зона должна соответствовать нормативам в радиусе 1 км от пункта водопользования (рис. 2).

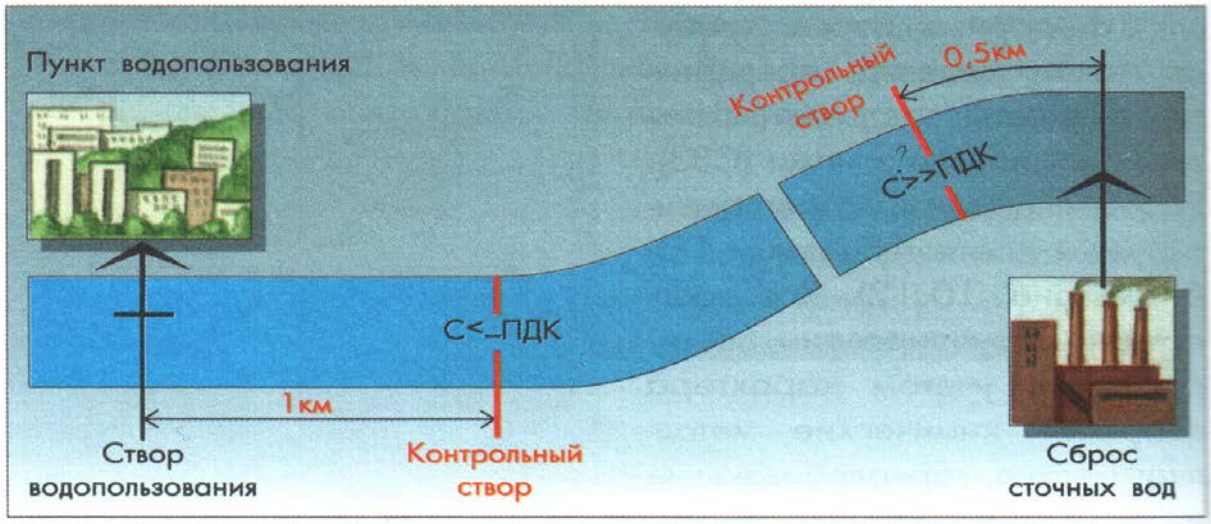

Рис. 2. Расположение контрольного створа в водотоках

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Необходимо изучить основные понятия и ознакомится с методикой расчетов. Далее необходимо провести экологическую экспертизу промышленного объекта, выбранного по номеру варианта (номер варианта соответствует сумме последних двух цифр зачетной книжки и представлен в таблице 1).

Отчет по экологической экспертизе должен содержать следующую информацию:

1) Описание экологических проблем соответствующего промышленного объекта;

2) Характеристика химических, физических и токсикологических характеристик выбрасываемого вещества;

3) Проведенные необходимые расчеты;

4) Описание оборудования, рекомендуемого для очистки стоков (сбросов).

