Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП «ИНВЭЛ»

СТО 70238424.13.020.30.001-2010

Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и тепла в поверхностные водные объекты со сточными водами тепловых электрических станций и котельных

Дата введения 2010-07-20

Издание официальное

Москва
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Стандарт организации «Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и тепла в поверхностные водные объекты со сточными водами тепловых электрических станций и котельных» разработан в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и Водным кодексом Российской Федерации и основывается на постановлении Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2006 года № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты» и постановлении Правительства РФ от 23 июля 2007 г. № 469 «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».

Стандарт организации устанавливает способы и критерии расчета, согласования и утверждения нормативов допустимого сброса (НДС) и лимитов на сбросы загрязняющих веществ и тепла в поверхностные водные объекты тепловыми электростанциями и котельными.

Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН:

ОАО «Всероссийский дважды Ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»),

ОАО «Ордена Трудового Красного Знамени комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии» (ОАО «НИИ ВОДГЕО»).

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом НП «ИНВЭЛ» от 07.07.2010 №43.

3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

© НП «ИНВЭЛ», 2010

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Назначение и область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 2
3 Термины и определения ... 2
4 Принятые сокращения и обозначения ... 3
5 Основные принципы и условия для установления нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты ... 3
6 Лимиты на сбросы загрязняющих веществ в водные объекты ... 6
7 Состав необходимой информации для расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты ... 7
8 Методика расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов отдельного выпуска в водные объекты (водоток, водоем, прибрежную часть морей) ... 9
9 Методика расчета норматива допустимого сброса тепла в водный объект ... 19
10 Согласование, утверждение и контроль соблюдения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты и их лимитов ... 23
Приложение А (рекомендуемое) Классификация сточных вод тепловых электростанций и мероприятия по снижению поступления загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты ... 24
Приложение Б (справочное) Пример расчета кратности разбавления при выпуске сточных вод в водоток ... 26
Приложение В (справочное) Пример расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов при выпуске сточных вод в водоем ... 28
Приложение Г (справочное) Пример расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты от отдельного выпуска сточных вод в прибрежную зону моря ... 32
Приложение Д (справочное) Пример расчета температуры при сбросе теплосодержащих вод в водоток ... 35
Библиография ... 37

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ НП «ИНВЭЛ»

Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и тепла в поверхностные водные объекты со сточными водами тепловых электрических станций и котельных

Дата введения **2010-07-20**

1 Назначение и область применения

Настоящий стандарт предназначен для водопользователей, а также проектно-конструкторских, наладочных и научно-исследовательских организаций, выполняющих расчеты нормативов допустимого сброса и лимитов на сброс и имеющих в соответствии с законодательством Российской Федерации соответствующие права.

Настоящий стандарт устанавливает:

– состав исходных данных и материалов, используемых при разработке нормативов допустимых сбросов;

– методы расчета нормативов допустимого сброса;

– порядок расчета и утверждения нормативов допустимого сброса.

Область применения настоящего стандарта распространяется на установление нормативов допустимого сброса в поверхностные водные объекты: в водотоки (реки, ручьи, каналы), водоемы (озера, пруды, водохранилища) и прибрежные части морей.

Область применения настоящего стандарта не распространяется на нормирование сброса сточных вод в подземные водные объекты (артезианские бассейны, водоносные горизонты), болота, ледники, снежники, водосборные площади, емкости, гидравлически не связанные с поверхностными водными объектами и относящиеся к недвижимому имуществу (испарители, накопители). Действие настоящего стандарта не распространяется на установление условий приема производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых в системы канализации, и на разработку нормативов допустимых сбросов для радиоактивных веществ.

Нормативы допустимого сброса входят в состав обосновывающих документов для выдачи разрешения на право использования водных объектов, в том числе решения о праве использования водных объектов для сброса сточных вод; при определении лимитов и квот на сбросы сточных вод, а также применяются при осуществлении государственного надзора (контроля) за использованием водных ресурсов, установлении размеров платежей, наложении штрафов и предъявлении исков о возмещении ущерба в случае нарушения водного законодательства, оценке эффективности водоохранных мероприятий и других задач, связанных с рациональным природопользованием.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы и стандарты:

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ

Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»

Постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.1997 № 1009 «Об утверждении Правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации»

Постановление Правительства Российской Федерации от 25.12.2006 № 801 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов»

Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2006 № 844 «О порядке подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта в пользование»

Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2006 № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты»

Постановление Правительства Российской Федерации от 10.04.2007 № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов»

Постановление Правительства Российской Федерации от 23.07.2007 № 469 «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей

ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Основные термины и определения

ГОСТ 27065-86 Качество воды. Термины и определения

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 17.1.3.07 - 82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены понятия в соответствии Водному кодексу Российской Федерации и Федеральному закону «Об охране окружающей среды», термины в соответствии ГОСТ 17.1.1.01, ГОСТ 27065, ГОСТ 19179, ГОСТ 17.1.3.07, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **контрольный створ**: Поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

3.2 **нормируемые загрязняющие вещества:** Загрязняющие вещества, по которым устанавливаются нормативы допустимых сбросов и лимиты на сбросы загрязняющих веществ.

4 Принятые сокращения и обозначения

НДВ - нормативы допустимого воздействия

НДС - нормативы допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты

ЛПВ - лимитирующий признак вредности

ОДУ - ориентировочно допустимый уровень

ОБУВ - ориентировочно безопасный уровень воздействия

ПДК - предельно допустимая концентрация

$ПДК_{в}$ - предельно допустимая концентрация вещества в воде водного объекта питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного использования

$ПДК_{Р}$ - предельно допустимая концентрация вещества в воде водного объекта рыбохозяйственного использования

СКИОВО - схема комплексного использования и охраны водных объектов

5 Основные принципы и условия установления нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты

5.1 НДС устанавливаются для каждого выпуска сточных вод ТЭС и котельных, исходя из условия недопустимости превышения нормативов качества вод в контрольном створе или на участке водного объекта с учетом ассимилирующей способности водного объекта. Нормативы качества воды водных объектов устанавливаются исходя из условий их целевого назначения.

5.2 Целевое назначение (категория) водного объекта определяется по данным государственного водного реестра либо по данным «Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО)», разрабатываемым согласно постановлению Правительства РФ от 30 декабря 2006 г. № 883 и Методическим указаниям по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов [4].

5.3 Для ТЭС и котельных производится расчет НДС, выполняемый водопользователем или по его заказу специализированными научными, проектными и др. организациями, имеющими право на проведение подобных работ, на основании предоставляемых территориальными органами Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета) данных о гидрологических и гидрохимических характеристиках водного объекта.

5.4 Условия сброса сточных вод с установленными НДС для отдельного выпуска должны учитывать общие ограничения и требования, установленные СанПиН 2.1.5.980-00 [1], к которым относятся:

- определение водных объектов или их участков, сброс на которые запрещен либо требует особых критериев;
- наличие или отсутствие возможности учета ассимилирующей способности водного объекта, включая степень смешения;
- определение возможности индивидуального расчета;
- установление контрольного створа;

5.5 Для водных объектов, используемых в целях питьевого и хозяйственного водоснабжения, здравоохранения, рекреации, установлены гигиенические нормативы состава и свойств воды в виде предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водного объекта. Гигиенические нормативы регламентируются:

- Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.5.980-00 [1]
- Гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.1315-03 [2].
- Гигиеническими нормативами ГН 2.1.5.2307-07 [3].

