

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по расчету  
предельно-допустимых нагрузок на экосистемы  
по дисциплинам  
“Отраслевая экология” и “Основы экологии”  
*для студентов специальностей:*

- 70 02 01 Промышленное и гражданское строительство,*
- 70 01 01 Производство строительных изделий и конструкций,*
- 70 04 03 Водоснабжение и водоотведение,*
- 3 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств*
- 37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей,*
- 36 01 01 Технология машиностроения,*
- 36 01 03 Технология и оборудование машиностроительного производства*



Методические указания к лабораторным работам по расчету предельно-допустимых нагрузок на экосистемы по дисциплине “Отраслевая экология” для студентов строительного факультета и по дисциплине “Основы экологии” для студентов факультета водоснабжения и электронно-механического факультета содержат руководство для определения предельно-допустимых выбросов и предельно-допустимых сбросов загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения в окружающую среду.

Составитель: А.П. Головач, доцент

Рецензент: Начальник специализированной инспекции по экологическому контролю БОКПРиООС А.В. Павлюк

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## НОРМИРОВАНИЕ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

*Цель работы* - изучить методы нормирования сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 1.1. Нормативы качества воды для водных объектов

Нормирование сбросов загрязняющих веществ в водные объекты производится путем установления **предельно допустимых сбросов (ПДС)** веществ, поступающих со сточными водами (СВ).

**ПДС** - максимальная масса вещества в сточной воде, допустимая к отведению в данном створе водного объекта в установленном режиме в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе, либо не ухудшения сформировавшегося ее качества в водном объекте, если оно хуже нормативного (з'ч).

Нормирование качества воды рек, озер и водохранилищ производят в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения". Нормативы состава и свойств водных объектов устанавливаются применительно к следующим категориям водопользования:

- *хозяйственно-питьевого назначения* (водные объекты служат источниками централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности);
- *культурно-бытового назначения* (водные объекты используются для купания, спорта и отдыха населения или находятся в пределах населенных пунктов);
- *рыбохозяйственного назначения* (водные объекты содержат ценные сорта рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода (*I категория*) и малоценные сорта рыб (*II категория*)).

Категория водопользования для конкретного водного объекта определяется местными органами санитарно-эпидемиологической службы и рыбоохраны.

Состав и свойства воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения после спуска сточных вод должны соответствовать нормам в контрольных створах, расположенных в водотоках на 1 км выше по течению от ближайшего пункта водопользования, а в непроточных водоемах и водохранилищах - в радиусе одного километра от пункта водопользования.

Состав и свойства воды в рыбохозяйственных водоемах должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске (наличие течений), а при отсутствии рассеивающего выпуска - не далее чем в 500 м от места выпуска.

Нормируемые значения устанавливаются для следующих параметров воды водоемов: *содержание плавающих примесей, содержание взвешенных веществ, запах, привкус, окраска, температура воды, значение рН, состав и концентрации минеральных примесей, концентрация растворенного кислорода, полное биохимическое потребление кислорода*.

мическое потребление кислорода (БПК<sub>полн</sub>), предельно допустимые концентрации (ПДК) и состав ядовитых и вредных веществ, содержание болезнетворных бактерий.

**ПДК** - максимальные концентрации, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения, или при воздействии на организм в течение всей жизни, и не ухудшают гигиенические условия водопользования. Измеряется в мг/дм<sup>3</sup> или г/м<sup>3</sup>.

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, в связи с чем их нормируют по принципу **лимитирующего показателя вредности (ЛПВ)**, под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ: *санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический*. Для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными ЛПВ используют еще два вида: *токсикологический и рыбохозяйственный*.

При наличии в водном объекте нескольких веществ с одинаковыми ЛПВ санитарные нормы выполняются, если

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1, \quad (1)$$

где  $m$  - количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ;

$C_i$  - концентрация  $i$ -го вещества в водном объекте, мг/л;

$ПДК_i$  - ПДК  $i$ -го вещества, мг/л.

Состав и свойства воды водоема или водотока в пунктах водопользования ни по одному из показателей не должны превышать нормативы, приведенные в [1, 2]. Некоторые из этих нормативов представлены в таблицах 1, 2.

Ввод предприятий, новых цехов, технологий в эксплуатацию возможен только при соблюдении ПДК веществ и наличии методов их определения в воде. На стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями и очистными сооружениями применимы **ориентировочно допустимые уровни (ОДУ)** веществ в воде, разработанные на основе расчетных и экспериментальных методов прогноза токсичности. При отсутствии установленных нормативов водопользователи должны провести исследования по обоснованию ПДК или ОДУ вредных веществ в воде водных объектов, а также разработать методы их определения на уровне ПДК.

В соответствии с "Инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование" ПДС устанавливается разрешением на специальное водопользование. Одновременно органы по охране природы утверждают предприятию лимиты забора свежей воды.

Таблица 1. Гигиенические требования к составу и свойствам  
воды водных объектов

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категория водопользования			
	хозяйственно- питьевого назначения	культурно- бытового назначения	рыбохозяйственного назначения	
			I категория	II категория
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше, чем на, $мг/дм^3$			
	0,25	0,75	0,25	0,75
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должны обнаруживаться пла- вающие пленки, пятна минеральных масел и скопления других примесей			
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике, <i>см</i>			
	20	10		
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на			
	3 °С		5 °С	
	по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет			
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5 - 8,5			
Минеральный состав по сухому остатку,	Не должен превышать 1000 $мг/дм^3$			
в т.ч.				
хлоридов, $мг/дм^3$	350	350	300	300
сульфатов, $мг/дм^3$	500	500	100	100
Растворенный кислород	В пробе, отобранной до 12 часов дня в любой период года, не должно быть менее, мг/л,			
	4	4	6	6
БПК <sub>полн</sub>	Не должно превышать при 20 °С, $мг-О_2/дм^3$			
	3	6	3	3
ХПК	Не должно превышать, $мг-О_2/дм^3$			
	15	30	15	15
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ			

