

Кафедра природообустройства и водопользования

**САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ В
ПРОЕКТАХ
(Часть 1)**

**Учебно – методическая разработка
по курсу «Санитарно-гигиенические требования в проектах»**

Казань - 2016

Утверждена на заседании каф. Природообустройства и водопользования КФУ протокол № 2 от 7 апреля 2016 г.

Печатается по решению Учебно - методической комиссии Института управления, экономики и финансов КФУ

Санитарно-гигиенические требования в проектах. Часть 1: учебно-методическая разработка по курсу «Санитарно-гигиенические требования в проектах»; сост.: О.Ю. Деревенская. – Казань: КФУ, 2016. – 35 с.

Учебно-методическая разработка предназначена для студентов каф. Природообустройства и водопользования Института управления, экономики и финансов КФУ, изучающих курс «Санитарно-гигиенические требования в проектах» (бакалавры по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», профиль «Природообустройство», 3 курс). Разработка может использоваться при проведении практических занятий по курсу.

В учебно-методической разработке предлагаются варианты практических заданий, даются примеры их решения. Практические задания подкрепляют лекционные материалы по курсу «Санитарно-гигиенические требования в проектах», темы 1-3. Иллюстрируют возможность применения полученных теоретических знаний на практике.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Работа 1. Расчет предельно допустимых сбросов веществ (ПДС) и условий спуска сточных вод в водотоки.....	5
Работа 2. Расчет предельно допустимого сброса (ПДС) загрязняющих веществ со сточными водами предприятий в водоемы различных видов водопользования.....	14
Работа 3. Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами.....	20

Введение

Одна из центральных проблем, изучаемых современной наукой, - проблема взаимоотношения общества и природы. В процессе этого взаимоотношения человек, используя необходимые ему природные богатства (ресурсы), одновременно оказывает глубокое, часто негативное воздействие на окружающую среду. В результате человечество вынуждено решать чрезвычайно сложную задачу: как при эффективном использовании природных ресурсов нанести наименьший вред природе, а также жизни и деятельности населения. Решение задачи начинается с разработки проекта.

Целью изучения дисциплины "Санитарно-гигиенические требования в проектах" является овладение знаниями о санитарно-гигиенических требованиях, предъявляемых к проектам, знакомит с этапами и особенностями проектной деятельности, с системой нормативно-правовой и инструктивно-методической документации в России.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать основные правовые и инструктивно-методические документы в данной области.

2) Уметь ориентироваться в правовых, нормативно-технических и инструктивно-методических документах в данной области; оценивать экологические аспекты проектов хозяйственной деятельности

3) Владеть навыками планирования и проведения работ с учетом санитарно-гигиенических требований; умением применить полученные знания при решении профессиональных задач и в принятии решений в ходе осуществления хозяйственной деятельности.

РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ (ПДС) ВЕЩЕСТВ И УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОКИ

Цель работы: изучить приемы определения ПДС и необходимой степени очистки сточных вод перед их спуском в водоток.

Предварительное пояснение Производственная и бытовая деятельность человека тесно связана с использованием воды. Большая часть использованной воды возвращается в водоемы в виде насыщенных загрязнителями сточных вод.

Сточные воды по характеру загрязнений разделяются на содержащие минеральные вещества, органические вещества или одновременно и те и другие.

К минеральным веществам относятся частицы грунта, руды, шлака, металлов, минеральные соли, кислоты, щелочи и другие неорганические вещества.

Органические примеси весьма разнообразны и образуются за счет поступления в сточную воду остатков сырья, реагентов и продуктов производства, отходов жизнедеятельности человека и животных, веществ растительного происхождения и др. органические вещества характеризуются присутствием в их составе углерода, водорода, во многих случаях кислорода и азота, а также серы, фосфора, хлора, металлов.

Загрязняющие вещества могут находиться в воде в виде пены, эмульсии, в грубодисперсном состоянии, в коллоидном состоянии или в виде истинного раствора.

Сточные воды могут быть разного происхождения, однако в большинстве случаев преобладают сточные воды промышленного происхождения. Промышленные стоки бывают трех видов: бытовые, поверхностные и производственные.

Бытовые сточные воды образуются при работе душевых, туалетов, прачечных и столовых.

Поверхностные сточные воды образуются в результате смывания талой, дождевой или поливочной водой веществ и материалов, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий.

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах.

Промышленные стоки содержат растворенные и взвешенные вещества, нефтепродукты и плавающий мусор, иногда вода в них может иметь повышенную температуру. Преобладание тех и иных загрязнителей в сточных водах зависит от их происхождения. Так, в бытовых сточных водах

преобладают органические вещества, в т.ч. синтетические моющие средства, в поверхностных сточных водах много мусора, взвешенных веществ, нефтепродуктов. Состав производственных сточных вод зависит от профиля производства, часто в них можно в большом количестве обнаружить тяжелые металлы.

Любые загрязнители, попадая со сточными водами в поверхностные водоемы, ухудшают качество воды в них. Если это вещества органической природы, то в приемном водоеме они начинают окисляться либо самостоятельно, либо при участии микроорганизмов, однако в любом случае на их окисление расходуется кислород. Возникает, так называемая, **биохимическая потребность в кислороде (БПК)** – количество кислорода, необходимое для полной минерализации микроорганизмами-деструкторами органических веществ, содержащихся в 1 л воды.

Следовательно, БПК является показателем содержания в воде органических веществ. Чем больше БПК, тем сильнее вода загрязнена органическими веществами, тем выше интенсивность расходования кислорода воды на окисление этих веществ и тем меньше кислорода остается в воде для живых организмов – рыб, ракообразных, моллюсков, растений и водо-рослей. Ухудшение условий жизни перечисленных групп живых организмов снижает скорость самоочищения водоема, иногда самоочищение может полностью прекратиться и тогда вода становится совсем непригодной для человека и животных.

Биогенные вещества (соединения азота, фосфора), попадающие в водоем, способствуют ухудшению условий его самоочищения. В этом случае имеет место усиленное размножение в водоеме синезеленых водорослей, которые своей жизнедеятельностью подавляют все остальные группы живых организмов.

Снижению скорости самоочищения воды в ряде случаев способствует сброс в водоемы нагретой воды. Растворимость кислорода в воде невысока, а с повышением температуры она еще более снижается, что, естественно, не улучшает условия жизнедеятельности водных организмов и не способствует самоочищению воды.

Биогенные и ряд органических веществ и тепло становятся помехой для пресноводных экосистем только тогда, когда их количество превышает некий предел. В малых же объемах эти компоненты иногда могут быть даже полезны для этих экосистем. Однако существуют и другие загрязнители, которые по своей природе чужды природным экосистемам – это тяжелые металлы и многие синтетические вещества. С такими загрязнителями природные экосистемы могут справиться лишь при незначительной их концентрации.

Для того, чтобы природные водные экосистемы успевали обезвредить загрязнители, необходимо ограничить их поступление в водоемы, т.е. необходимо уменьшить сброс в водоемы неочищенных сточных вод предприятий. Предварительная очистка сточных вод, т.е. значительное снижение БПК стоков, уменьшение содержания биогенных веществ, тяжелых металлов, взвешенных веществ, уменьшение температуры до необходимой величины достигается на очистных сооружениях, которые должны иметь большинство предприятий.

Необходимая степень очистки сточных вод перед их сбросом в водоемы зависит не только от состава и расхода сточных вод, но и от многих других факторов: расхода воды в реке, ее химического состава, температуры, места сброса стоков (у берега или на стрежне), строения берегов, извилистости реки, хозяйственного назначения водоема, удаленности места сброса стоков от мест водопотребления и т.п. Нормы качества воды в водных объектах достигаются путем реализации комплекса водоохраных мероприятий. Одним из которых является предельно-допустимый сброс.