5.6 Для водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях (сохранения, воспроизводства и добычи рыбных ресурсов), устанавливаются рыбохозяйственные нормативы состава и свойств воды, предусмотренные Приказом Росрыболовства [9].

5.7 Для поверхностных водных объектов, используемых в других целях, устанавливаются соответствующие нормативы состава и свойств воды, отвечающие условиям целевого использования данного поверхностного водного объекта или его части.

5.8 В случаях использования водного объекта в различных целях к составу и свойствам воды предъявляются наиболее жесткие нормативы качества воды из числа установленных.

5.9 Если в водном объекте под воздействием природных факторов по отдельным веществам, являющимся компонентами природного состава воды (фоновым показателям), наблюдается превышение соответствующих нормативов качества воды, то НДС по этим показателям устанавливается исходя из условий соблюдения в контрольном створе сформировавшегося фонового качества воды.

В таком случае могут быть установлены региональные (для речной системы) и локальные (для участка поверхностного водного объекта) нормативы качества вод.

Региональные гигиенические нормативы качества вод должны быть согласованы и утверждены Главным Государственным санитарным врачом Российской Федерации по заключению Главного Государственного санитарного врача субъекта Российской Федерации;

Региональные нормативы качества вод рыбохозяйственных водных объектов устанавливаются в соответствии с Приказом Росрыболовства [8] и должны быть согласованы и утверждены федеральным органом рыбоохраны по представлению территориального органа рыбоохраны.

5.10 При сбросе теплообменных вод ТЭС нормативы допустимых сбросов устанавливаются с учетом допустимых приращений к концентрациям нормированных веществ в воде водного объекта в месте водозабора (при условии водопользования одним водным объектом). Величина приращения при неизменной массе загрязнений определяется технологически обоснованными потерями воды на испарение. Если забор исходной и сброс охлаждающей воды производятся в разные водные объекты, то при расчете НДС следует учитывать природные региональные нормативы качества воды (фон).

При сбросе теплосодержащих теплообменных вод должен соблюдаться температурный режим водного объекта.

5.11 НДС устанавливаются только для веществ, которые были привнесены в водный объект водопользователем в процессе производственной и/или иной деятельности, и сброс которых в водные объекты оказывает или может оказать на них негативное воздействие.

5.12 По эпидемиологическому критерию сброс сточных вод в водные объекты разрешен только после очистки и обеззараживания до числа термотолерантных колиформных бактерий КОЕ/100 $см^3 \leq 100$, числа общих колиформных бактерий КОЕ/100 $см^3 \leq 500$ (для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест) и КОЕ/100 $см^3 \leq 1000$ (для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности), числа колифагов БОЕ/100 $см^3 \leq 10$ [1].

Сброс сточных вод, содержащих возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы, в водный объект не допускается [1].

5.13 Сброс веществ на уровне установленных НДС допускается на основании Разрешений, выданных территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [7].

5.14 Расчетные гидрологические характеристики для установления НДС в зависимости от типа водоприемника принимаются следующие:

– для незарегулированных водотоков – минимальный среднемесячный расход зимней и летней межени года 95% обеспеченности;

– для зарегулированных водотоков – установленный гарантированный расход воды ниже створа регулирования;

– для водоемов – наименее благоприятный режим, определенный путем сопоставления расчетов для волнового воздействия, условий сработки и наполнения водоемов.

5.15 Для веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности, при всех видах водопользования НДС устанавливаются так, чтобы для веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ), содержащихся в воде водного объекта, сумма отношений концентраций указанных веществ к соответствующим ПДК не превышала 1 (единицу).

5.16 НДС устанавливается:

– на срок до 5 лет для постоянных источников загрязнения;

– на срок до 3 лет для периодических источников загрязнения.

Досрочному пересмотру НДС подлежат в случаях:

– изменения водохозяйственной обстановки;

– изменения гидрологических характеристик водного объекта;

– изменения вида и объема выпускаемой продукции, потребляемого сырья, технологии производства и связанного с этим изменения состава сточных вод;

– изменения объемов водоотведения, пересмотра норм водоотведения и

связанных с этим изменений концентраций веществ в сточных водах;

– изменения нормативов качества воды в водном объекте;

– получения новых данных о степени опасности вещества, содержащегося в сточных водах;

– изменения иных параметров, используемых при расчете НДС.

5.17 При использовании ориентировочно допустимых уровней (ОДУ) химических веществ в качестве норм качества воды в водных объектах, НДС на эти вещества устанавливаются на срок не более трех лет – до установления ПДК, при использовании рыбохозяйственных ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) НДС устанавливаются на срок не более двух лет - до установления ПДК на эти вещества.

5.18 Вопрос о продлении срока действия НДС решается на основании информации, ежегодно представляемой водопользователем, о неизменности технологических процессов и состава сточных вод, достоверность которой подтверждается результатами государственного экологического контроля или результатами проведения очередной инвентаризации сброса, а также на основании информации о качественном изменении состава воды в водном объекте и других необходимых сведений.

5.19 При наличии утвержденных НДВ по водному объекту или его участку НДС разрабатывается на основании НДВ по химическому и тепловому воздействию в соответствии с Методическими указаниями [6].

В настоящей Методике приведены способы расчета НДС веществ и тепла в водный объект, для которого НДВ не разработаны.

6 Лимиты на сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

6.1 В случае, если при утверждении нормативов допустимых сбросов установлено, что их достижение водопользователем не обеспечивается, согласно статье 23 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» разрабатывается и согласуется план снижения сбросов вредных (загрязняющих) веществ в окружающую среду, на основании которого водопользователю устанавливается лимит на сброс. План снижения сбросов разрабатывается самим водопользователем или по его заказу научно-исследовательской или проектно-конструкторской организацией.

6.2 Лимиты устанавливаются на текущий момент и ближайшую перспективу с учетом нормативных сроков реализации плана водоохранных мероприятий. При наличии установленных лимитов на сбросы срок действия разрешения на сброс составляет один год со дня выдачи разрешения.

6.3 Сбросы веществ в пределах лимитов допускаются на основании разрешений, выданных территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзора).

6.4 Лимиты на сбросы должны быть технологически достижимыми и экономически приемлемыми.

6.5 Предельные величины показателей загрязнения и концентраций загрязняющих веществ, регламентируемых лимитами на сбросы, не могут быть:

– больше фактически достигаемых с применением реализованных на момент установления лимитов технологии производства или очистки воды;

– меньше достигаемых с применением наилучшей существующей (доступной) технологии производства или очистки воды;

– меньше, чем рассчитанные при установлении НДС.

6.6 Для установления лимитов сточные воды должны быть очищены до уровней, соответствующих проектным параметрам очистки действующих очистных сооружений.

6.7 Для проектируемых предприятий, предполагающих сброс сточных вод в водные объекты, лимиты на сбросы не устанавливаются.

В Приложении А приведена классификация сточных вод ТЭС и мероприятия по сокращению поступления загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты.

7 Состав необходимой информации для расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты

7.1 Исходные параметры

Исходные параметры для расчета НДС должны содержать:

– данные об использовании водного объекта (экологическое состояние, виды использования, баланс водопотребления и водоотведения, схема расположения водозаборов и выпусков сточных вод);

– фоновые (естественные) показатели качества воды в водном объекте;

– гидрологические характеристики водного объекта в год 95% обеспеченности (расход, скорость течения, глубина);

– показатели качества исходной воды;

– расходы забираемой воды из водного объекта на производственные и другие нужды;

– расход сточных вод;

– данные о составе и свойствах сточных вод, сбрасываемых в водный объект.