Таблица 2. ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	ЛПВ*	ПДК, мг/лм
1.	Алкилфенол	3	орг.	0,1
2.	Алюминий	2	с.-т.	0,5
3.	Аммиак (по азоту)	3	с.-т.	2,0
4.	Ацетон	3	общ.	2,2
5.	Бензин	3	орг.	0,1
6.	Бензол	2	с.-т.	0,5
7.	Бериллий	1	с.-т.	0,0002
8.	Бром	2	с.-т.	0,2
9.	Глицерин	4	общ.	0,5
10.	Дихлорметан	3	орг.	7,5
11.	Дизтилртуть	1	с.-т.	0,0001
12.	Железо	3	орг.	0,3
13.	Керосин	4	орг.	0,01
14.	Медь	3	орг.	1,0
15.	Натрий	2	с.-т.	200
16.	Нефть	4	орг.	0,1
17.	Никель	3	с.-т.	0,1
18.	Нитраты	3	с.-т.	45,0
19.	Нитрохлорбензол	3	с.-т.	0,05
20.	Пропиленгликоль	3	общ.	0,6
21.	Родамин Ж	4	общ.	0,01
22.	Стрептоцид	4	общ.	0,5
23.	Свинец	2	с.-т.	0,03
24.	Сульфолен	1	общ.	0,1
25.	Тетраэтилолово	1	с.-т.	0,0002
26.	Толуол	4	орг.	0,5
27.	Уксусная кислота	4	общ.	1,0
28.	Фенол	4	орг.	0,001
29.	Фосфат кальция	4	общ.	3,5
30.	Этилен	3	орг.	0,5

Примечание: \* ЛПВ - лимитирующий показатель вредности:

- с.-т. - санитарно-токсикологический;
- общ. - общесанитарный;
- орг. - органолептический.

Нормативы ПДС рассчитываются, как правило, в целом по бассейну реки. Если природное фоновое содержание загрязняющих веществ в водном объекте по каким-либо показателям не обеспечивает нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из условий соблюдения природного фонового качества воды в контрольном створе. Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются в местных органах Госкомгидромета. Нормативы ПДС устанавливаются на срок до трех лет и подлежат пересмотру (переутверждению) или уточнению по планам-графикам, согласованным с местными органами Государственного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды. Необходимость пересмотра ранее установленных ПДС может возникнуть до

истечения срока действия при изменении экологической обстановки в регионе, появлении новых или уточнении параметров существующих источников загрязнения окружающей природной среды. Пересмотр установленных нормативов ПДС обеспечивается предприятиями-природопользователями.

Нормативы ПДС утверждаются республиканскими или областными органами Государственного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды с учетом заключений органов системы Минздрава. Обеспечение согласования и утверждения ПДС входит в обязанности предприятия-природопользователя. При определении размера платы за сбросы сточных вод в водные объекты руководствуются нормативами ПДС. Контроль за соблюдением ПДС производится как самим предприятием (ведомственный контроль), так и органами Государственного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды.

## 1.2. Расчет допустимого состава сточных вод, сбрасываемых в водные объекты

Для каждого выпуска сточных вод и каждого загрязняющего вещества на основании расчетов устанавливаются нормы предельно допустимых сбросов веществ в водные объекты, соблюдение которых должно обеспечить нормативное качество воды в расчетном (контрольном) створе водного объекта.

ПДС в водный объект со сточными водами загрязняющих веществ определяется для всех категорий водопользования по формуле:

$$ПДС = q_{CB} \cdot C_{CB}, \text{ т/ч} \quad (2)$$

где  $q_{CB}$  - среднечасовой расход сточных вод (наибольший) за период его фактического сброса, м<sup>3</sup>/ч;

$C_{CB}$  - концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, мг/дм<sup>3</sup> (г/м<sup>3</sup>).

Для сбросов сточных вод вне черты населенного пункта концентрация загрязняющих веществ в них определяется с учетом степени возможного разбавления этих вод водой водного объекта и качества воды выше места сброса сточных вод по формуле:

$$C_{CB}^{расч} = n \cdot (C_H - C_\phi) + C_\phi, \text{ мг/дм}^3, \quad (3)$$

где  $n$  - кратность разбавления сточных вод;

$C_H$  - нормативная концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта (контрольного створа) соответствующего вида водопользования, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_\phi$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в водном объекте (до места выпуска сточных вод), мг/дм<sup>3</sup>.

Разбавление сточных вод - процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный их перемешиванием с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления:

$$n = \frac{C_{CB} - C_\phi}{C - C_\phi}, \quad (4)$$

где  $C$  - концентрация загрязняющих веществ в водоеме после выпуска сточных вод, мг/дм<sup>3</sup> (г/м<sup>3</sup>).

Для водоемов с направленным течением кратность разбавления удобнее определять по формуле:

$$n = \frac{a \cdot Q_B + q_{CB}}{q_{CB}}, \quad (5)$$

где  $a$  - коэффициент смешения, показывающий какая часть расхода воды в водоеме участвует в смешении;

$Q_B$  - наименьший среднемесячный расход воды в водоеме,  $m^3/c$ ;

$q_{CB}$  - расход сточных вод, сбрасываемых в водоем,  $m^3/c$ .

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта требования к составу и свойствам воды водного объекта должны относиться к самим сбрасываемым сточным водам:

$$C_{CB} \leq C_H. \quad (6)$$

Нормативное содержание минеральных веществ (в том числе хлоридов и сульфатов) и  $BPK_{полн}$  в водном объекте определяется в соответствии с категорией водопользования (см. табл. 1).

Нормативное содержание взвешенных веществ в воде водного объекта составляет:

$$C_H^{BЗВ} = p + C_{\phi}^{BЗВ}, \quad \text{мг/дм}^3, \quad (7)$$

где  $p$  - допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ после спуска сточных вод (табл. 1),  $\text{мг/дм}^3$ ;

$C_{\phi}^{BЗВ}$  - фоновая концентрация взвешенных веществ в водном объекте,  $\text{мг/дм}^3$ .