Предельно допустимый сброс (ПДС) вещества в водный объект – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения качества воды в контрольном пункте.

ПДС устанавливаются для каждого вещества отдельно. Норматив разрабатывается для условий нормальной работы технологического оборудования при условии его полной загрузки. ПДС используются для контроля режима сброса сточных вод в водные объекты, а также служат основным целевым показателем при разработке планов и программ развития водоохраных комплексов.

Нормирование качества воды состоит в установлении совокупности допустимых значений показателей состава и свойств воды водных объектов, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта. Нормы качества поверхностных вод устанавливаются для условий хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К коммунально-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, спорта и отдыха населения, а также иное использование водных объектов, находящееся в черте населенных пунктов.

Рыбохозяйственные водные объекты, используемые для воспроизводства, промысла и миграции рыб, беспозвоночных и водных млекопитающих, подразделяются на три категории.

К высшей категории относятся места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений.

К первой категории относятся водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода.

Ко второй категории относятся водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Виды использования водного объекта в пределах субъекта Федерации определяются его природоохранными органами.

Нормы качества вод водных объектов включают общие требования к составу и свойствам поверхностных вод для различных видов водопользования, а также перечень ПДК вредных веществ.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в воде – максимальная концентрация загрязняющего воду вещества, отнесенная к определенному времени усреднения, которая при периодическом воздействии или же на протяжении всей жизни человека не вызывает негативного прямого или косвенного влияния на природную среду и здоровье человека.

При сбросе сточных вод в водные объекты, используемые для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых целей, нормы качества вод этих объектов или их природный состав и свойства должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.п.).

При сбросе сточных вод в рыбохозяйственные водотоки, нормы качества воды или ее природные свойства (в случае природного превышения этих норм) должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, определяемого в каждом конкретном случае природоохранными органами, но не далее чем 500 м от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод

(мест добычи полезных ископаемых, производства работ на водном объекте и т.п.).

Задание:

1. Рассчитать степень очистки сточных вод от загрязнителей не участвующих в формировании БПК (взвешенные вещества, ионы тяжелых металлов, соли и т.п.).

Этот расчет проводят по каждому веществу отдельно по формуле:

$$Э_i = \frac{C_{ст}^i - C_{ПДС}^i}{C_{ст}^i} 100\%, \quad (1)$$

где $Э_i$ – степень очистки сточных вод от i -того загрязняющего вещества, %; $C_{ст}^i$ – концентрация i -того загрязняющего вещества в сточных водах, мг/л; $C_{ПДС}^i$ – допустимая концентрация i -того загрязняющего вещества в сточных водах перед их сбросом в воду реки (мг/л), обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе, которая, в свою очередь, определяется по формуле:

$$C_{ПДС}^i = C_{ПДК}^i + n(C_{ПДК}^i - C_p^i), \quad (2)$$

$C_{ПДС}^i$ – предельно-допустимая концентрация i -того загрязняющего вещества в воде водных объектов, мг/л; C_p^i – концентрация i -того загрязняющего вещества в реке (до спуска в нее сточных вод), мг/л; n – степень разбавления сточных вод в расчетном створе.

Степень разбавления сточных вод в расчетном створе, определяется по формуле:

$$n = \frac{q + \gamma Q}{q}, \quad (3)$$

где q – расход сточных вод, м³/с; Q – расход воды в реке, м³/с; γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода, смешивается со сточной жидкостью в максимально загрязненной струе расчетного створа. Величина коэффициента смешения зависит от расстояния от выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру, от турбулентной диффузии и гидравлических условий в реке, извилистости последней, от места выпуска сточных вод (у берега, на стрежне и т.п.), времени года.

Фактически формула 2 применяется достаточно редко, поскольку при ее выводе предполагалось, что в воде водотока отсутствуют другие загрязняющие

вещества, обладающие тем же лимитирующим показателем вредности (ЛПВ). Если это правило не соблюдается (либо в воде водотока уже содержатся такие вещества, либо они поступают в водоток со сточными водами), то вместо $C_{ПДК}^i$ в формуле 2 применяют $C_{Норм}^i$ (нормализованная концентрация i -того загрязняющего вещества).

Значение $C_{Норм}^i$ каждого из загрязняющих веществ с одинаковым ЛПВ определяется по уравнению

$$\frac{C_{норм.}^1}{ПДК_1} + \dots + \frac{C_{норм.}^n}{ПДК_n} \leq 1. \quad (4)$$

Это уравнение для случая поступления в водоток сточной воды, содержащей несколько веществ с одинаковым ЛПВ, не имеет однозначного решения. В таких случаях при его решении учитываются его экономические последствия. Однако в любом случае значение $C_{Норм}^i$ в уравнении 2 не может быть меньше C_p^i .

Если концентрация какого-либо загрязняющего вещества в сточных водах окажется меньше допустимой концентрации этого загрязняющего вещества в сточных водах перед их сбросом в воду реки, то рассчитывать необходимую степень очистки от этого вещества не нужно.

2. Рассчитать степень очистки от загрязнителей, определяющих полное биохимическое потребление кислорода (БПКполн) смеси речной воды и сточных вод.

При поступлении стоков в реку снижение концентрации органических веществ, выраженное в БПК, происходит не только вследствие разбавления, но и из-за самоочищения воды.

Концентрация сточных вод (L_0), при которой БПК воды реки в ближайшем пункте водопользования ниже спуска сточных вод будет не больше принятых нормативов, находят по формуле:

$$L_0 = n \left[(L_{ПДК} - L_{см}) 10^{kt} - L_p \right] + L_p, \quad (5)$$

где n – степень разбавления, $L_{ПДК}$ – предельно-допустимое значение БПК (полное при 20° С) в воде водных объектов; $L_{см}$ – БПК, обусловленная метаболитами и органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега; k – константа неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК (вводится для учета изменения концентрации этих веществ во времени под действием

процесса, обуславливающего самоочищение воды и зависит о температуры речной воды); t – время протекания воды от места сброса сточных вод до расчетного створа, сут; L_p - БПК (полное при 20⁰ C) речной воды до сброса сточных вод, мг/л.

Значение L_{cm} принимается равным; для горных рек – 0,6-0,8 г/м³; для равнинных рек, протекающих по территории, почва которой не слишком богата органическими веществами – 1,7-2 г/м³; для рек болотного питания или протекающих по территории, с которой смывается повышенное количество органических веществ – 2,3-2,5 г/м³. Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то L_{cm} принимается равным нулю.

Величина коэффициента неконсервативности определяется по формуле:

$$k = 0,375[1,12(T + 1)^{-0,022}]^{T-20}, \quad (6)$$

где T – температура речной воды, ° C.

Если L_0 меньше БПК сточных вод, то перед их спуском в водоем обязательна их очистка до расчетного значения L_0 .

Необходимая степень очистки сточных вод ($\mathcal{E}_{БПК}$) в этом случае определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{БПК} = \frac{L_{cm} - L_0}{L_{cm}} 100\%, \quad (7)$$

где L_{cm} - полная биохимическая потребность (БПК) сточной воды в кислороде, мг/л.

3. Рассчитать необходимую степень охлаждения сточных вод перед сбросом их в водоем.

Сточные воды перед их сбросом в водоем должны иметь температуру, определяемую по формуле:

$$T_{cm}^p = nT_{доп} + T_p^{\max}, \quad (8)$$

где $T_{доп}$ - допустимое повышение температуры в реке, °C; T_p^{\max} - максимальная температура речной воды (до спуска сточных вод) в наиболее теплый месяц года, ° C; n – степень разбавления.