– информация о допустимости использования веществ и препаратов, применяемых в производственном цикле;

– перечень нормируемых и контролируемых веществ;

– метеорологические условия.

Фоновые показатели должны содержаться в государственном водном реестре и выдаваться территориальными органами Минприроды РФ по запросам водопользователей.

Объемы забираемой из водных объектов воды на хозяйственные нужды и расходы сточных вод принимаются по данным формы 2ТП-водхоз, разрешитель-

ной документации на забор воды и сброс стоков или по проектным данным.

7.2 Нормируемые и контролируемые показатели качества исходной и сточной воды

Перечень нормируемых и контролируемых показателей качества исходной и сточной воды формируется на основе информации об использовании реагентов, материалов, препаратов и других веществ на конкретном предприятии и анализе данных о качестве воды, забранной из водного объекта; о качестве воды, поступающей из других источников и качестве собственно сточных вод. Если доказано, что источником сброса перечисленных веществ является указанное предприятие (водопользователь), вещества включаются в список нормируемых, даже если их содержание в сточной воде не превышает ПДК.

Для ТЭС и котельных обязательный перечень нормируемых и контролируемых показателей состава сточных вод приведен в таблицах 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1 Обязательный перечень нормируемых и контролируемых показателей состава сточных вод ТЭС (Перечень показателей сточных вод из системы гидрозолоудаления согласуется дополнительно в зависимости от марки сжигаемого угля)

Показатели состава	Размерность	Источники сброса		
		ГЗУ*	Водоподготовка*	Оборотная система охлаждения с градирнями**
1 Взвешенные вещества	мг/дм^3	+	+	+
2 pH	ед. pH	+	+	+
ЗБПК	мг/дм^3	+	-	-
4 Минерализация	мг/дм^3	+	+	+
5 Хлориды (Cl^-)	мг/дм^3	+	±**	±**
6 Сульфаты (SO_4^{-2})	мг/дм^3	+	±**	±**
7 Нефтепродукты	мг/дм^3	+	+	+
8 Кальций (Ca^{+2})	мг/дм^3	+	_	-
9 Железо (Fe^{+3})	мг/дм^3	+	±**	_
10 Алюминий (Al^{+3})	мг/дм	+	±**	-
11 Медь (Cu^{+2})	мг/дм^3	-	-	+
* С учетом коэффициента безвозвратных потерь.				
** Контролируются в зависимости от применяемого реагента.				
Примечание: В сбросных водах систем охлаждения прямоточных и оборотных систем с прудом-охладителем контролируются загрязняющие вещества по позициям 1-11 показателей состава сточных вод, перечень которых согласовывается с территориальными органами МПР				

Таблица 7.2 - Обязательный перечень нормируемых и контролируемых микропримесей в сточной воде систем ГЗУ ТЭС

Показатель состава	Размерность	ГЗУ
Марганец (Mn)	мг/дм^3	+
Ванадий (V)	мг/дм^3	+
Мышьяк (As)	мг/дм^3	+
Селен (Se)	мг/дм^3	+
Фтор (F)	мг/дм^3	+
Хром (Cr)	мг/дм^3	+

8 Методика расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов отдельного выпуска в водные объекты (водоток, водоем, прибрежную часть морей)

Основным фактором при расчете НДС веществ отдельного выпуска является кратность разбавления сточных вод водой водоема, определяемая соотношениями расходов водного объекта и сбрасываемых сточных вод и концентраций веществ в воде водного объекта и в сбрасываемых в него сточных водах.

Величина НДС определяется по формуле:

$$НДС_i = q \cdot C_{НДС\,i} \qquad (2)$$

где q – расчетный максимальный часовой расход сточной воды на выпуске в водный объект, м^3/ч (принимается по проектным материалам);

$C_{НДС\,i}$ – значение концентрации i-ого загрязняющего вещества в сточных водах, обеспечивающее нормативное качество воды в водном объекте в контрольном створе, мг/дм^3.

$C_{НДС\,i}$ определяется по балансовому уравнению:

$$C_{НДС_i} = \frac{Q+q}{q}\left(C_{Н_i} - C_{Ф_i}\right) + C_{Ф_i} \qquad (3)$$

где Q – расчетный расход воды водного объекта, м^3/ч

C_{Hi} - предельно допустимая концентрация или нормативное содержание вещества в водном объекте, мг/дм^3

$C_{Фi}$ – фоновая концентрация этого же вещества в водном объекте до выпуска в него сточных вод, мг/дм^3

Из (3) соотношение расходов или концентраций:

$$\frac{Q+q}{q} = \frac{C_{НДС_i} - C_{Ф_i}}{C_{Н_i} - C_{Ф_i}} = n \qquad (4)$$

Формулы для определения $C_{НДС\,i}$ с учетом разбавления примут вид:
для консервативных веществ:

$$C_{НДС\,i} = C_{Ф,i} + n(C_{Н,i} - C_{Ф,i}) \quad , \qquad (5)$$

для неконсервативных веществ:

$$C_{НДС\,i} = C_{Ф,i} + n(C_{Н,i} - C_{Ф,i}) \cdot e^{-kt} \quad , \qquad (6)$$

где n – общая кратность разбавления;

k – коэффициент неконсервативности, 1/сек (принимается по приложению А);

t – время добегания потока до контрольного створа, сек.

Движение сточных вод, выходящих из выпускной трубы, представляет собой турбулентный струйный процесс. В связи с различными величинами скоростей струй речного потока и сточной жидкости будет происходить обмен конечными массами жидкости и поперечный перенос количества движения и вещества, дающий начальное разбавление $n_н$. В дальнейшем сточные воды будут смешиваться с водами водного объекта за счет турбулентности потока.

Полное разбавление, таким образом, составит:

$$n = n_H \cdot n_0 \qquad (7)$$

где n_H – кратность начального разбавления сточных вод;

n_0 – кратность основного разбавления сточных вод.

Величина n зависит от типа водного объекта, особенностей выпуска и других факторов.

8.1 Определение кратности разбавления сточных вод в водотоках

По методике [10] начальное разбавление учитывается при выпуске сточных вод в водный объект:

– при соотношении скоростей речного потока V_p и сточных вод V_{CT}

$V_{CT} \geq 4V_P$

– при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска более 2 м/с.

При меньших скоростях расчет начального разбавления не производится.

Алгоритм расчета:

– вычисляются соотношения

$$\frac{V_0}{V_p} - 1 = \frac{V_p + 0{,}15}{V_p} - 1 \text{ и } m = \frac{Vp}{V_{CT}} \qquad (8)$$

где V_0 – скорость на оси струи, м/с;

m - отношение скоростей речного потока и выпуска сточных вод.

По номограмме (Рисунок 1) находится значение $\bar{d} = \frac{d}{d_0}$, где d_0 – диаметр выпускного отверстия, d – диаметр загрязненного пятна в граничном створе начального разбавления. Если $d<H$ (H – глубина реки в месте сброса), то по номограмме (Рисунку 2) находится кратность начального разбавления $n_н$.

При $d>H$ по номограмме (Рисунок 3) определяют поправочный коэффициент $f(\frac{H}{d})$, на который умножается величина $n_н$.