Нормативная концентрация вредных веществ  $C_H$  определяется с учетом их ЛПВ (обязательно выполнение соотношения (1)) и ПДК:

$$C_H^{BВ} = \frac{ПДК^{BВ}}{m}, \quad \text{мг/дм}^3, \quad (8)$$

где  $ПДК^{BВ}$  - ПДК вредного вещества в воде водного объекта (см. табл. 2),  $\text{мг/дм}^3$ .

$m$  - количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ.

Необходимая степень (эффективность) очистки сточных вод от загрязнений перед сбросом в водный объект составляет:

$$\Theta = \frac{C_{исх} - C_{CB}}{C_{исх}} \cdot 100, \quad \%, \quad (9)$$

где  $C_{исх}$  - исходная концентрация загрязнения в неочищенных сточных водах,  $\text{мг/дм}^3$ .

Концентрация загрязнений в выпускаемых вне черты населенного пункта после очистки сточных водах рассчитывается по формуле (6) в том случае, когда фоновый уровень загрязнений не превышает нормативы  $C_{\phi} \leq C_H$ . Если фоновый уровень загрязнений выше нормативного ( $C_{\phi} > C_H$ ), концентрация загрязнений в выпускаемых сточных водах принимается равной нормативному уровню ( $C_{CB} = C_H$ ), либо назначается из условия неухудшения сформировавшегося качества природной воды ( $C_H < C_{CB} \leq C_{\phi}$ ).



В случае, если рассчитанная по формуле (6) допустимая к сбросу концентрация загрязняющего вещества превышает концентрацию загрязнения в неочищенной сточной воде ( $C_{CB}^{расч} \geq C_{ИСХ}$ ), то очистка по данному загрязнению не требуется и концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, принимается исходя из фактического состава:  $C_{CB} = C_{ИСХ}$ . Также не требуется очистка сточной воды, если содержание загрязняющего вещества в неочищенной сточной воде не превышает норматив ( $C_{ИСХ} \leq C_H$ ), тогда допустимая концентрация загрязнения в сбрасываемой сточной воде определяется либо исходя из фактического состава ( $C_{CB} = C_{ИСХ}$ ), либо в соответствии с нормативами ( $C_{CB} = C_H$ ).

Для подпадающих под общие требования показателей состава и свойств сточной воды, таких как плавающие примеси (вещества), растворенный кислород, запахи, привкусы, окраска, температура, реакция рН, возбудители заболеваний - ПДС не определяется. Состав и свойства сточной воды по этим показателям должны удовлетворять требованиям, изложенным в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения (см. табл. 1, 2).

### 1.3. Порядок расчета предельно-допустимого сброса загрязняющих сточные воды веществ в водоток

1.3.1. Рассчитывается кратность разбавления сточных вод речной водой  $n$  по формуле (5).

1.3.2. Определяется нормативное содержание загрязняющих веществ, которое должно обеспечиваться в контрольном створе,  $C_H$  по таблицам 1, 2.

1.3.3. Определяется содержание загрязняющих веществ в сбрасываемых в водоток сточных водах  $C_{CB}$ :

а) если  $C_{ИСХ} \leq C_H$ , то  $C_{CB} = C_{ИСХ}$ ;

б) если  $C_{ИСХ} > C_H$  и  $C_{Ф} > C_H$ , то  $C_{CB} = C_H$ ;

в) если  $C_{ИСХ} > C_H$  и  $C_{Ф} \leq C_H$ , то по формуле (3) рассчитывается  $C_{CB}^{расч}$ :

если  $C_{CB}^{расч} > C_{ИСХ}$ , то  $C_{CB} = C_{ИСХ}$ ;

если  $C_{CB}^{расч} < C_{ИСХ}$ , то  $C_{CB} = C_{CB}^{расч}$ .

1.3.4. Рассчитывается эффективность очистки сточных вод  $\varepsilon$  по формуле (9).

1.3.5. Рассчитывается ПДС загрязняющих сточные воды веществ по формуле (2).

## 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД СБРОСОМ

На промышленном предприятии в процессе производства образуются сточные воды с расходом  $q_{CB} = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Сброс сточных вод осуществляется в реку за чертой города. Расход воды в реке –  $Q_B = 30 \text{ м}^3/\text{с}$ . Ближайший пункт водопользования после выпуска сточных вод – город, для которого река является источником централизованного водоснабжения (рис.1). Содержание взвешенных веществ в сточной воде  $60 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , в речной –  $40 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . Содержание минеральных веществ по сухой остатку в сточной воде –  $640 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , в том числе  $420 \text{ мг}/\text{дм}^3$  хлоридов и  $100 \text{ мг}/\text{дм}^3$  сульфатов. В речной воде содержится  $340 \text{ мг}/\text{дм}^3$  минеральных веществ, в том числе  $25 \text{ мг}/\text{дм}^3$  хлоридов и  $40 \text{ мг}/\text{дм}^3$  сульфатов. В сточной воде содержится  $80 \text{ мг}/\text{дм}^3$  легко

окисляемых органических веществ, характеризуемых величиной БПК<sub>полн</sub>, в речной воде этот показатель – 1,2 мг/дм<sup>3</sup>. В сточной воде содержится 2,0 мг/дм<sup>3</sup> свинца, 0,1 мг/дм<sup>3</sup> бензола, 0,3 мг/дм<sup>3</sup> нитрохлорбензола, 4,0 мг/дм<sup>3</sup> ацетона, в речной воде данные загрязнения отсутствуют. Водородный показатель pH сточной воды – 9, речной – 8,2.

Определить необходимую степень очистки и величины ПДС загрязняющих сточные воды веществ.

**Решение:**

Исходные и расчетные данные удобно объединить в следующую таблицу:

Таблица 3. Характеристика состава и свойств речной воды и сточной воды, образующейся на предприятии

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>				Эфф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		C <sub>исх</sub>	C <sub>н</sub>	C <sub>ф</sub>	C <sub>св</sub>		
1.	Взвешенные вещества	60		40			
2.	Минеральные вещества по сухому остатку	640		340			
3.	Хлориды	420		25			
4.	Сульфаты	100		40			
5.	БПК <sub>полн</sub>	80		1,2			
6.	Свинец	2,0		0,02			
7.	Бензол	0,1		-			
8.	Нитрохлорбензол	0,3		-			
9.	Ацетон	4,0		-			
10.	pH	9,0		8,2			

Решение задачи осуществляем в соответствии с порядком расчета ПДС (пункт 1.3).