Если температура сточных вод больше расчетной температуры (T_{cm}^p), то перед спуском в водоем сточные воды должны быть охлаждены до расчетной величины.

4. Рассчитать ПДС загрязняющих веществ

Величины ПДС определяются для каждого загрязняющего вещества для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового

расхода сточных вод ($m^3/ч$) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества ($г/м^3$). Для расчета применяют следующие формулы:

$$ПДС = q C_{ПДС}^i ; \quad (9)$$

$$ПДС = q L_o . \quad (10)$$

Формула 9 применяется для веществ не участвующих в формировании БПК, а формула 10 – для веществ, формирующих БПК.

Подчеркиваем обязательность требования увязки сброса массы вещества, соответствующей ПДС, с расходом сточной воды. Например, уменьшение расхода сточных вод при сохранении величины ПДС будет приводить к концентрации вещества в водном объекте, превышающей ПДК.

Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Сточные воды

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход сточных вод, $м^3/с$	3	2,5	3,5	4	4,5	10	15	20	18	16
Концентрация взвешенных частиц, $мг/л$	180	250	210	375	321	165	195	570	350	205
Время протекания воды от места сброса до места водопотребления, час	1	2	1,5	2,5	3	4	4	3,5	6	5
БПК*, $мг/л$	89	105	220	176	240	890	570	240	145	580
Температура сточных вод, $^{\circ}C$	38	30	45	28	40	41	32	26	28	34
Содержание тяжелых металлов, $мг/л$: мышьяк, ртуть, свинец	0,07	0,09	0,02	0,04	0,14	0,36	0,01	0,08	0,23	0,02
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,01	0,06	0,01	0,1	0,05
	0,02	0,6	0,3	0,05	0,09	0,4	0,8	0,3	0,02	0,03

*Биохимическая потребность в кислороде (полная при $20^{\circ}C$)

Речная вода

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход воды, м ³ /с	26	36	40	83	129	210	312	465	369	314
Коэффициент смешения	0,15	0,2	0,4	0,14	0,19	0,21	0,17	0,35	0,18	0,19
Концентрация взвешенных частиц, мг/л	91	45	24	156	87	231	167	98	310	187
БПК*, мг/л	1,1	0,7	2,1	0,9	0,7	1,4	1,6	0,1	0,4	0,3
Максимальная летняя температура, °С	21	23	19	25	21	24	26	19	22	17
Содержание тяжелых металлов, мг/л: мышьяк, ртуть, свинец	0,01	0,05	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02
	отс	0,01	отс	отс	0,01	0,02	отс	отс	0,03	отс
	0,01	0,04	0,01	0,04	0,07	0,06	0,01	0,05	0,03	0,03

*Биохимическая потребность в кислороде (полная при 20 °С)

Хозяйственное назначение водоема

№ варианта	Цель водопользования
1	хозяйственно-питьевое
2	коммунально-бытовое
3	хозяйственно-питьевое
4	хозяйственно-питьевое
5	коммунально-бытовое
6	хозяйственно-питьевое
7	рыбохозяйственное (II категория)*
8	рыбохозяйственное (I категория)*
9	коммунально-бытовое
10	хозяйственно-питьевое

ПДК некоторых веществ в воде водных объектов, мг/л

Показатель	Цель водопользования			
	хозяйственно-питьевое	коммунально-бытовое	рыбохозяйственное, высшая и I категории	рыбохозяйственное II категории
Взвешенные вещества	+0,25*	+0,75*	+0,25*	+0,75*
БПК**	3	6	3	3
Свинец	0,1	0,1	0,1	0,1
Ртуть	0,005	0,005	0	0,005
Мышьяк	0,05	0,05	0,05	0,05
Температура воды	Допускается повышение не более чем на 3° по отношению к среднемесячной температуре самого жаркого месяца		Допускается повышение не более чем на 5° по отношению к естественной температуре воды, но общая температура воды не должна превышать 28° летом и 8° зимой	

* добавление к естественному содержанию в водоеме,

** биохимическое потребление кислорода (полное при 20 °С)

РАБОТА 2

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО СБРОСА (ПДС) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ВОДОЕМЫ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Цель работы

Определить предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ со сточными водами предприятий в водоемы различных видов водопользования.

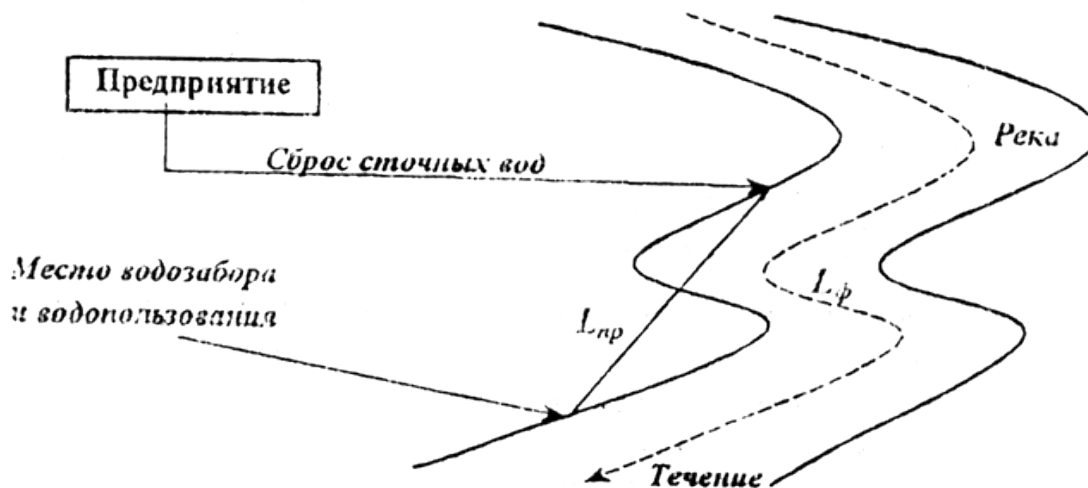


Рис.1. Ситуационная блок-схема сброса сточных вод в водоемы

Нормирование сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду производят путем установления ПДС веществ со сточными водами в водные объекты. ПДС – это масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте (створе). ПДС устанавливают с учетом ПДК в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

При сбросе сточных вод, влияющих на состояние водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых целей, нормы качества поверхностных вод или их природный состав и свойства должны соответствовать нормам на водотоках, начиная со створа, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого снабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.д.)

вплоть до самого места водопользования, а на водоемах – на акватории в радиусе одного километра от пункта водопользования.

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» ПДС устанавливают, исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов к самим сточным водам. Для производственных и хозяйственных сточных вод, отводимых в городские канализационные сети, ПДС не устанавливают.

Для расчета предельно допустимого сброса (ПДС) необходимо сначала определить степень полного разбавления n . Степень полного разбавления выражают кратностью разбавления:

$$n = \frac{Q + q}{q} \quad (11)$$

где Q – разбавляющая вода водоема, м³/с;

q – разбавляемая сточная вода, поступающая в водоем м³/с.

Многие факторы состояния реки, берегов и сточных вод влияют на быстроту перемешивания водных масс. Чем крупнее водоем, тем хуже условия для перемешивания, и тем дальше от места выпуска сточных вод отстоит пункт полного смешения.

Выпуск в водоемы сточных вод должен, как правило, осуществляться таким образом, чтобы была обеспечена возможность наиболее полного смешения 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 сточных вод смешение будет не полным. В связи с этим реальную кратность разбавления в общем случае следует определять по формуле:

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (12)$$

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

Условия спуска сточных вод в водоем принято оценивать с учетом их влияния на качество воды у ближайшего пункта водопользования, где и следует определять кратность разбавления.