Графический метод определения может быть заменен расчетом по следующим формулам:

а) без учета стеснения струи d < H

$$n_H = \frac{q_H}{q} = \frac{0{,}248}{1-m}\bar{d}^2\left(\sqrt{m^2 + 8{,}1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m\right) \qquad (9)$$

б) с учетом стеснения струи d > H

$$n_H = \frac{q_H}{q} = \frac{0{,}248}{1-m}\bar{d}^2\left(\sqrt{m^2 + 8{,}1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m\right) f\left(\frac{H}{d}\right) \qquad (10)$$

где q – расход сточных вод, сбрасываемый в водоток, м^3/с;

q_H - расход струи, получившей начальное разбавление, м^3/с;

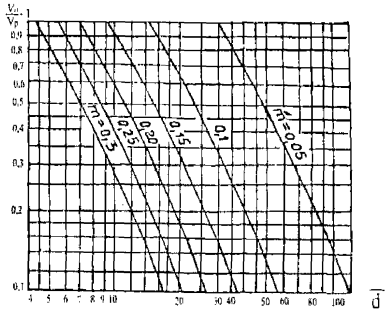

Рисунок 1 – Номограмма для определения диаметра нестесненной струи $\bar{d} = \frac{d}{d_0}$

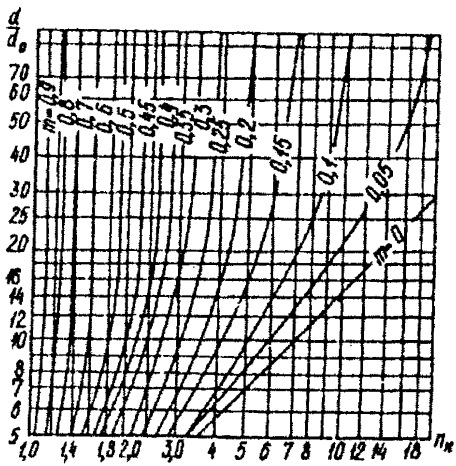

Рисунок 2 – Номограмма для определения начального разбавления в потоке

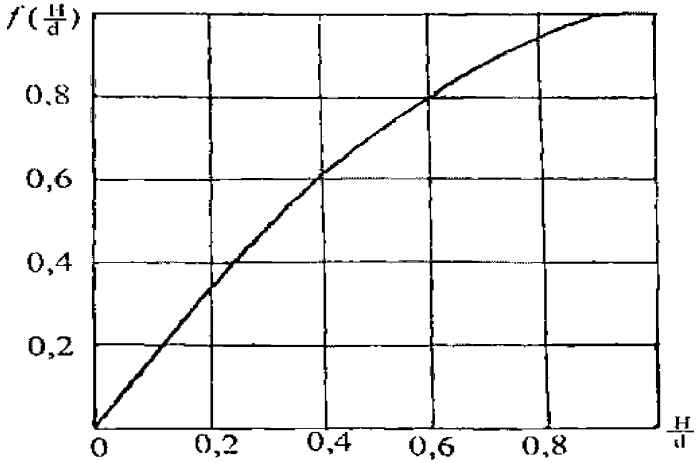

Рисунок 3 – Номограмма для определения поправочного коэффициента

Расчет основного разбавления выполняется по методу В.А. Фролова- Н.Д. Родзиллера [11], основанного на уравнениях сохранения вещества и единичного турбулентного переноса вещества. При этом в перемешивании учитывается не весь расход, а часть его, определяемая коэффициентом смешения.

Кратность основного разбавления определяется по формуле:

$$n_0 = \frac{\gamma Q + q}{q} \tag{11}$$

Величина коэффициента смешения γ зависит от гидравлических и морфологических особенностей реки и определяется на основе эмпирической зависимости

$$\gamma = \frac{1 - \exp\left(-\alpha\sqrt[3]{L_\Phi}\right)}{1 + \frac{Q}{q}\exp\left(-\alpha\sqrt[3]{L_\Phi}\right)} \tag{12}$$

где α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке, определяемый по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{D}{q}} \tag{13}$$

φ - коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой), определяемый по формуле:

$$\varphi = L_\Phi / L_П ; \tag{14}$$

ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в стрежень реки $\xi = 1{,}5$);

D - коэффициент турбулентной диффузии, для летнего времени определяемый по формуле:

$$D = \frac{gVH}{37 n_ш C_ш^2} \quad (15)$$

g - ускорение свободного падения равное 9,81 м/с^2;

$n_ш$ - коэффициент шероховатости ложа реки,

$C_ш$ - коэффициент Шези, м$^{1/2}$/с, определяемый по формуле Н.Н. Павловского,

$$C_ш = R^y / n_ш \quad (16)$$

где R - гидравлический радиус потока, м (R ≈ H);

$n_ш$ – коэффициент шероховатости русла водотока

параметр y, определяется по уравнению

$$y = 2{,}5\sqrt{n_ш} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}\left(\sqrt{n_ш} - 0{,}1\right)$$

Таблица 8.1 Коэффициенты шероховатости ($n_ш$) для открытых русел водотоков (по М.Ф. Срибному)

Характер ложа	$n_ш$
Реки в весьма благоприятных условиях (чистое прямое ложе со свободным течением, без обвалов и глубоких промоин)	0,025
Реки в благоприятных условиях течения	0,030
Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	0,035
Реки, имеющие сравнительно чистые русла, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй, или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни), некоторое увеличение количества водорослей	0,040
Русла (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые, с неспокойным течением. Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарник)	0,050
Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей)	0,067
Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа, русла с бурливым пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,080
Поймы такие же, как в предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводями и пр. Горно-водопадного типа русла с крупновалунным строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками. Делает разговор затруднительным	0,100
Характеристика горных рек примерно такая же, как и в предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,133

для зимнего времени (периода ледостава)

$$D = \frac{gVR_{ПР}}{37 n_{ПР} C_ш^2} \quad (17)$$

где $R_{ПР}$, $n_{ПР}$ - приведенные значения гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости, определяемые по формулам:

$$R_{ПР} = 0{,}5H, \tag{18}$$

$$n_{ПР} = n_ш\left[1 + \left(n_л / n_ш\right)^{1,5}\right]^{0,67}, \tag{19}$$

$n_л$ - коэффициент шероховатости нижней поверхности льда.

Таблица 8.2 Коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда (по П.Н. Белоконю)

Период	$n_л$
Первые 10 суток после ледостава (первая - вторая декада декабря)	0,15 - 0,05
10 - 20 суток после ледостава (последняя декада декабря – начало января)	0,1 - 0,04
20 - 60 суток после ледостава (середина января - первая декада февраля)	0,05 - 0,03
60 - 80 суток после ледостава (конец февраля - начало марта)	0,04 - 0,015
80 - 110 суток после ледостава (март)	0,025 - 0,01
Примечание - При подпертых речных бьефах значения коэффициента шероховатости для первых 10 суток и от 10 до 20 суток после ледостава следует уменьшить на 15%, а от 20 до 60 суток и от 60 до 80 суток после ледостава - на 35%. Меньшие значения коэффициента шероховатости характерны для гладкого ледяного покрова, большие - для ледяного покрова с торосами и шугой.	

Кратность основного разбавления с учетом начального разбавления

$$n_0 = \frac{\gamma(Q - q_H + q) + q_H}{q_H} \tag{20}$$

Пример расчета кратности разбавления при сбросе сточных вод в водоток приведены в приложении Б.