**Определяем:**

1. Кратность разбавления сточных вод речной водой (формула 8):

$$n = \frac{a \cdot Q_B + q_{св}}{q_{св}} = \frac{0,1 \cdot 30 + 0,2}{0,2} = 16.$$

2. По таблицам 1 и 2 определяем и записываем в таблицу 3 нормативное содержание загрязняющих веществ в контрольном створе C<sub>н</sub>:

- нормативное содержание взвешенных веществ рассчитываем по формуле 7:

$$C_{н}^{взв} = p + C_{ф}^{взв} = 0,25 + 40 = 40,25 \text{ мг/дм}^3,$$

где p=0,25 мг/дм<sup>3</sup> (для хозяйственно-питьевого водопользования, табл. 1.)

- нормативное содержание минеральных веществ по сухому остатку в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 1000 мг/дм<sup>3</sup> (табл.1):

$$C_{н}^{мин} = 1000 \text{ мг/дм}^3;$$

- нормативное содержание хлоридов в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 350 мг/дм<sup>3</sup> (табл.1):

$$C_{н}^{хл} = 350 \text{ мг/дм}^3;$$

- нормативное содержание сульфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 500 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1):

$$C_N^{Cул} = 500 \text{ мг/дм}^3.$$

- нормативное содержание БПК<sub>полн</sub> в воде хозяйственно - питьевого назначения не должно превышать 3 мг/дм<sup>3</sup> (табл.1):

$$C_N^{БК} = 3 \text{ мг/дм}^3.$$

- нормативное содержание свинца, бензола, нитрохлорбензола и ацетона определяем с учетом их ЛПВ. Используя табл. 2., находим количество веществ, относящихся к одному ЛПВ, и рассчитываем их нормативные концентрации (формула 8):

свинец -	}	бензол -	}	нитрохлорбензол -	}	ацетон -	}	санитарно-токсикологический ЛПВ	m = 3		
										общесанитарный ЛПВ	m = 1

✓ свинец:

$$C_N^{Cц} = \frac{ПДК^{Cц}}{m} = \frac{0,03}{3} = 0,01 \text{ мг/дм}^3;$$

✓ бензол:

$$C_N^{БЕН} = \frac{ПДК^{БЕН}}{m} = \frac{0,5}{3} = 0,17 \text{ мг/дм}^3;$$

✓ нитрохлорбензол:

$$C_N^{НХБ} = \frac{ПДК^{НХБ}}{m} = \frac{0,05}{3} = 0,017 \text{ мг/дм}^3;$$

✓ ацетон:

$$C_N^{Ац} = \frac{ПДК^{Ац}}{m} = \frac{2,2}{1} = 2,2 \text{ мг/дм}^3.$$

- нормативное значение водородного показателя рН<sub>н</sub> в водотоке хозяйственно-питьевого назначения не должен выходить за пределы интервала 6,5-8,5, поэтому за нормативное принимаем ближайшее к рН<sub>исх</sub> = 9 значение из интервала: рН<sub>н</sub> = 8,5.

Таблица 3 после заполнения столбца C<sub>н</sub> принимает вид:

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязнений, мг/дм <sup>3</sup>				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		C <sub>исх</sub>	C <sub>н</sub>	C <sub>ф</sub>	C <sub>св</sub>		
1.	Взвешенные вещества	60	40,25	40			
2.	Минеральные вещества	640	1000	340			
3.	Хлориды	420	350	25			
4.	Сульфаты	100	500	40			
5.	БПК <sub>полн</sub>	80	3,0	1,2			
6.	Свинец	2,0	0,01	0,02			
7.	Бензол	0,1	0,17	-			
8.	Нитрохлорбензол	0,3	0,017	-			
9.	Ацетон	4,0	2,2	-			
10.	рН	9,0	8,5	8,2			

3. Определяем концентрацию сбрасываемых в водоток загрязняющих веществ  $C_{CB}$  в соответствии с пунктом 1.3.3.

3.1. Сравниваем графы  $C_{ИСХ}$  и  $C_H$  и определяем показатели, для которых выполняется соотношение  $C_{ИСХ} \leq C_H$ :

- минеральные вещества ( $640 < 1000 \text{ мг/дм}^3$ );
- сульфаты ( $100 < 500 \text{ мг/дм}^3$ );
- бензол ( $0,1 < 0,17 \text{ мг/дм}^3$ ).

Для данных показателей –  $C_{CB} = C_{ИСХ}$ :

- минеральные вещества:  $C_{CB}^{МИН} = C_{ИСХ}^{МИН} = 640 \text{ мг/дм}^3$ ;
- сульфаты:  $C_{CB}^{СУЛ} = C_{ИСХ}^{СУЛ} = 100 \text{ мг/дм}^3$ ;
- бензол  $C_{CB}^{БЕН} = C_{ИСХ}^{БЕН} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$ .

Значения  $C_{CB}$  записываем в табл. 4.

3.2. Сравниваем графы  $C_{ИСХ}$  и  $C_H$  и из оставшихся показателей находим те, для которых выполняется соотношение  $C_{CB} > C_H$ :

- свинец ( $0,02 > 0,01 \text{ мг/дм}^3$ ).

В этом случае  $C_{CB} = C_H$ , следовательно  $C_{CB}^{СЦ} = C_H^{СЦ} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$  (вносим в табл. 3).