Таблица 2 - Исходные данные для проведения расчетов

№ вари-анта	Вещество	Место сброса	$V_{ср}$	$h_{ср}$	$l_{пр}$	Q, $м^3/с$	q, $м^{3/}ч$	$C_{ств}$, мг/л	ПДК, мг/л	Вид водо-поль-зования	Источник загрязнения
1	Хром Cr (III)	У берега	0,1	4	430	50	50	50	0,5	р.х.	Электр химическое производство, хромирование
2	Этиловый спирт	В стержне	0,2	3,5	840	55	42	53	1,2	к.б.	металлообработка
3	ацетон	У берега	0,3	4	450	40	48	47	0,3	р.х.	Химическое производство
4	никель	В стержне	0,4	3,7	930	45	52	42	0,05	к.б.	Электро химическое производство, никелирование
5	Дихлорфенол	У берега	0,5	2,8	480	43	55	48	0,03	р.х.	Химическое производство
6	Окись кальция	В стержне	0,35	4,2	950	42	63	52	2,0	к.б.	Фармацевтика
7	цинк	У берега	0,28	3,8	920	38	60	55	0,5	х.п.	Электрохимическое производство, цинкование
8	Железо	В стержне	0,1	5	910	52	59	63	0,8	к.б.	Приборостроение
9	кобальт	У берега	0,15	4,5	470	37	47	59	0,4	р.х.	Металлургия
10	Хром Cr (VI)	В стержне	0,25	2,5	900	57	51	62	0,3	к.б.	Электрохимическое производство, хромирование
11	Нефтепро-дукты	У берега	0,15	4,8	915	60	62	47	0,5	х.п.	Нефтеперерабатывающий завод
12	СОЖ	В стержне	0,23	4,3	490	59	44	40	2,0	р.х.	металлообработка
13	Смолы	У берега	0,43	2,7	880	62	58	44	0,07	к.б.	Производство серной кислоты
14	Кадмий, Cd	В стержне	0,31	3,3	890	47	65	64	0,05	х.п.	Производство химических источников тока
15	ПАВ	У берега	0,18	2,2	390	48	40	58	0,5	р.х.	Производство моющих средств
16	Железо, Fe	В стержне	0,22	4,8	940	39	43	53	0,3	к.б.	Металлургия
17	Анилин	У берега	0,4	2,2	960	63	64	43	0,3	х.п.	Химическое производство
18	Медь, Cu	В стержне	0,38	2,8	400	65	53	51	0,5	р.х.	Производство печатных плат

р.х. – водоемы рыбохозяйственного назначения, х.п. – хозяйственно-питьевого назначения, к.б. – культурно-бытового назначения, ПАВ- поверхностно-активные вещества

Условные обозначения

Q – расход воды в водотоке, $м^3/с$.

q – максимальный расход сточной воды, $м^{3/}ч$.

$\mathbf{C_{створа}}$ – концентрация в створе, мг/л.

$\mathbf{C_ф}$ – фоновая концентрация примеси в водном объекте, $г/м^3$.

φ – коэффициент извилистости реки.

D – коэффициент турбулентной диффузии, $м^2/с$.

L – расстояние по фарватеру от створа выпуска сточных вод до расчетного створа. L=1000 м для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; L=500 м для объектов рыбохозяйственного водопользования.

ξ – коэффициент, учитывающий условия выпуска сточных вод. ξ=1 (выпуск у берега) или ξ=1,5 (выпуск в стержень).

n – кратность общего разбавления.

$\mathbf{n_н}$ – кратность начального разбавления, $n_н = 1$.

$\mathbf{n_о}$ – кратность основного разбавления.

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешивания.

$\mathbf{l_{пр}}$ – расстояние от створа выпуска сточных вод до расчетного створа по прямой.

$\mathbf{V_{ср}}$ – средняя скорость течения реки.

$\mathbf{h_{ср}}$ – средняя глубина реки на участке от створа выпуска сточных вод до расчетного створа.

γ – коэффициент смешения.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ

1. Нахождение ПДС:

$$\mathbf{ПДС = C_{ПДС} \cdot q.}$$

2. Нахождение концентрации предельно допустимого сброса:

$$\mathbf{C_{ПДС} = n \cdot (ПДК - C_ф) + C_ф.}$$

3. Нахождение фоновой концентрации в растворе

$$\mathbf{C_ф = 0{,}5 \cdot ПДК.}$$

4. Расчет кратности общего разбавления

$$\mathbf{n = n_н \cdot n_о,}$$

где $n_н = 1$;

$$n_0 = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q}.$$

5. Расчет коэффициента смешения

$$\lambda = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}}{1 + (Q/q) \cdot e^{-\alpha\sqrt[3]{L}}};$$

$$\alpha = \varphi \cdot \xi\sqrt[3]{D/q};$$

$$\varphi = L/L_{ПР};$$

$$D = \frac{V_{СР} \cdot h_{СР}}{200}.$$

6. Расчет концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе.

$$C_Р = \frac{C_{ст} \cdot q + C_ф \cdot \gamma \cdot Q}{\gamma \cdot Q + q}.$$

7. Проверка правильности расчета:

$$n_{01} = \frac{C_{СТ} - C_ф}{C_Р - C_ф}.$$

$n_о \approx n_{о1}$, разница между этими значениями должна быть не более 10%.