Расчет кратности основного разбавления может быть выполнен численным методом А.В. Караушева [12].

8.2 Определение кратности разбавления сточных вод в водоемах

Кратность начального и основного разбавления рассчитывается по методу М. А. Руффеля для двух случаев расположения выпуска:

– выпуск в мелководную часть или в верхнюю треть глубины водоема; загрязненная струя распространяется вдоль берега под воздействием поверхностного течения, имеющего одинаковое с ветром направление;

– выпуск в нижнюю треть глубины водоема; загрязненная струя распространяется к береговой полосе против выпуска под воздействием донного компенсационного течения, имеющего направление, обратное направлению ветра.

Кратность начального разбавления определяется по зависимости:

– при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины водоема

$$n_H = \frac{q + 0{,}00215 \cdot VH_{ср}^2}{q + 0{,}000215 \cdot VH_{ср}^2}; \tag{21}$$

– при выпуске в нижнюю треть глубины

$$n_H = \frac{q + 0{,}00158 \cdot V H_{ср}^2}{q + 0{,}000079 \cdot V H_{ср}^2} \qquad (22)$$

где V – скорость ветра над водой в месте выпуска сточных вод, м/с;

$H_{ср}$ – средняя глубина водоема вблизи выпуска, м (в зависимости от средней глубины водоема H_o, средняя глубина $H_{ср}$ определяется на участке L – расстояние от выпуска по направлению к контрольному створу).

Таблица 8.3

H_0, м	3÷4	5÷6	7÷8	9÷10
L, м	100	150	200	250

Кратность основного разбавления определяется по зависимости:

– при выпуске в мелководье или в верхнюю треть глубины водоема

$$n_0 = 1 + 0{,}412 \cdot \bar{L}^{(0{,}627 + 0{,}0002\bar{L})} \qquad (23)$$

где $\bar{L} = \frac{L}{\Delta x}$, а $\Delta x = 6{,}53 \cdot H_{ср}^{1{,}167}$ или определяется по таблице 6.2

Таблица 8.4 - Значение n_0 для выпуска в мелководье

$H_{ср}$, м	L, м						
	500	1000	2000	4000	6000	8000	10000
1	7,68	12,18	22,18	51,57	105,09	204,17	387,79
2	4,86	7,16	11,27	19,84	30,26	43,62	61,01
3	3,84	5,46	8,20	13,28	18,64	24,67	31,63
4	3,29	4,58	6,69	10,39	14,02	17,85	22,00
5	2,94	4,02	5,76	8,73	11,51	14,33	17,27
6	2,69	3,63	5,13	7,63	9,92	12,16	14,45
7	2,51	3,35	4,67	6,85	8,80	10,68	12,56
8	2,37	3,12	4,32	6,25	7,97	9,60	11,20
10	2,16	2,80	3,80	5,41	6,80	8,10	9,36
12	2,02	2,57	3,44	4,83	6,02	7,11	8,16
14	1,91	2,40	3,18	4,40	5,45	6,40	7,30
16	1,82	2,27	2,97	4,08	5,01	5,86	6,65

– при выпуске в нижнюю треть глубины водоема

$$n_0 = 1{,}85 + 2{,}32 \cdot \bar{L}^{(0{,}41 + 0{,}0064\bar{L})} \qquad (24)$$

где $\bar{L} = \frac{L}{\Delta x}$, а $\Delta x = 4{,}41 \cdot H_{ср}^{1{,}167}$ или определяется по таблице 6.3.

Таблица 8.5 - Значение n_0 для выпуска в нижнюю треть глубины водоема

$H_{ср}$, м	L, м						
	50	100	150	200	300	400	500
1	9,34	14,97	23,08	35,39	84,03	203,46	501,50
2	6,60	8,08	11,05	13,58	20,05	29,35	42,99
3	5,65	7,16	8,52	9,88	12,88	16,49	20,95
4	5,12	6,34	7,36	8,33	10,29	12,43	14,86
5	4,77	5,82	6,67	7,44	8,93	10,46	12,10
6	4,52	5,46	6,19	6,85	8,08	9,28	10,53
7	4,33	5,18	5,84	6,43	7,48	8,49	9,50
8	4,17	4,96	5,57	6,10	7,03	7,91	8,77
10	3,93	4,63	5,16	5,62	6,40	7,11	7,14
12	3,76	4,39	4,87	5,28	5,96	6,57	7,14

14	3,62	4,21	4,65	5,02	5,64	6,18	6,67
16	3,51	4,06	4,47	4,81	5,38	5,87	6,32

В Приложении В приводится пример расчета НДС для водоема.

8.3 Определение кратности разбавления сточных вод в прибрежной зоне морей

Процесс разбавления сточных вод в прибрежной зоне морей проходит в две стадии: начальное $n_н$ и основное n_0. Кратность общего разбавления является произведением начального и основного разбавления.

Начальное разбавление происходит при вертикальном подъеме сточных вод за счет меньшей их плотности по сравнению с морской водой и одновременного разбавления путем подсасывания морской воды восходящей струей сточной жидкости. Основное разбавление происходит за счет горизонтальной диффузии всплывшего пятна загрязнений вследствие наличия вторичных потоков, вызываемых течениями и ветрами.

Кратность начального разбавления рассчитывается по методу Лапшева Н.Н. [10]

Исходные данные:

Расход сточных вод	q, м^3/с
Диаметр выпускного отверстия	d_0, м
Число выпускных отверстий	N_0, шт.
Угол истечения струи	φ, град.
Расстояние выпуска от берега	L_0, м
Расстояние по вертикали от выпуска до поверхности моря	$H_в$, м
Плотность сточной воды	$\rho_{ст}$, кг/м^3
Плотность морской воды в месте выпуска	ρ_i, кг/м^3
Средняя глубина моря в месте выпуска	H, м
Минимальная скорость течения морских вод в месте сброса	$U_м$, м/с

Алгоритм расчета.

Скорость истечения сточной воды из выпускного отверстия определяется по формуле:

$$V_{ст} = \frac{4q}{N_0 \pi d_0^2}. \qquad (25)$$

Находится число Фруда по формуле:

$$Fr = \frac{V_{ст}}{\sqrt{\frac{g d_0}{\rho_м}(\rho_м - \rho_{ст})}} \qquad (26)$$

Определяется критерий K_{p1} по оценке числа Фруда, когда $\rho_{ст} < \rho_м$.

$$K_{p1} = 1{,}12\frac{H_в}{d_0} \qquad (27)$$

Определяется критерий K_{p2} по оценке числа Фруда, когда $\rho_{ст} > \rho_м$.

$$K_{p2} = \frac{0{,}434 \cdot H_в}{d_0 (\sin\varphi)^{1.5}} \quad (28)$$

Кратность начального разбавления, если $Fr \le K_{p1}$ находится по формуле:

$$n_H = 0{,}54 Fr \left(\frac{0{,}38 H_в}{Fr d_0} + 0{,}66 \right)^{1{,}67} \quad (29)$$

Кратность начального разбавления, если $Fr > K_{p1}$ определяется по формуле:

$$n_H = \frac{0{,}425 \cdot V_{ст} \cdot f}{0{,}051 + U_м} \quad (30)$$

где f - параметр, учитывающий условия смешения сточной струи с морской водой:

при d < H f=1;

при d ≥ H f вычисляется по зависимости:

$$f = 1{,}825 \frac{H}{d} - 0{,}781 \left(\frac{H}{d} \right)^2 - 0{,}0038, \quad (31)$$