3.3. Для остальных показателей по формуле (6) рассчитываем допустимую к сбросу концентрацию загрязняющих веществ:

- взвешенные вещества:

$$C_{CB}^{ВЗВ} = n \cdot (C_H^{ВЗВ} - C_{Ф}^{ВЗВ}) + C_{Ф}^{ВЗВ} = 16 \cdot (40,25 - 40) + 40 = 44 \text{ мг/дм}^3;$$

- хлориды:  $C_{CB}^{ХЛ} = n \cdot (C_H^{ХЛ} - C_{Ф}^{ХЛ}) + C_{Ф}^{ХЛ} = 16 \cdot (350 - 25) + 25 = 5225 \text{ мг/дм}^3$ ;

- БПК:  $C_{CB}^{БПК} = n \cdot (C_H^{БПК} - C_{Ф}^{БПК}) + C_{Ф}^{БПК} = 16 \cdot (3 - 1,2) + 1,2 = 30 \text{ мг/дм}^3$ ;

- нитрохлорбензол:  $C_{CB}^{НХБ} = n \cdot (C_H^{НХБ} - C_{Ф}^{НХБ}) + C_{Ф}^{НХБ} = 16 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ мг/дм}^3$ ;

- ацетон:  $C_{CB}^{АЦ} = n \cdot (C_H^{АЦ} - C_{Ф}^{АЦ}) + C_{Ф}^{АЦ} = 16 \cdot 2,2 = 35,2 \text{ мг/дм}^3$ .

Сравнивая допустимые к сбросу  $C_{CB}^{расч}$  и исходные  $C_{ИСХ}$  концентрации загрязняющих веществ, определяем концентрации этих веществ в сточной воде, сбрасываемой в водоток:

- взвешенные вещества:  $C_{CB}^{ВЗВ} = C_{CB}^{расчВЗВ} = 44 \text{ мг/дм}^3$ ;

- хлориды:  $C_{CB}^{ХЛ} = C_{ИСХ}^{ХЛ} = 420 \text{ мг/дм}^3$ ;

- БПК:  $C_{CB}^{БПК} = C_{CB}^{расчБПК} = 30 \text{ мг/дм}^3$ ;

- нитрохлорбензол:  $C_{CB}^{НХБ} = C_{CB}^{расчНХБ} = 0,272 \text{ мг/дм}^3$ ;

- ацетон:  $C_{CB}^{АЦ} = C_{ИСХ}^{АЦ} = 4,0 \text{ мг/дм}^3$ .

Значения  $C_{CB}$  вносим в табл. 3.

3.4. Перед сбросом в реку необходимо произвести подкисление сточных вод до  $pH_{CB} = 8,5$ .

3.5. По формуле (9) рассчитываем эффективность очистки в сточной воде:

- взвешенных веществ:  $\varepsilon^{ВЗВ} = \frac{C_{ИСХ}^{ВЗВ} - C_{CB}^{ВЗВ}}{C_{ИСХ}^{ВЗВ}} \cdot 100\% = \frac{60 - 44}{60} \cdot 100\% = 26,7\%$ ;

- минеральных веществ:  $\mathcal{E}^{МИН} = 0$ ;
- хлоридов:  $\mathcal{E}^{ХЛ} = 0$ ;
- сульфатов:  $\mathcal{E}^{СУЛ} = 0$ ;
- БПК<sub>полн</sub>:  $\mathcal{E}^{БПК} = \frac{C_{ИСХ}^{БПК} - C_{СВ}^{БПК}}{C_{ИСХ}^{БПК}} \cdot 100\% = \frac{80 - 30}{80} \cdot 100\% = 62,5\%$ ;
- свинца:  $\mathcal{E}^{СЦ} = \frac{C_{ИСХ}^{СЦ} - C_{СВ}^{СЦ}}{C_{ИСХ}^{СЦ}} \cdot 100 = \frac{2,0 - 0,01}{2,0} \cdot 100 = 99,5$ ;
- бензола:  $\mathcal{E}^{БЕН} = 0$ ;
- нитрохлорбензола:  $\mathcal{E}^{НХБ} = \frac{C_{ИСХ}^{НХБ} - C_{СВ}^{НХБ}}{C_{ИСХ}^{НХБ}} \cdot 100 = \frac{0,3 - 0,272}{0,3} \cdot 100 = 9,3$ ;
- ацетона:  $\mathcal{E}^{АЦ} = 0$ .

Данные заносим в табл. 4.

3.6. По формуле (1) рассчитываем и записываем в табл. 4 ПДС загрязняющих сточные воды веществ:

- взвешенных веществ:  $ПДС^{ВЗВ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ВЗВ} = 0,2 \cdot 3600 = 31680 \text{ г/ч}$ .
- минеральных веществ по сухому остатку:  
 $ПДС^{МИН} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{МИН} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 640 = 460800 \text{ г/ч}$ ;
- хлоридов:  $ПДС^{ХЛ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ХЛ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 420 = 302400 \text{ г/ч}$ ;
- сульфатов:  $ПДС^{СУЛ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{СУЛ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 100 = 21600 \text{ г/ч}$ ;
- БПК<sub>полн</sub>:  $ПДС^{БПК} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{БПК} = 720 \cdot 30 = 21600 \text{ г/ч}$ ;
- свинца:  $ПДС^{СЦ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{СЦ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 0,01 = 7,2 \text{ г/ч}$ ;
- бензола:  $ПДС^{БЕН} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{БЕН} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 0,1 = 72 \text{ г/ч}$ ;
- нитрохлорбензола:  $ПДС^{НХБ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{НХБ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 0,272 = 195,84 \text{ г/ч}$ ;
- ацетона:  $ПДС^{АЦ} = q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{АЦ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 4 = 2880 \text{ г/ч}$ .

Заполненная таблица 4 имеет вид:

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		С <sub>ИСХ</sub>	С <sub>Н</sub>	С <sub>Ф</sub>	С <sub>СВ</sub>		
1.	Взвешенные вещества	60	40,25	40	44	26,7	31680
2.	Минеральные вещества по сухому остатку	640	1000	340	640	-	460800
3.	Хлориды	420	350	25	420	-	302400
4.	Сульфаты	100	500	40	100	-	72000
5.	БПК <sub>полн</sub>	80	3,0	1,2	30	62,5	21600
6.	Свинец	2,0	0,01	0,02	0,01	99,5	7,2
7.	Бензол	0,1	0,17	-	0,1	-	72
8.	Нитрохлорбензол	0,3	0,017	-	0,272	9,3	195,84
9.	Ацетон	4,0	2,2	-	4,0	-	2880
10.	рН	9,0	8,5	8,2	8,5	-	-

### 3. ЗАДАНИЕ

Сброс сточных вод проектируемого предприятия предполагается в водоток. Определить необходимую степень очистки и величины ПДС загрязняющих сточные воды веществ, используя исходные данные своего варианта.

### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «предельно допустимый сброс» (ПДС)?
2. К каким категориям водопользования устанавливаются нормативы состава и свойств водных объектов?
3. Что такое «лимитирующий показатель вредности» (ЛПВ)? Какие виды ЛПВ вы знаете?
4. Когда применяются «ориентировочно допустимые уровни» (ОДУ)?
5. Как рассчитываются, устанавливаются и утверждаются нормативы ПДС?
6. Каковы гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов?
7. Назвать ЛПВ и ПДК бензина, железа, свинца, фенола и других веществ в воде хозяйственно-питьевого водопользования.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения. Госкомприрода СССР. - М., 1991. - 56 с.
2. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Госкомприрода СССР. - М., 1990. - 68 с.
3. Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами. Госкомприрода СССР. - М., 1990. - 48 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ПРЕДПРИЯТИЙ В АТМОСФЕРЕ

Цель работы - *изучить санитарно-гигиенические нормативы содержания вредных веществ в окружающей среде и методы их нормирования*

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 1.1. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду производится путем установления **предельно-допустимых выбросов (ПДВ)** этих веществ в атмосферу.

**ПДВ** - это масса выбросов вредных веществ в единицу времени от данного источника или совокупности источников загрязнения атмосферы города или другого населенного пункта, установленная с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, создающая приземные концентрации загрязняющих веществ, не превышающие их предельно-допустимые концентрации (**ПДК**) (г/с, г/год).

**ПДК** - максимальная концентрация загрязняющего вещества, при которой оно не оказывает прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения при постоянном контакте (**ПДК<sub>среднесут</sub>**) или временном воздействии (**ПДК<sub>max разовой</sub>**,  $t = 30$  мин) ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

ПДВ используется для планирования мероприятий и проведения экологической экспертизы по предотвращению загрязнения атмосферы и гидросферы. Нормативы ПДВ в целом для предприятия устанавливаются по совокупности значений ПДВ для отдельных действующих, проектируемых и реконструируемых источников загрязнения. Для неорганизованных выбросов и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные выбросы из одного производственного помещения, от одной, расположенной в помещении или на открытом воздухе, установки аэрационных фонарей, вентиляционных шахт и т. д.) устанавливаются суммарный ПДВ.

Если значения ПДВ по ряду объективных причин не могут быть достигнуты на предприятии, то в этом случае вводится поэтапное снижение выбросов загрязняющих веществ до значений, обеспечивающих соблюдение ПДВ

При установлении ПДВ необходимо учитывать перспективу развития предприятия, физико-географические и климатические условия местности, расположение промплощадок и участков существующей и намеченной жилой застройки, санаториев, зон отдыха городов.

При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы учитывают определенные расчетом или экспериментальным методом значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в воздухе от остальных источников (в том числе автотранспорта) города или другого населенного пункта. Информацию о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе необходимо запрашивать в установленном порядке в органах Госкомгидромета.

ПДВ рассчитывается для веществ, имеющих **ПДК** или **ОБУВ**.

**ОБУВ** - ориентировочный безопасный уровень воздействия химического вещества в атмосферном воздухе, установленный расчетным путем (временный норматив на 3 года).

Если ПДК или ОБУВ для веществ, входящих в состав выбросов от технологических процессов, не разработаны, то предприятию следует обратиться в Минздрав РБ с заявкой на их разработку, а так же на получение сведений о суммарном их вредном воздействии. В этом случае для действующих предприятий проект ПДВ может быть согласован при условии предоставления предприятием в органы Госкомприроды в установленный срок заявки на разработку ПДК и ОБУВ.

Нормативы ПДВ утверждаются местными (городскими или областными) органами Госкомприроды с учетом заключений местных органов системы Минздрава. Обеспечение согласования и утверждения ПДВ входит в обязанности предприятия-природопользователя. Нормативы ПДВ устанавливаются на срок до 5-ти лет, они подлежат пересмотру (переутверждению) или уточнению по планам-графикам, согласованным с местными органами Госкомприроды.

Представляемые на согласование проекты норм ПДВ рассматриваются в двухнедельный срок, а по особо крупным объектам срок рассмотрения может быть продлен до 30 суток. Проекты представляемые после доработки на согласование рассматриваются в те же сроки.

При определении размера платы за выбросы в окружающую среду необходимо руководствоваться нормами ПДВ.

Контроль за соблюдением ПДВ производится как самим предприятием (ведомственный контроль), так и местными органами Госкомприроды, осуществляющими государственный контроль.

Контроль за достижением и соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду включает: определение массы выбросов вредных веществ в единицу времени от данного источника загрязнения, и сравнение этих показателей с установленными нормативами ПДВ; проверку выполнения плана мероприятий по достижению ПДВ; проверку эффективности эксплуатации очистных сооружений и других природоохранных сооружений, а также других производственных факторов, влияющих на ПДВ.

## 1.2. Расчет нормативов на поступление загрязняющих веществ от предприятий в окружающую среду

ПДВ загрязняющих веществ в атмосфере должен обеспечивать в воздухе населенных мест соблюдение гигиенических нормативов в случае наиболее благоприятных метеоусловий (НМУ) для рассеяния этих веществ. Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами определяется по наибольшей расчетной величине *приземной концентрации вредных веществ*  $C_M$  ( $мг/м^3$ ), которая может устанавливаться на некотором расстоянии  $X_M$  ( $м$ ) от места выброса при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях.