Для расчета γ используются коэффициенты, учитывающие условия выпуска сточных вод и гидрологические особенности водоема:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \beta(Q/q)} \quad (13)$$

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L_\Phi}} \quad (14)$$

где e - основание натурального логарифма $e = 2,72$;

L_Φ - расстояние от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа по течению (по фарватеру) реки, км;

α - коэффициент, учитывающий гидрологические факторы смешения:

$$\alpha = \varepsilon \varphi \sqrt[3]{D/q} \quad (15)$$

где ε - коэффициент, зависящий от места выпуска стока в реку;

$\varepsilon = 1,0$ - при выпуске у берега,

$\varepsilon = 1,5$ - при выпуске в стрежне реки (глубокая часть речного русла с большой скоростью течения);

φ - коэффициент извилистости реки, который определяют по формуле:

$$\varphi = L_\Phi / L_{np} \quad (16)$$

где

L_{np} - расстояние между местом выпуска сточных вод и рассматриваемым створом по прямой, км;

D - коэффициент турбулентной диффузии (m^2/c), определяемый по формуле:

$$D = \frac{V_{cp} H_{cp} g}{2mC} \quad (17)$$

где

V_{cp} - средняя скорость течения, м/с;

H_{cp} - средняя глубина, м;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

m - коэффициент Буссинского, $m = 24$;

C - коэффициент Шези, $m^{1/2} / c$.

Значение коэффициента Шези выбирают по таблице 1.

Таблица 1.

Типы водотоков по характеристикам, определяющим условия сброса в них сточных вод (по А.В. Караушеву)

Тип	Группа	Перемешивание	Грунт	Коэффициент Шези C	Пример реки	$Q_{\text{ср. год}}$ (m^3/c)
Горные реки	Средние	Очень Хорошее	Валуны, галька, гравий	20-35	р. Чирчик - с. Ходжикент, р. Мзымта - п. Кенш	от 25 ÷ 50 до 250 ÷ 500
	Малые	Хорошее	Валуны, галька, гравий	15-30		от 2,5 ÷ 5,0 до 25 ÷ 50
	Ручьи	Хорошее	Валуны, галька	10-20		< 2,5 ÷ 5,0
Реки предгорий	Средние	Хорошее	Галька, гравий, песок	20-40	р. Белая - г. Стерлитамак, р. Кубань - г. Краснодар	от 25 ÷ 50 до 250 ÷ 500
Равнинные реки	Большие	Хорошее	Гравий, песок	40-70	р. Обь - г. Барнаул, р. Десна - г. Чернигов	> 250 ÷ 300
	Средние	Умеренное	Гравий, песок	30-60	р. Сула - д. Княжиха, р. Ока - г. Калуга	от 25 ÷ 50 до 250 ÷ 500
	Малые	Слабое	Песок, ил	30-50	р. Проня - д. Будино (бассейн р. Днепр)	от 2,5 ÷ 5,0 до 25 ÷ 50
	Ручьи	Умеренное	Песок, ил	10-30		< 2,5 ÷ 5,0
Равнинные реки с многоруким руслом		Умеренное или слабое	Гравий, песок, ил	25-60		

Расчет ПДС осуществляют по формуле:

$$ПДС = C_{пр.} \cdot q \quad (18)$$

Расчеты проводят только для консервативных не подвергающихся химическим превращениям веществ по санитарно-токсикологическому показателю вредности по формуле:

$$C_{пр.} \leq n \cdot (C_{ндк} - C_{ф.}) + C_{ф.} \quad (19)$$

где $C_{пр.}$ - максимальная (предельная) концентрация, которая может быть допущена в СВ, или тот уровень очистки СВ, при котором после их смешения с водой водоема у первого (расчетного) пункта водопользования степень загрязнения не должна превзойти установление предела Спдк, мг/л;

$C_{ф.}$ - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема до сброса СВ, мг/л.

Показатель содержания в воде взвешенных частиц рассчитывают по формуле:

$$C_{пр.в.в.} = n \cdot C_{доп.} + C_{ф.в.в.} \quad (20)$$

где $C_{пр.в.в.}$ - максимальная (предельная) концентрация взвешенных веществ в сточных водах при которой условия спуска их в водоем будут соответствовать санитарным требованиям, мг/л;

$C_{ф.в.в.}$ - фоновая концентрация взвешенных частиц до сброса сточных вод, мг/л;

$C_{доп.}$ - допустимое по нормативам увеличение содержания взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод:

$C_{доп.} = 0,25$ мг/л - для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования,

$C_{доп.} = 0,75$ мг/л - для культурно-бытового водопользования.

Согласно санитарным требованиям повышение температуры воды в водоеме также является фактором загрязнения, так как приводит к увеличению растворимости токсичных веществ и донных отложений, а также к развитию некоторых видов водорослей и планктона, приводящих к загрязнению водоема.

Расчет температуры проводят с учетом санитарных требований, чтобы летняя температура речной воды не повышалась в результате спуска сточных вод больше, чем на 3°C:

$$t_{ст.} = n \cdot t_{доп.} + t_{макс} \quad (21)$$

где $t_{ст}$ - температура сточных вод, при которой в пункте водопользования температура воды повышается не больше, чем допускается, °С;

$t_{доп}$ - допустимое по санитарным нормативам повышение температуры воды в водоеме не больше, чем на 3°С, $t_{доп} = 3^{\circ}\text{C}$;

$t_{макс}$ - максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время (средняя многолетняя), °С.

(<http://hi-edu.ru/e-books/xbook998/01/part-004.htm>)

Задание к работе

Вариант I Река Воронеж.

Максимальная среднегодовая температура воды $t_{макс} = 18^{\circ}\text{C}$; характер реки - равнинный; коэффициент Шези $C = 55$; расход разбавляющей воды водоема $Q = 65 \text{ м}^3/\text{с}$; средняя скорость течения реки $V_{ср} = 1,6 \text{ м/с}$; средняя глубина реки $H_{ср} = 1,8 \text{ м}$: фоновая концентрация взвешенных веществ $C_{ф.в.в.} = 30 \text{ мг/л}$; вид водопользования - культурно-бытовой.

Таблица 2.

Металлы	Cu	Ni	Zn	Pb	Cr
ПДКв, мг/л	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1
$C_{ф.} \text{, \% от ПДК}_{в}$	15	10	15	3	3

Таблица 3.

Номер варианта	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	L, км		Характер выпуска	Примеси (металлы)		
		$L_{ф}$	$L_{тгр}$		Cu	Ni	Zn
1	8	9	7	у берега	Cu	Ni	Zn
2	7	8	5	в стрежне реки	Ni	Zn	Pb
3	6	7	4	у берега	Zn	Cu	Cr
4	5	6	3	в стрежне реки	Cu	Ni	Zn
5	4	5	2	у берега	Ni	Zn	Pb
6	5	4	2	у берега	Cu	Zn	Pb
7	6	3	1	в стрежне реки	Cu	Zn	Cr

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать реальную кратность разбавления сточных вод в водоеме (водостоке) на расстоянии L (км) от места выпуска сточных вод.

2. Определить максимальные концентрации металлов и взвешенных частиц в сточных водах, допустимых к сбросу в водоем на расстоянии L (км) от места водопользования.
3. Задать температуру сточных вод, сбрасываемых в водоем на расстоянии L (км) от места водопользования.
4. Рассчитать ПДВ металлов и взвешенных частиц, допустимых к сбросу в водоем со сточными водами на расстоянии L (км) от места водопользования.
5. Рассчитать максимальные концентрации металлов и ПДС металлов, допустимых к сбросу в водоем со сточными водами в черте населенного пункта. (Примечание: при сбросе сточных вод в черте населенного пункта для загрязняющих веществ $C_{\text{спр}} = \text{ПДКв}$, мг/л).