где $$d = V_{ст} d_0 \sqrt{\frac{38{,}6 \left(1 - \frac{U_м}{V_{ст}} \right)}{0{,}051 + U_м}} \quad (32)$$

Если $Fr \le K_{p2}$, тогда кратность начального разбавления находится по формуле:

$$n_H = 0{,}524 \cdot \cos\varphi \sqrt{\sin\varphi} \cdot Fr \cdot F \quad (33)$$

где F - параметр, зависящий от угла φ°, определяемый по таблице 8.4

Таблица 8.6 - Значение функции F

φ°	F	φ°	F	φ°	F
5	1,00	35	1,17	65	2,01
10	1,01	40	1,23	70	2,42
15	1,03	45	2,31	75	3,12
20	1,05	50	1,42	80	4,55
25	1,08	55	1,55	85	8,91
30	1,12	60	1,74		

Если $Fr > K_{p2}$, то n_H определяется по формуле:

$$n_H = \frac{0{,}425 \cdot V_{ст} \cdot f}{0{,}051 + U_м} \quad (34)$$

Кратность основного разбавления рассчитывается в следующей последовательности:

– определяются коэффициенты горизонтальной ($D_г$) и вертикальной ($D_в$) турбулентной диффузии:

$$D_г = 0{,}032 + 21{,}8 \cdot U_м^2, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (35)$$

$$D_в = 5 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}; \tag{36}$$

– вычисляются вспомогательные показатели:

$$Z_2 = \left(\frac{qn_H}{H}\right)\frac{1}{U_м H}\sqrt{\frac{D_в}{D_г}} \tag{37}$$

– находится длина участка начального разбавления по зависимости:

$$L_H = \begin{cases} \text{если} Fr \le K_2 \\ 5{,}36\cos\varphi\sqrt{\sin\varphi}\cdot d_0 \cdot Fr, \\ \text{если} Fr \ge K_2 \\ \dfrac{d - d_0}{0{,}48\left(1 - 3{,}12\dfrac{U_м}{V_{ст}}\right)} \end{cases} \tag{38}$$

– определяется параметр сопряжения начального участка разбавления с основным участком

$$x_0 = \begin{cases} \left(\dfrac{qn_H}{H}\right)^2 \dfrac{1}{4\pi \cdot D_г U_м} - L_H, \text{если} Z_2 \le 1 \\ \dfrac{qn_H}{4\pi\sqrt{D_г D_в}} - L_H, \text{если} Z_2 > 1 \end{cases} \tag{39}$$

– находится параметр сопряжения участка двухмерной диффузии с участком трехмерной диффузии:

$$x^* = \frac{H^2 U_м}{4\pi D_в} - x_0 \tag{40}$$

– определяется показатель Z_1:

$$Z_1 = \frac{l + x_0}{x^* + x_0} \tag{41}$$

– находится параметр γ_0, учитывающий влияние берега на кратность основного разбавления.

$$\gamma_0 = 1 + \exp\left(-\frac{U_м \cdot l_0^2}{D_г\left(l_0 + x_0\right)}\right) \tag{42}$$

– определяется кратность основного разбавления:

$$n_0 = \begin{cases} \dfrac{Z_1}{\gamma_0 Z_2}, \text{при} Z_1 \le 1 \\ \dfrac{\sqrt{Z_1}}{\gamma_0 Z_2} \text{при} Z_1 > 1 \end{cases} \tag{43}$$

Пример расчета НДС отдельного выпуска в прибрежную зону морей приведен в Приложении Г.

9 Методика расчета норматива допустимого сброса тепла в водный объект

9.1 Общие сведения

Температура воды влияет на кислородный режим водного объекта, с повышением температуры воды растворимость кислорода в воде уменьшается.

В соответствии с гигиеническими требованиями к охране поверхност-ных вод [1] летняя температура воды в результате сброса тепла (теплых вод) не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет.

Температура воды для водных объектов рыбохозяйственного назначения не должна повышаться по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°С с общим повышением температуры не более чем до 20°С летом и 5°С зимой для водных объектов, где обитают холодноводные рыбы (лососевые и сиговые) и не более чем до 28°С летом и 8°С зимой в остальных случаях.

Исходя из этого без учета отдачи тепла водной поверхностью предельная температура нагретой воды ($T_{НДС}$) при смешении с водой водного объекта определится из формулы (15):

$$t_{НДСi} = t_e + n\Delta t, \qquad (44)$$

где t_e – естественная температура воды водного объекта, ^{0}С;

n – кратность разбавления;

Δt – нормативный прирост температуры, ^{0}С.

При расчете кратности разбавления воды в водном объекте учитывается разность плотностей сбрасываемой теплой воды и воды в водном объекте, расчет проводится по приведенным в предыдущем разделе (6.3) формулам для случая $\rho_{cm} < \rho_e$.

9.2 Исходные данные для расчета НДС тепла

Исходные условия и параметры для расчета НДС тепла должны содержать:

– данные об использовании водного объекта (экологическое состояние, виды использования, баланс водопотребления и водоотведения, схема расположения водозаборов и выпусков сточных вод);

– гидрологические характеристики водного объекта в год 95% обеспеченности:

а) для водотоков – расход, скорость течения, глубина;

б) для водоемов – нормативный подпорный уровень (НПУ) и уровень «мертвого» объема (УМО), средняя глубина и площадь водного зеркала при НПУ и УМО;

– расходы забираемой воды из водного объекта на охлаждение оборудования;

– расход сточных вод;

– прирост температуры на конденсаторах;

– среднемноголетние метеорологические условия, которым относятся:

а) естественная температура воды в водном объекте, ^{0}С ;

б) температура, ^{0}С и влажность воздуха, Па;

в) максимальная температура и соответствующая ей влажность воздуха за последние 10 лет, ^{0}C;

г) скорость ветра на ближайшей береговой метеостанции, м/с;

д) высота флюгера на ближайшей метеостанции, м;

е) облачность общая и нижняя, баллы (доли единицы);

9.3 Особенности температурного режима водоемов-охладителей

Одной из характеристик водоема-охладителя, позволяющих оценить эффективность охлаждения, является кривая падения температуры воды в поверхностном слое. Более эффективное охлаждение обеспечивает выпуск в верхний слой водоема-охладителя широким фронтом с небольшой скоростью, а наиболее выгодной термической структурой водоема-охладителя является двухслойная вертикальная температурная стратификация.

При выпуске подогретой циркуляционной воды в водоем-охладитель открытым каналом могут установиться два различных гидротермических режима.

Первый режим характеризуется тем, что в канал внедряется охлажденная вода нижнего слоя, приобретая форму клина. Благодаря образованию поверхности раздела между слоями, гасящей турбулентные возмущения, удается существенно уменьшить перемешивание подогретой воды с водой нижнего слоя.

При втором режиме внедрение холодной воды в канал не происходит. Сбрасываемая подогретая вода интенсивно перемешивается с окружающей водой на участке акватории водоема-охладителя у водовыпуска.

С целью обеспечения эффективного охлаждения циркуляционной воды в водоемах-охладителях на водовыпуске должен быть создан первый из указанных гидротермических режимов (с небольшим перемешиванием).