Величина  $C_M$  не должна превышать величины ПДК данного вредного вещества в атмосферном воздухе. При этом обязательно учитывается фоновая концентрация этого вещества от других источников  $C_f$  ( $мг/м^3$ ), т.е должно выполняться условие

$$C_M \leq ПДК - C_f \quad (1)$$

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_M$  при выбросе газозооушной смеси из одиночного точечного источника с круглым



устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии  $X_M$  от источника определяется по формулам:

- для нагретых выбросов:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_I \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3; \quad (2)$$

- для холодных выбросов:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot \frac{D}{8V_I}, \text{ мг/м}^3, \quad (3)$$

где

- $A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия перемешивания примесей; он варьирует от 140 до 250, для условий Республики Беларусь равен - 160;
- $M$  - количество вещества, выбрасываемого из источника в единицу времени, т.е. мощность выброса, г/с или т/г;
- $F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе:
- для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, зола и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) принимается равным 1;
  - для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % принимается равным 2;
  - при степени очистки пыле-газовой смеси от 75 до 90 % - 2,5;
  - менее 75 % и при отсутствии очистки - 3;
- $m$  и  $n$  - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса;
- $\eta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей и называемый *коэффициентом шероховатости*, который принимается равным 1 для ровной местности с перепадами высоты не более 50 м на 1 км в радиусе до 50 высот источника выброса (условия Республики Беларусь), для других случаев определяется по дополнительным таблицам;
- $H$  - высота источника выброса над уровнем земли, м;
- $\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси  $T_I$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_H$ , °С;
- $D$  - диаметр устья источника выброса, м;
- $V_I$  - объем газовойоздушной смеси, поступающей от источника в атмосферу и определяемый по формуле:

$$V_I = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где

- $w_0$  - средняя скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса, м/с;
- $\pi$  - равно 3,14.

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяются в зависимости от параметров  $f$  и  $v_M$ :

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \text{ м/с}^2, \quad (5)$$

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_J \cdot \Delta T}{H}}, \text{ м/с} \quad (6)$$

и рассчитываются по формулам:

$$\text{при } f < 100 \quad m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (7)$$

$$\text{при } f > 100 \quad m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}; \quad (8)$$

$$\text{при } v_M \geq 2 \quad n = 1; \quad (9)$$

$$\text{при } 0,5 \leq v_M < 2 \quad n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13; \quad (10)$$

$$\text{при } v_M < 0,5 \quad n = 4,4 v_M. \quad (11)$$

Расстояние  $X_M$  от источника выброса до места, где создается максимальная концентрация примеси  $C_M$  ( $\text{мг/м}^3$ ) при НМУ определяется по формуле:

$$X_M = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \text{ м}, \quad (12)$$

где  $d$  - безразмерный коэффициент, рассчитываемый по формулам:

$$\text{при } v_M \leq 0,5 \quad d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (13)$$

$$\text{при } 0,5 < v_M \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot v_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (14)$$

$$\text{при } v_M > 2 \quad d = 7 \cdot \sqrt{v_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}). \quad (15)$$

Рассчитав максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_M$ , можно определить ПДВ. Проверяем условие (1):

- если  $C_M \leq \text{ПДК} - C_\phi$ , то в этом случае ПДВ равен фактическому выбросу:

$$\text{ПДВ} = M,$$

или

$$\text{ПДВ} = \frac{C_M \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_J \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \text{ г/с}; \quad (16)$$

- если  $C_M > \text{ПДК} - C_\phi$ , то условие (1) не выполнено. Заменяем в формуле (16) максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_M$  на его ПДК с учетом фоновой концентрации  $C_\phi$ , получаем:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_J \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \text{ г/с}, \quad (17)$$

Приземная концентрация вредных веществ  $C_X$  в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях  $X$  ( $\text{м}$ ) от источника выброса определяется по формуле:

$$C = S \cdot C_M, \text{ мг/м}^3, \quad (18)$$

где  $S$  - безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения  $X/X_M$  и коэффициента  $F$  по формулам:

$$\text{при } X/X_M \leq 1 \quad S = 3(X/X_M)^4 - 8(X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2; \quad (19)$$

$$\text{при } 1 < X/X_M \leq 8 \quad S = \frac{1,13}{0,13 \cdot (X/X_M)^2 + 1}; \quad (20)$$

$$\text{при } F \leq 1,5 \text{ и } X/X_M > 8 \quad S = \frac{X/X_M}{3,58 \cdot (X/X_M)^2 - 35,2 \cdot (X/X_M) + 120}; \quad (21)$$

$$\text{при } F > 1,5 \text{ и } X/X_M > 8 \quad S = \frac{1}{0,1 \cdot (X/X_M)^2 + 2,47 \cdot (X/X_M) - 17,8}. \quad (22)$$

## 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ В РАЙОНЕ ИХ ВЫБРОСА ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

### Исходные данные:

Район размещения объекта – Брестская область;  
 источник выброса - труба котельной высотой  $H$  — 35 м.  
 диаметр устья трубы  $D$  — 1,4 м;  
 мощность выброса  $M$  — 6,0 г/с;  
 скорость выхода газовой смеси из устья  $w_0$  — 7 м/с;  
 температура выбрасываемой газовой смеси  $T_2$  — 125°C;  
 температура окружающего воздуха наиболее жаркого месяца  $T_B$  — 22,7°C;  
 загрязняющее вещество, содержащееся в выбросе — оксид серы (IV)  $SO_2$ ;  
 ПДК  $SO_2$  — 0,05 мг/м<sup>3</sup>;  
 фоновая концентрация  $SO_2$  от других источников  $C_{Ф}$  — 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

### Рассчитать:

величины приземных концентраций загрязняющего вещества  $SO_2$  в районе его выброса при НМУ для фактического и предельно-допустимого выбросов.

### Определяем:

1. Объем газовой смеси  $V_1$  (формула 4):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 7 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Перегрев газовой смеси  $\Delta T$ :

$$\Delta T = 125 - 22,7 = 102,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

3. Параметр  $f$  (формула 5):

$$f = 1000 \cdot \frac{7^2 \cdot 1,4}{35^2 \cdot 102,3} = 0,55.$$

4. Коэффициент  $m$ :

т.к.  $f < 100$ , то согласно условию (7)

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,55} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,55}} = 0,98.$$

5. Параметр  $v_M$  (формула 6):

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{10,8 \cdot 102,3}{35}} = 2,05 \text{ м/с.}$$

6. Коэффициент  $n$ :

т.к.  $v_M > 2$ , то согласно условию (9)

$$n = 1.$$

7. Максимальную концентрацию  $SO_2$   $C_M$  (формула 2):

$$C_M = \frac{160 \cdot 60 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 102,3}} = 0,074 \text{ мг/м}^3.$$