Цит. по <http://hi-edu.ru/e-books/xbook998/01/part-004.htm> (Рекус И.Г. Методическое руководство по изучению дисциплины «Экология»)

РАБОТА 3 РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВЫБРОСАМИ

Цель работы. Научиться производить расчет возможного загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Ознакомиться с величинами предельно допустимых концентраций для воздуха рабочей зоны промышленных предприятий и населенных пунктов (Расчет..., 2007).

Краткие сведения из теории.

При проектировании промышленных предприятий требуется, в соответствии с Санитарными нормами СН 245-71, проводить расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Расчет проводят с целью определения загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов и промышленных площадок. Полученные расчетным путем концентрации вредных веществ в воздухе, сравнивают с величиной предельно-допустимых концентраций этих веществ в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий ($\text{ПДК}_{\text{рз}}$) и среднесуточной предельно-допустимой концентраций вредного вещества в воздухе населенных пунктов ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$), которые указаны в таблице 4.

При превышении этих концентраций необходимо предусмотреть мероприятия по снижению уровня загрязнения, например, повышения эффективности очистных устройств, сооружение газоочистных установок,

совершенство технологических процессов и установок, увеличение высоты труб, уменьшение выброса соседних предприятий.

При расчете загрязнения учитывается все одновременно действующие источники вредных выбросов, а также существующий фон загрязнения. При расчете степени загрязнения необходимо учитывать возникновение вблизи зданий при обтекании их воздушным потоком циркуляционных зон (замкнутых, плохо проветриваемых). С этой точки зрения промышленные здания делятся на два типа - узкие и широкие.

Здание считается узким, если его ширина не превышает 2,5 высоты здания ($B < 2,5 H_{зд}$). При обтекании воздушным потоком узкого здания над ним и за ним возникает единая циркуляционная зона, распространяемая от заветренной стороны здания на расстояние шесть его высот (6 $H_{зд}$). Высота этой зоны в среднем составляет 1,8 $H_{зд}$ (Рис. 2).

Здание считается широким, если его ширина превышает 2,5 высоты здания ($B > 2,5 H_{зд}$). При обтекании воздушным потоком широкого здания над ним возникает наветренная циркуляционная зона, длиной 2,5 $H_{зд}$ и высотой 0,8 $H_{зд}$, а за ним заветренная циркуляционная зона, длиной 4 $H_{зд}$ и высотой около $H_{зд}$.

Таблица 4.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ.

Вредное вещество	Химическая формула	ПДК _{крз}	ПДК _{сс}
Азота диоксид	NO_2	5	0.085
Алюминия оксид	Al_2O_3	2	0.02
Аммиак	NH_3	20	0.2
Ацетон	CH_3COOH_3	200	0.35
3,4 бензпирен	$C_{20}H_{12}$	0.00015	10^{-6}
Железа оксид	Fe_2O_3	6	0.04
Кремнеземсодержащая пыль	SiO_2	2	0.05
Медь	Cu	0.5	0.002
Никель	Ni	0.5	0.001
Озон	O_3	0.1	0.03
Сажа	C	4	0.05
Свинец	Pb	0.007	0.003
Серы диоксид	SO_2	10	0.05
Серная кислота	H_2SO_4	1	0.1
Сероводород	H_2S	10	0.008
Углерода оксид	CO	20	1

Фтористый водород	HF	0.5	0.005
Хромовый ангидрид	Cr ₂ O ₃	0.01	0.0015

Источники выброса вредных веществ могут быть точечными и линейными. Точечный источник - отдельная труба (рис. 3а). Линейный источник - аэрационные фонари здания, близко расположенные шахты и трубы (рис. 3б).

Загрязнения, создаваемые низкими источниками, рассчитывают в соответствии с “Руководством по расчету загрязнения воздуха на промышленных площадках”, разработанным ЦНИИП, БЦНИИОТ, 1975 г.