Гидротермический режим на водовыпуске определяется по значению плотностного числа Фруда, рассчитываемого по формуле:

$$Fr' = \frac{V}{(\beta \times \Delta t \times g \times (h_0 b_0)^{1/2})^{1/2}}, \qquad (45)$$

где V - скорость воды на водовыпуске, м/с;

β - коэффициент температурного расширения воды (β=3,02·10^{-4} (^{0}C);

Δt – температурный перепад водоема охладителя, ^{0}C (принимается равным температурному перепаду на конденсаторах турбин);

g – ускорение свободного падения, м/сек^2;

h_0 - глубина водовыпускного канала в месте его сопряжения с водоемом-охладителем, м;

b_0 - половина ширины выпускаемой струи, м (при выпуске циркуляционной воды вдоль боковой границы водоема-охладителя в качестве b_0 принимается полная ширина струи).

Коэффициент разбавления n определяется в зависимости от численного значения плотностного числа Фруда:

$$n = \begin{cases} 1 & \text{при } Fr' < 1; \\ 1{,}2Fr' - 0{,}2 & \text{при } Fr' \geq 1, \end{cases} \qquad (46)$$

Минимально возможное значение коэффициента разбавления обеспечивается при плотностных числах Фруда, меньших 0,5.

Если параметры отводящего канала не позволяют получить на водовыпуске гидротермический режим с минимальным перемешиванием, могут быть применены специальные водовыпускные сооружения.

В результате расчетов определяется средняя температура поверхности водоема, температура на водозаборе и температура сбросной воды.

В отраслевом методическом документе РД 153-34.2-21.144-2003 отсутствует метод расчета локальной температуры в контрольном створе водоема (на границе «ближней» зоны), который располагается не далее чем 500 м от места сброса сточных вод (п.4 Методики МПР). Границы этой зоны непостоянны вследствие смещения верхнего слоя ветром и транзитным потоком.

Снижение температуры в ближней зоне следует определять по формуле [4]:

$$t = t_{вз} + (\Delta t_к - \Delta t_{ск}) \exp\left(-\frac{E \times F}{Q \cdot c_в \cdot \rho_в} \cdot 10^{-3}\right), \quad (47)$$

где $t_{вз}$ – температура на водозаборе, ^{0}C;

$\Delta t_к$ – температурный прирост на конденсаторах, ^{0}C;

$\Delta t_{ск}$ – снижение температуры на акватории сбросных каналов, ^{0}C;

F – площадь «ближней» зоны, м^2. Принимается равной площади полукруга диаметром, равным расстоянию до контрольного створа;

Q – расход теплосодержащей воды, м^3/с;

$c_в$ – удельная теплоемкость воды ($C_в = 4{,}187$ *кДж/кг · град*);

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3;

E – тепловой поток от испарения, конвекции и излучения определяется по формуле, Вт/м^2:

$$E = \alpha_e (e_м - e) + \alpha_c (\bar{t}_s - t_a) \pm R, \quad (48)$$

где α_e – коэффициент теплоотдачи испарением, Вт/(м^2 · Па);

$e_м$ – максимальная упругость водяных паров при температуре $\bar{t}_s$, (табличное значение), Па;

e – абсолютная влажность воздуха, Па;

α_c - коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м^2 · ^{0}C);

$\bar{t}_s$ – средняя температура свободной поверхности водного объекта, при которой определяются $e_м$ и e, ^{0}C;

t_a –температура воздуха, ^{0}C;

R – радиационная составляющая теплового потока, определяемая по зависимости (3.11) РД 153-34.2-21.144.

Для определения коэффициентов теплоотдачи испарением и конвекцией могут быть использованы зависимости:

$$\alpha_e = 0{,}084\ (1 + 0{,}135\ W_2),\ Вт/(м^2 \cdot Па) \quad (49)$$

$$\alpha_c = 5{,}38\ (1 + 0{,}135\ W_2),\ Вт/(м^2 \cdot {}^0C) \quad (50)$$

где W_2 – скорость ветра на высоте 2 м над водной поверхностью, м/с;

Используемые в расчетах значения скорости ветра на высоте 2 м над водной поверхностью могут быть определены по формуле:

$$W_2 = W_\phi \frac{\lg \frac{2}{z_0}}{\lg \frac{h_\phi}{z_0}}, \qquad (51)$$

где W_ϕ - скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

h_ϕ - высота флюгера на метеостанции, м;

z_0 - параметр шероховатости, принимаемый для водной поверхности равным 0,003 м.

Чтобы получить экспоненциальный член в формуле (45) в безразмерном виде, применяется масштабирование по температуре.

9.4 Алгоритм расчета прироста температуры при сбросе теплосодержащих вод в водоток

Как правило, на объектах теплоэнергетики сброс охлаждающих вод в водный объект производится открытым сбросным каналом трапециевидной формы. Скорость истечения сточной воды определяется по видоизмененной формуле (25):

$$V_{cm} = \frac{q}{F}, \text{ м/с} \qquad (25^{/})$$

где q – расход сточных вод, м^3/с;

F – площадь поперечного сечения канала в месте сопряжения водовыпускного сооружения с водным объектом, м^2;

При незначительных скоростях истечения охлаждающих вод (менее 2 м/с) и соотношении глубины водотока (H) и глубины сбросного канала (h_0) в месте сопряжения водовыпуска с водным объектом $\frac{H}{h_o} < 5$ начальное разбавление отсутствует, $n_н=1$.

Расчет основного разбавления проводится по формулам (35)-(37) и (40)-(43), приведенным в разделе 6.3.

Кроме снижения температуры за счет смешения теплосодержащих вод с водой водотока температура воды понижается за счет теплообмена с окружающей средой.

На акватории сбросного канала снижение температуры за счет теплообмена, рассчитанное по формуле (47) при площади водного зеркала 25000 м^2 и неблагоприятных метеорологических условиях, равно 0,15^{0}С. Температура сбросной воды на водовыпуске ($t_{сб}$):

$$t_{сб} = t_e + \Delta t_к - \Delta t_{ск} \qquad (52)$$

где t_e – естественная температура воды в водотоке, ^{0}С;

$\Delta t_к$ – температурный прирост на конденсаторе, ^{0}С;

$\Delta t_{ск}$ – охлаждение воды на акватории сбросных каналов, ^{0}С.

Изменение температуры воды за счет теплообмена после смешения с водой водотока незначительно и не учитывается.

Пример расчета прироста температуры при сбросе теплосодержащих вод в водоток приведен в Приложении Д.

10 Согласование, утверждение и контроль соблюдения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты и их лимитов

10.1 НДС и лимиты сброса утверждаются территориальными органами Федерального агентства водных ресурсов по согласованию:

– с территориальными органами Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;

– с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека;

– с территориальными органами Росрыболовства;

– с территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Данным надзорным органом выдается Разрешение на сброс сточных вод.

10.2 За соблюдением НДС и лимита сброса осуществляется производственный и государственный контроль.

10.3 Производственный контроль осуществляется за счет водопользователя. Порядок производственного контроля определяется планом-графиком, согласованным с территориальными органами Федерального агентства водных ресурсов, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральной службой Росрыболовства и Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору.

10.4 Порядок учета объема забора (изъятия) водных ресурсов, объема сброса сточных и (или) дренажных вод, их качества определен Приказом Минприроды РФ [5].

10.5 Для целей производственного аналитического контроля качества и состава сточных вод могут использоваться методики выполнения измерений (МВИ), анализов, тестирования, разработанные для природных и очищенных сточных вод, прошедшие метрологическую аттестацию и экспертизу в уполномоченных центрах Ростехрегулирования России и разрешенные к применению для этих целей Минприроды России. При этом нижний предел диапазона измерения не может быть больше 0,5·ПДК.