8. ПДВ (формула 17):

$$ПДВ = \frac{(0,05 - 0,001) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 102,3}}{160 \cdot 10,98 \cdot 1 \cdot 1} = 3,96 \text{ г/с.}$$

9. Коэффициент  $d$  (формула 15):

т.к.  $v_M > 2$ , то согласно условию (15)

$$d = 7 \cdot \sqrt{2,05} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,55}) = 12,3.$$

10. Расстояние  $X_M$  от источника выбросов до места, где создается максимальное значение приземной концентрации  $C_M$  при НМУ (формула 12):

$$X_M = \frac{5 - 1}{4} \cdot 12,3 \cdot 35 = 430 \text{ м.}$$

11. Безразмерный коэффициент  $S$  для расстояния  $X$  (формулы 19, 20):

$$X_1 = 50 \text{ м,} \quad X_1 / X_M = 0,116, \quad S_1 = 3(0,116)^4 - 8(0,116)^3 + 6(0,116)^2 = 0,069;$$

$$X_2 = 100 \text{ м,} \quad X_2 / X_M = 0,256, \quad S_2 = 3(0,256)^4 - 8(0,256)^3 + 6(0,256)^2 = 0,232;$$

$$X_3 = 200 \text{ м,} \quad X_3 / X_M = 0,465, \quad S_3 = 3(0,465)^4 - 8(0,465)^3 + 6(0,465)^2 = 0,633;$$

$$X_4 = 400 \text{ м,} \quad X_4 / X_M = 0,93, \quad S_4 = 3(0,93)^4 - 8(0,93)^3 + 6(0,93)^2 = 1,000;$$

$$X_5 = 1000 \text{ м,} \quad X_5 / X_M = 2,32, \quad S_5 = \frac{1,13}{0,13 \cdot (2,32)^2 + 1} = 0,664;$$

$$X_6 = 3000 \text{ м,} \quad X_6 / X_M = 6,97, \quad S_6 = \frac{1,13}{0,13 \cdot (6,97)^2 + 1} = 0,154.$$

12. Фактическую приземную концентрацию вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса (формула 18) при  $C_M = 0,074 \text{ мг/м}^3$ :

$$X_1 = 50 \text{ м,} \quad C_1 = 0,074 \cdot 0,069 = 0,005 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_2 = 100 \text{ м,} \quad C_2 = 0,074 \cdot 0,232 = 0,017 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_3 = 200 \text{ м,} \quad C_3 = 0,074 \cdot 0,633 = 0,047 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_4 = 400 \text{ м,} \quad C_4 = 0,074 \cdot 1,000 = 0,074 \text{ мг/м}^3;$$

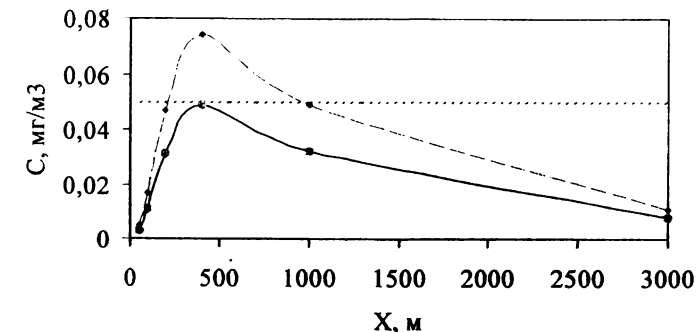
$$X_5 = 1000 \text{ м,} \quad C_5 = 0,074 \cdot 0,664 = 0,049 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_6 = 3000 \text{ м,} \quad C_6 = 0,074 \cdot 0,154 = 0,011 \text{ мг/м}^3.$$

13. Приземную концентрацию вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса при ПДВ и  $C_M =$  ПДК -  $C_\phi = 0,05 - 0,001 = 0,049 \text{ мг/м}^3$  (формула 18):

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 50 \text{ м}, & C_1 &= 0,049 \cdot 0,069 = 0,003 \text{ мг/м}^3; \\
 X_2 &= 100 \text{ м}, & C_2 &= 0,049 \cdot 0,232 = 0,011 \text{ мг/м}^3; \\
 X_3 &= 200 \text{ м}, & C_3 &= 0,049 \cdot 0,633 = 0,031 \text{ мг/м}^3; \\
 X_4 &= 400 \text{ м}, & C_4 &= 0,049 \cdot 1,000 = 0,049 \text{ мг/м}^3; \\
 X_5 &= 1000 \text{ м}, & C_5 &= 0,049 \cdot 0,664 = 0,032 \text{ мг/м}^3; \\
 X_6 &= 3000 \text{ м}, & C_6 &= 0,049 \cdot 0,154 = 0,008 \text{ мг/м}^3.
 \end{aligned}$$

Графически изображаем границы рассеивания примесей в воздухе.



- — границы рассеивания загрязняющих веществ при  $M = 60 \text{ г/с}$  (фактический выброс)
- — границы рассеивания загрязняющих веществ при ПДВ =  $3,96 \text{ г/с}$  (предельно допустимый выброс)
- ..... ПДК

Рис.1. Распределение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере от организованного высокого источника выбросов

### 3. ЗАДАНИЕ

Рассчитать концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе их выброса при НМУ для фактического и предельно-допустимого выбросов, используя исходные данные своего варианта.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД - 86. Л., Гидрометеиздат, 1987. - 93 с.
2. Закон Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха».

## Учебное издание

Составитель: Головач Анна Петровна

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по расчету предельно-допустимых нагрузок на экосистемы по дисциплинам “Отраслевая экология” и “Основы экологии” для студентов специальностей 70 02 01 Промышленное и гражданское строительство, 70 01 01 Производство строительных изделий и конструкций, 70 04 03 Водоснабжение и водоотведение, 53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств, 37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей, 36 01 01 Технология машиностроения, 36 01 03 Технология и оборудование машиностроительного производства

Ответственный за выпуск: Головач А.П.

Редактор: Строкач Т.В.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 28.11.2003 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Усл. п. л. 1,9.  
Уч. изд. л. 1,5. Заказ № 914. Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.