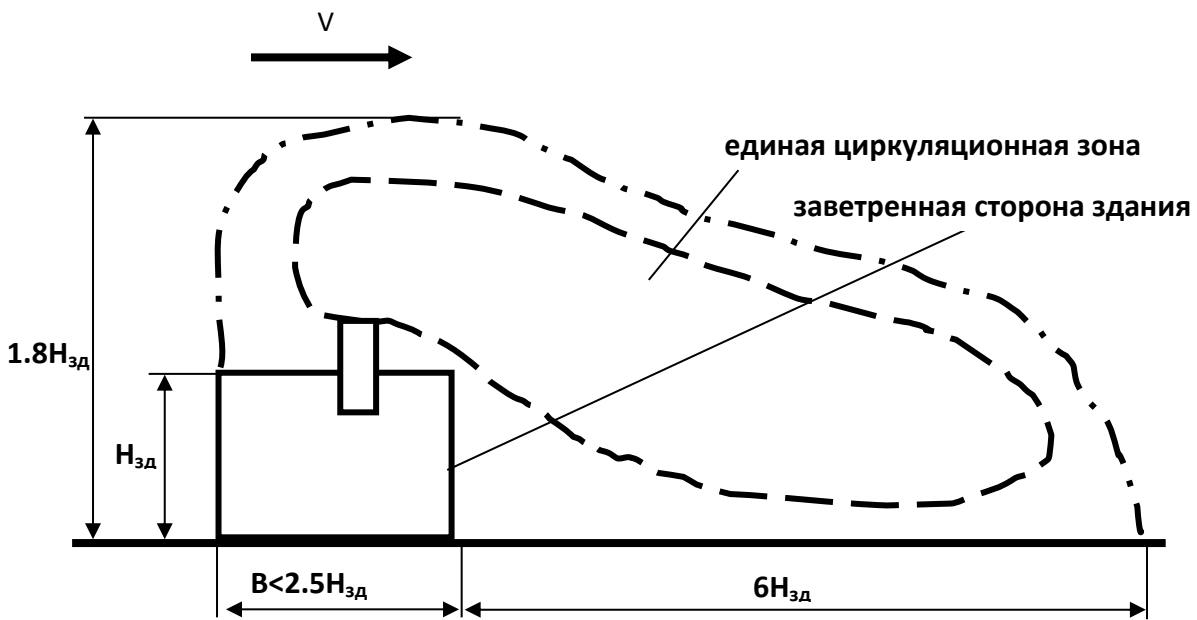


Рис. 2 (а) Узкое здание

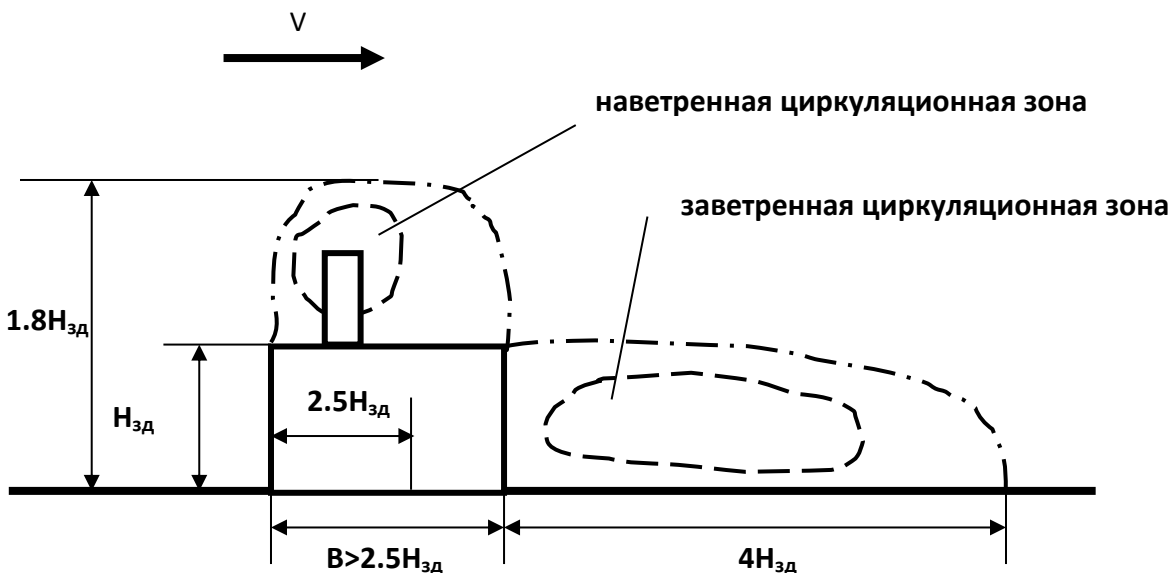


Рис.2(б) Широкое

Узкое отдельно стоящее здание		
Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Точечный	$0 \leq X \leq 6 H_{зд}$	$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left(\frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right)$
	$X > 6 H_{зд}$	$C = \frac{55 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot (1.4 \cdot L + B + X)^2}$
Линейный	$0 \leq X \leq 6 H_{зд}$	$C = \frac{2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 6 H_{зд}$	$C = \frac{7.2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

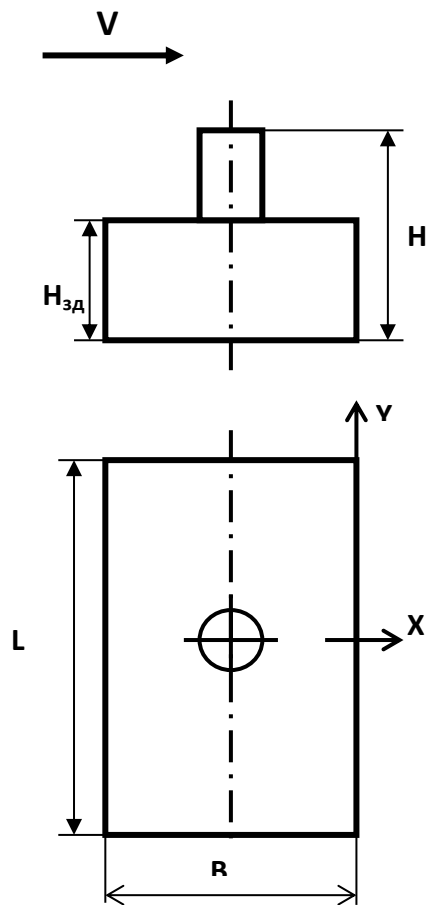


Рис. 3(а)

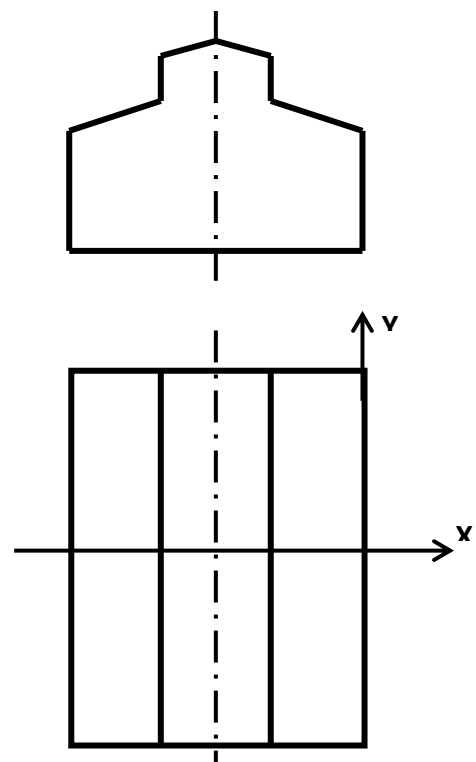


Рис. 3(б)

Широкое отдельно стоящее здание		
Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Точечный	$0 \leq X \leq 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{5.6 \cdot M \cdot k \cdot m \cdot S_1}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{15 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot L \cdot (B + X)}$
Линейный	$0 \leq X \leq 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{2.8M \cdot m \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{зд}}$
	$X > 4 \text{ Нзд}$	$C = \frac{7.2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

Расчет концентрации вредных веществ ведут с учетом вида здания - узкое или широкое, вида источника вредных выбросов – точечный или линейчатый. За расчетное принимают направление ветра перпендикулярное продольной стороне здания.

Условные обозначения:

C - концентрация вредных веществ, мг/м

M - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, г/с

K-безразмерный коэффициент, учитывающий возвышение устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону, K=1)

V - расчетная сила ветра, V = 1 м/с

Нзд- высота здания, м

L- длина здания, м

B- ширина здания, м

X-расстояние от заветренной стороны здания до расчетной точки, м

S₁-понижающий коэффициент, позволяющий определить концентрацию вредных веществ на расстоянии.

$$S_1 = e^{\frac{-30y^2}{(1.4L+B+X)^2}} \quad (22)$$

m-безразмерный коэффициент, показывающий, какое количество выделяемых источником примесей, участвующих в загрязнении атмосферы (m=1).

Задание к работе

1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А(0,0), Б(0,L/4). Для этого рассчитывается концентрация трех веществ в этих точках. Необходимым условием является выполнение соотношения:

$$C_A + C_{\Phi} \leq 0,3 * ПДК_{P3}$$

$$C_B + C_{\Phi} \leq 0,3 * ПДК_{P3}$$

Результаты расчета занести в таблицу 5.

Таблица 5

	C ₁ +C _{Ф1}	C ₂ +C _{Ф2}	C ₃ +C _{Ф3}
А (0,0)			
Б (0,L/4)			
0,3 ПДК _{P3}			

2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: X₁=0, X₂=50, X₃=100, X₄=150, X₅=200, X₆=250, X₇=300. Результаты расчета занести в таблицу 6.

Построить графики зависимости C=f(X). На графике также провести линию - ПДК_{сс}. Сравнить расчетные концентрации с ПДК_{сс}.

Таблица 6

X, Y=0	C ₁ +C _{Ф1}	C ₂ +C _{Ф2}	C ₃ +C _{Ф3}
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
ПДК _{сс}			

3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны, размером 1000м. Результаты расчета занести в таблицу 7.

Таблица 7

X, Y=0	C ₁ +C _{Ф1}	C ₂ +C _{Ф2}	C ₃ +C _{Ф3}
1000			
ПДК _{сс}			

4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Результаты расчета занести в таблицу 8.

Необходимое условие:

$$C_i + C_{\text{фи}} = \text{ПДК}_{\text{сси}}$$

Таблица 8

$X_1 =$	
$X_2 =$	$X_{\text{мах}} =$
$X_3 =$	

4. Пример расчета

Исходные данные

Источник - точечный
$L = 48 \text{ м}$
$B = 24 \text{ м}$
$H_{\text{зд}} = 12 \text{ м}$
$H = 15 \text{ м}$
Вредное вещество - аммиак
$M = 150 \text{ г/с}$
$C_{\text{ф}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$