Так как для разбавления сточной воды до значений ПДК необходимо очень большое количество воды, то необходимо установить оборудование для очистки сточных вод. После установки очистного оборудования концентрация в створе $C_{створа}$ уменьшится на процент очистки.

8. Расчет $C_{створа}$ (массы выброса после очистки)

$C_{створа}$ – 100%

X – 80 % (например, эффективность биологической очистки):

$$X = \frac{M \cdot 80\%}{100\%};$$

$$C_{ст}^{1} = C_{ст} - X.$$

Рассчитать Cp^{1}

$$C_{р}1 = \frac{C_{ст}1 \cdot q + C_{ф} \cdot \gamma \cdot Q}{\gamma \cdot Q + q}$$

.Сравнить значение Cp^{1} с ПДК:

$$Cp^{1} \leq \geq \text{ ПДК.}$$

10. Сделать выводы о проделанной работе.

ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, РЕКОМЕНДУЕМОГО ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ (СБРОСОВ)

Разработка комплекса очистных мероприятий (установка очистного оборудования, изменение режимов работы технологического оборудования) необходима для снижение уровня концентрации до значений ПДС. Мероприятия разрабатываются только для веществ, создающих концентрацию выше ПДС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Для задания 1

1. Родионов А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов / А.И. Родионов, Ю.П. Кузнецов, Г.С. Соловьев. М.: Химия: КолосС, 2005. 392 с.

2. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. Калуга: Изд-во Н.А. Бочкаревой, 2000. 800 с.

3. Оборудование и сооружения для защиты биосферы от промышленных выбросов / А.И. Родионов, Ю.П. Кузнецов, В.В. Зенков, Г.С. Соловьев. М.: Химия 1985. 352 с.

4. Кузнецов И.Е. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий / И.Е. Кузнецов. М.: Химия, 1979. 344 с.

5. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей / под ред. Н.В. Лазарева и Д.К. Левиной. Л.: Химия, 1976. 356 с.

6. Анцыпович И.С. Охрана окружающей среды на предприятиях мясной и молочной промышленности И.С. Анцыпович, Л.Я. Попенко. М.: Агропромиздат, 1986. 255 с.

7. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов / Ю.В. Новиков. М.: Агенство ФАИР, 1998. 320 с.

8. Мазур И.И. Инженерная экология. Общий курс: в 2 т. / И.И. Мазур, О.И. Молдованив, В.Н. Шишов. М.: Высшая школа, 1996.

9. Базлов В.Н. Охрана природы и инженерная защита окружающей среды в пищевой промышленности / М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 208 с.

10. Штокман Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности /Е.А. Штокман. М.: Пищевая промышленность, 1977. 328 с.

Для задания 2

1. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С.М. Шифрин, Г.В. Иванов, Б.Г. Мишуков, Ю.А. Феофанов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 272 с.

2. Анцыпович И.С. Охрана окружающей среды на предприятиях мясной и молочной промышленности / И.С. Анцыпович, Л.Я. Попенко. М: Агропромиздат, 1986. 255с.

3. Репин Б.Н. Биологические пруды для очистки сточных вод пищевой промышленности / Б.Н. Репин, О.Н. Русина, А.Ф. Афанасьева. М.: Пищевая промышленность, 1997-254 с.

4. Надысев В.С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности / В.С. Надысев. М.: Пищевая промышленность, 1976-182с.

5. Гвоздев В.Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В.Д. Гвоздев, Б.С. Ксенофонтов. М.: Химия, 1988- 112 с.

6. http://techn.sstu.ru/Biblioteka/