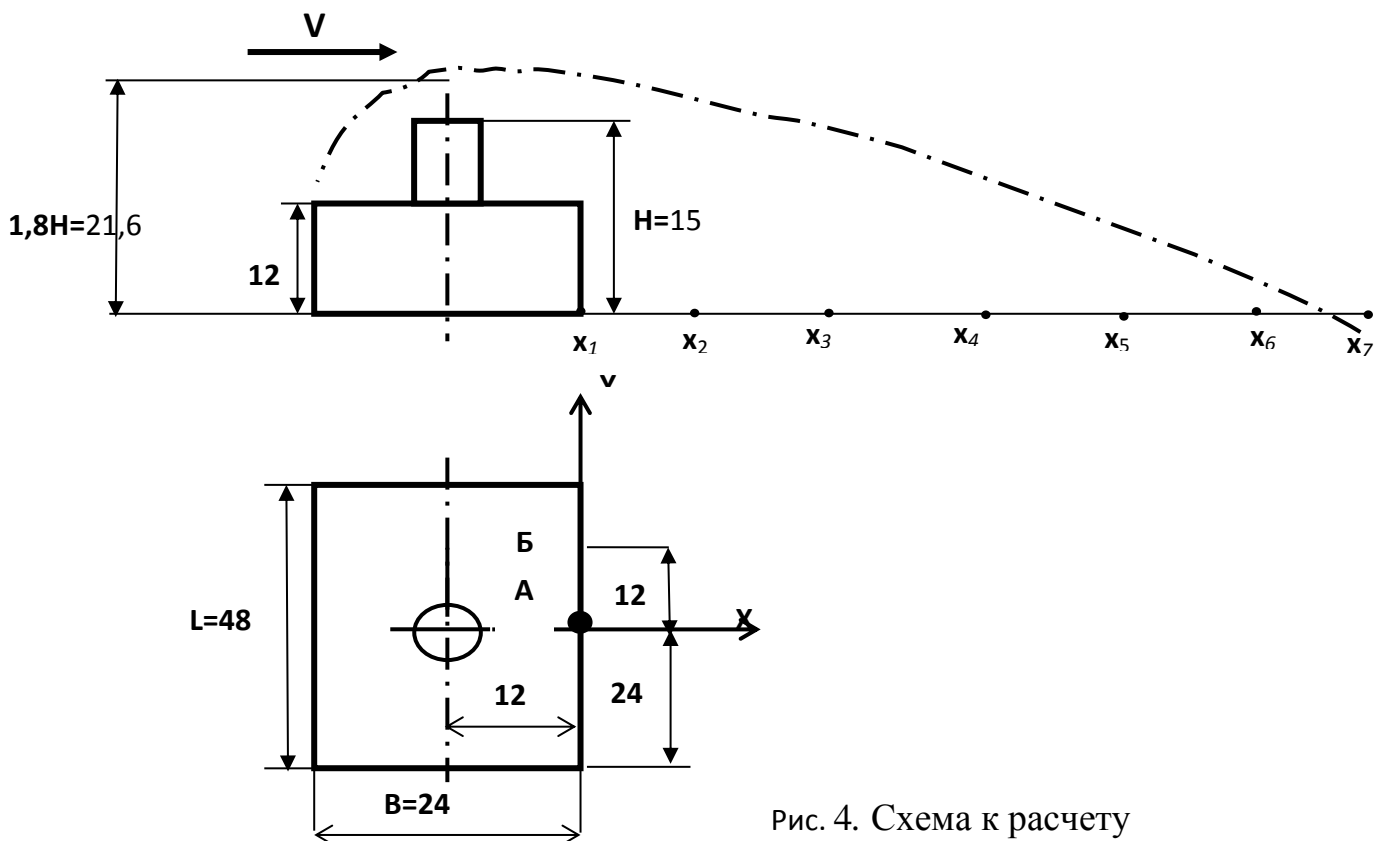


Рис. 4. Схема к расчету

Из таблицы 4 находим ПДК_{крз} = 20 мг/м³
 ПДК_{сс} = 0,2 мг/м³

Расчет 1:

т.А(0,0), т.Б(0,12)

Т.к. 2,5Нзд=30м, т.е. меньше В=24м, следовательно, здание относится к узким, и расчеты ведем по следующим формулам.

при $0 \leq X \leq 6$ Нзд ($0 \leq X \leq 72$ м)

$$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left(\frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right)$$

при $X > 6$ Нзд ($X > 72$ м)

$$C = \frac{55M \cdot K \cdot S_1}{V(1.4L + B + X)^2}$$

В точках А и Б X=0, поэтому расчет ведем по формуле 1.

Концентрация аммиака в т.А:

$$x=0, y=0 \quad S_1=1$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \cdot \left(\frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 1.18 \text{ мг/м}^3$$

С учетом фоновой концентрации реальная концентрации аммиака в т.А составляет:

$$C_A = C + C_{\Phi} = 1,18 + 0,01 = 1,19 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация аммиака в т.Б (x=0, y =12м):

$$S_1 = e^{-\frac{30 \cdot 12^2}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2}} = e^{-0.52} = 0.59$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \cdot \left(\frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 0.59}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 0.78 \text{ мг/м}^3$$

$$C_B + C_{\Phi} = 0,784 + 0,01 = 0,794 \text{ мг/м}^3$$

Таблица 9

	C+C _Φ , мг/м
--	-------------------------

А (0,0)	1,19
Б (0,12)	0,794
0,3ПДК _{РЗ}	6

Вывод: концентрация аммиака не превышает допустимую концентрацию в точках А и Б, поэтому возможно размещение приемных отверстий приточной вентиляции, через которые воздух подается в цех, в этих точках.

Расчет 2.

Расчет концентрации ведется по оси X, поэтому $y=0$ и $S_1=1$.

Расчетные формулы:

$$0 \leq x \leq 72\text{м}$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \left(\frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1.4 \cdot 48 + 24 + x)^2} \right) = 0.203 + \frac{8190}{(91.2 + x)^2}$$

$$x > 72\text{м}$$

$$C = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1.4 \cdot 48 + 24 + x)^2} = \frac{8250}{(91.2 + x)^2}$$

Результаты расчета приведены в таблице 10 и на рисунке 5.

Таблица 10

X, м	C+C _ф , мг/м ³
0	1,19
50	0,624
100	0,236
150	0,152
200	0,107
250	0,0809
300	0,0639
ПДК _{сс}	0,2

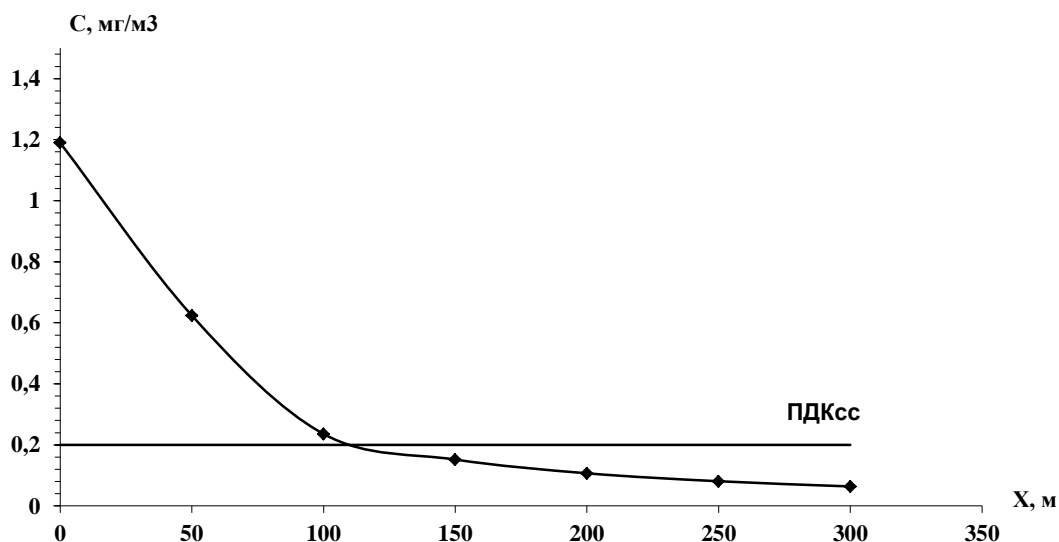


Рис. 5. Схема расчета

Вывод: концентрация аммиака превышает ПДКсс до расстояния 120 м.

Расчет 3.

X = 1000 м, расчет ведем по формуле 2.

$$C = \frac{55 \cdot K \cdot S_1}{V \cdot (1.4L + B + X)^2} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1.4 \cdot 48 + 24 + 1000)^2} = 0.00693 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$C + C_{\Phi} = 0,00693 + 0,01 = 0,01693$$

Результаты расчета приведены в таблице 8

Таблица 11.

X, Y=0	C+C _Ф , мг/м ³
1000	0,01693
ПДКсс	0,2

Вывод: возможно размещение жилых домов на границе санитарной зоны.

Расчет 4.

$$C + C_{\Phi} = \text{ПДКсс}$$

$$\frac{55 \cdot M \cdot K \cdot S_1}{V(1,4L + B + X)^2} + 0,01 = 0,2$$

$$\frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1(1,4 \cdot 48 + 24 + X)^2} + 0,01 = 0,2$$

$$X = 117 \text{ м}$$

Результаты расчета приведены в таблице 12

Таблица 12

$X_1 = 117$	$X_{\text{max}} = 117$
-------------	------------------------

Вывод: жилые дома можно строить на расстоянии 117 м. (Расчет..., 2007).

Варианты заданий

Согласно заданного варианта выполнить расчеты концентраций вредных веществ по табл. 13.

В табл. 13 приняты следующие обозначения:

L - длина здания, м

B - ширина здания, м

Нзд - высота здания, м

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в единицу времени, г/с

Cф - фоновая концентрация вредного вещества, мг/м

Таблица 13.

Исходные данные.

№	Вид источника	Габариты здания, м			Высота трубы H, м	Вещество 1		
		L	B	H		Название	M ₁ , г/с	C _{ф1} , мг/м ³
1	точечный	40	24	10	15	SiO ₂	200	0,01
2	точечный	42	20	12	18	Al ₂ O ₃	180	0
3	точечный	44	18	14	22	NO ₂	160	0,002
4	точечный	46	28	10	17	NH ₃	80	0,006

5	точечный	48	32	12	18	O ₃	10	0
6	точечный	36	24	8	12	CH ₃ COO H ₃	20	0
7	линейный	40	20	12	16	NO ₂	100	0,01
8	линейный	42	26	14	18	Cr ₂ O ₃	2,5	0
9	линейный	44	24	16	20	H ₂ SO ₄	80	0,01
10	линейный	50	28	10	15	NO ₂	100	0,01
11	линейный	48	32	12	16	NH ₃	100	0,08
12	линейный	60	36	10	16	NO ₂	80	0,01
13	точечный	60	40	15	18	Cu	19	0
14	точечный	48	36	13	19	CO	110	0,02
15	точечный	48	28	10	13	HF	10	0
16	точечный	72	36	11	16	NH ₃	100	0,006
17	точечный	48	40	12	15	Cr ₂ O ₃	2,2	0
18	точечный	60	36	12	16	Ni	1,8	0
19	линейный	60	42	16	19	NO ₂	80	0,01
20	линейный	60	46	18	20	Fe ₂ O ₃	300	0,01
21	линейный	48	36	12	14	SiO ₂	160	0,01
22	линейный	50	36	16	18	SO ₂	100	0,002
23	линейный	52	24	10	13	Al ₂ O ₃	110	0
24	линейный	48	24	12	18	O ₃	8,0	0
25	точечный	40	20	10	15	C	100	0,001
26	точечный	80	40	16	20	CH ₃ COO H ₃	10	0,02
27	линейный	120	46	12	18	SiO ₂	180	0,002
28	линейный	100	60	14	19	NO ₂	150	0
29	точечный	60	30	15	20	NO ₂	60	0,005
30	линейный	90	24	12	22	NH ₃	100	0,01

Продолжение таблицы 13 – Исходные данные

№	Вещество 2			Вещество 3		
	Название	M ₂ , г/с	C _{ф2} , мг/м ³	Название	M ₃ , г/с	C _{ф3} , мг/м ³
1	C	180	0,01	SO ₂	80	0,004
2	Fe ₂ O ₃	250	0	CO	100	0,02
3	CO	120	0,1	SiO ₂	100	0,01
4	SiO ₂	180	0,004	C ₂₀ H ₁₂	0,3	0
5	H ₂ S	120	0	SO ₂	140	0,01
6	CO	100	0,01	SO ₂	60	0,001
7	CO	120	0,03	C ₂₀ H ₁₂	0,5	0
8	Ni	3,0	0	CO	140	0,08
9	H ₂ S	100	0,001	HF	16	0
10	C	190	0,01	Al ₂ O ₃	25	0
11	H ₂ SO ₄	120	0	CH ₃ COOH ₃	1,4	0,07
12	H ₂ S	120	0	C ₂₀ H ₁₂	0,1	0
13	Ni	2,6	0	Pb	3,8	0,001
14	SO ₂	140	0,01	C ₂₀ H ₁₂	0,9	0
15	H ₂ S	110	0	SO ₂	200	0,01
16	Ni	1,8	0	O ₃	2,6	0,001
17	Pb	0,24	0,001	HF	16	0
18	Fe ₂ O ₃	210	0,01	H ₂ S	12	0
19	CO	120	0,03	Pb	2,0	0
20	SiO ₂	260	0,002	C	200	0
21	SO ₂	120	0,003	O ₃	8,0	0
22	Fe ₂ O ₃	180	0,01	H ₂ S	160	0
23	HF	12	0	NH ₃	140	0,03
24	H ₂ SO ₄	140	0,02	SiO ₂	180	0,01
25	Al ₂ O ₃	20	0	NH ₃	100	0,01
26	C ₂₀ H ₁₂	0,1	0	Fe ₂ O ₃	50	0,002

27	Cu	11	0	NiO	0,8	0
28	SO ₂	120	0,003	CO	90	0,1
29	H ₂ SO ₄	150	0,001	C	100	0,003
30	H ₂ S	120	0,001	HF	15	0

Цит. по (Расчет..., 2007).

Литература

Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – СанПиН 2.1.6.983–00. – Москва, 2000.

Гигиенические требования к обеспечению качества охраны атмосферного воздуха населенных мест. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – СанПиН 2.1.6.1032–01. – Москва, 2001.

ГН 2.1.6.695 – 98. Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест.

ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения

Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

Методические рекомендации по определению реальной нагрузки на человека химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, водой и пищевыми продуктами. (Утв. нач. ГСЭУ Минздрава СССР, N 2983-84 от 30.03.84). – М., 1986. – 41 с.

Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 04.05.1999, N 96-ФЗ (ред. от 23.07.2013)

Оценка воздействия на компоненты природной среды: лабораторный практикум / сост.: А.В. Таловская, Л.В. Жорняк, Е.Г. Языков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2014. – 88 с.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы. – ГН 2.1.6.1338-03. – Москва, 2003. – 54 с.

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами: Методические указания по выполнению практических работ по курсу “Экология”/ НГТУ; Сост.: Н.П.Гогин, О.В.Маслеева. - Н.Новгород, 2007. - с. 15.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госкомгидромет СССР, МЗ СССР. (Утв. зам. предс. Госкомгидромета СССР 01.06.1989, Главным гос. сан. врачом СССР 16.05.1989). – РД 52.04.186-89. – Москва, 1991. – 683 с.

СН 245-71. «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»

Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г. Старовойта. – М.: Стройиздат, 1978, 340 с.

<http://hi-edu.ru/e-books/xbook998/01/part-004.htm> (Рекус И.Г.

Методическое руководство по изучению дисциплины «Экология»)

<http://lib.ssga.ru/fulltext/UMK.pdf> (1 семестр, Экология, сборник контрольных заданий и задач, практическая работа № 4).