10.6 Государственный контроль за соблюдением НДС и порядок его осуществления регламентируется действующим законодательством.

Приложение А
(рекомендуемое)
Классификация сточных вод тепловых электростанций и мероприятия по снижению поступления загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты

Потоки сточных вод	Основные загрязнители по каждому потоку и их $ПДК_{рх}$, мг/дм^3		Факторы, влияющие на уровень загрязнений	Мероприятия по снижению сброса и стока загрязняющих веществ
	Для РФ	Для стран ЕС		
Сточные воды, содержащие нефтепродукты	Нефтепр – 0,05	Отсутствие пленки нефтепр., отсутствие запаха	Неплотности маслоохладителей, протечки маслосистем. Неплотности системы хранения и разогрева жидкого топлива	Замкнутый контур маслоохладителей, повышение качества изготовления и ремонта теплообменных аппаратов, нефтеловушки, локальные очистные сооружения по очистке нефтесодержащих стоков
Поверхностный сток с территории	Нефтепр. 0,05; Взвешенные вещества - + 0,25÷0,75 к фону	25	Природно-климатические условия. Основные примеси – грубодисперсные вещества, нефте-продукты, сорбированные главным образом на взвешенных веществах, минеральные соли и органические примеси естественного происхождения	Локальные очистные сооружения по очистке поверхностного стока с территории предприятия
Продувочные воды оборотных систем охлаждения	Медь – 0,001; хлориды – 300; сульфаты – 100	Медь -0,005-0,112 Хлориды-250 Сульфаты-250	Качество исходной воды, вид коррекционной обработки для предотвращения накипеобразования	Снижение процессов коррозии оборудования. Использование комплексонов,
Минерализованные сточные воды установок водоприготовления	Хлориды – 300; Сульфаты-100; pH -6,5÷8,5	Хлориды-250 Сульфаты-250 pH -6,5÷8,5	Качество исходной воды, технологическая схема обработки воды	Модернизация систем химического обессоливания, применение малосточных технологий. Использование комплексонов
Сточные воды систем гидрозолоудаления	Фтор – прирост 0,05, но не выше 0,75 Мышьяк – 0,05, Взвешенные вещества –	Сухое золоудаление, утилизация золошлаковых отходов	Минеральный состав твердого топлива	Оборотные системы гидрозолоудаления Сухое золоудаление – при условии утилизации золошлаковых отходов

Потоки сточных вод	Основные загрязнители по каждому потоку и их $ПДК_{рх}$, мг/дм^3		Факторы, влияющие на уровень загрязнений	Мероприятия по снижению сброса и стока загрязняющих веществ
	Для РФ	Для стран ЕС		
	прирост 0,25÷0,75, pH -6,5÷8,5			
Продувочные воды осветлителей	Взвешенные вещества – прирост 0,25÷0,75, Железо – 0,1; Алюминий – 0,04; pH -6,5÷8,5	25 н/н н/н pH -6,5÷8,5	Качество исходной воды, применяемые реагенты для предварительной очистки воды	Утилизация шламовых вод.
Обмывочные воды регенеративных воздухоподогревателей	Ванадий – 0,001; Никель – 0,01		Минеральный состав жидкого топлива	Проекты по извлечению загрязняющих веществ и повторному использованию очищенных сточных вод. **Сброс в водные объекты запрещен**
Сточные воды химических промывок оборудования	Железо – 0,1, Медь – 0,001, Гидразин – 0,00025 pH -6,5÷8,5		Применяемые реагенты	Сброс после нейтрализации и отстоя в систему гидрозолоудаления для угольных ТЭС, в нефильтруемые накопители на газомазутных ТЭС, применение пароводокислородных, парохимических технологий очисток оборудования, консервация оборудования **Сброс в водные объекты запрещен**

Приложение Б
(справочное)
Пример расчета кратности разбавления при выпуске сточных вод в водоток

Исходные положения и данные.

– Выпуск сточных вод осуществляется в незарегулированную реку с расходом 0,4 м^3/с

– Минимальный среднемесячный расход (расчетный) года 95% обеспеченности – 120 м^3/с;

– Средняя скорость реки при расчетном расходе – 0,35 м/с;

– Средняя глубина реки – 3 м;

– Коэффициент извилистости φ = 1,1.

Расчет общего разбавления сточных вод с речной водой с учетом начального разбавления производится в случае, если имеется возможность создать выпуск с относительно большой скоростью истечения и река имеет достаточную глубину: отношение $\frac{H}{do}$>5.

Определим диаметр выпускного отверстия, принимая скорость истечения сточных вод 5 м/с.

$$d_0 = \sqrt{\frac{4q}{\pi V_{cm} N_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}4}{3{,}14 \cdot 5}} \approx 0{,}32 м$$ (принимаем по сортаменту труб $d_0 = 350 мм$)

Находим фактическую скорость:

$$V_0 = \frac{q}{\omega_0} = \frac{0{,}4 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 0{,}35^2} = 4{,}17 м/с$$

Находим соотношение скоростей речного потока и сточных вод:

m = 0,35/4,17 = 0,086

Определяем параметр $\frac{V_0}{V_p} - 1 = \frac{V_p + 0{,}15}{V_p} - 1$

$\frac{V_0}{V_p} - 1 = \frac{V_p + 0{,}15}{V_p} - 1$ = (0,35+0,15)/0,35 – 1 = 0,43

По номограмме (Рисунок 6.1) определяем $\overline{d}$ = 35

Определяем $d = d_0 \cdot \overline{d}$ = 0,35 · 35 = 12,25 > H

Находим поправочный коэффициент по номограмме (Рисунок 6.2) равный 0,4.

Расчет кратности начального разбавления проводится по формуле (9)

$$n_H = \frac{0{,}248}{1 - \frac{0{,}35}{4{,}17}} 35^2 \left(\sqrt{\left(\frac{0{,}35}{4{,}17}\right)^2 + 8{,}1 \cdot \frac{\left(1 - \frac{0{,}35}{4{,}17}\right)}{35^2}} - \frac{0{,}35}{4{,}17} \right) \cdot 0{,}4 \approx 4{,}0 раза$$

Переходим к расчету кратности основного разбавления.

Определяем коэффициент Шези по формуле (16)

$C_ш = R^y / n_ш$

Рассчитываем параметр *y:*

$y = 2{,}5\sqrt{0{,}05} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{3}\cdot(\sqrt{0{,}05} - 0{,}1) = 0{,}2678$

Тогда коэффициент Шези будет равен:

$C_ш = 3^{0{,}2678}/0{,}05 = 26{,}85$

Рассчитывается коэффициент турбулентной диффузии по формуле (15):

$$D = \frac{9{,}81\cdot 0{,}35\cdot 3{,}0}{37\cdot 0{,}05\cdot 26{,}85^2} = 0{,}0077.$$

и коэффициент α, учитывающий гидравлические условия в реке при выпуске в стрежень реки, по формуле (13):

$$\alpha = 1{,}1\cdot 1{,}5\sqrt[3]{\frac{0{,}0077}{0{,}4}} = 0{,}44$$

Принимаем расстояние от места выпуска до расчетного створа L = 500 м (для водоема рыбохозяйственного назначения).

Расход в створе начального разбавления:

$q_H = n_H \cdot q = 4\cdot 0{,}4 = 1{,}6 м^3/с$

Определяем коэффициент смешения по формуле (28)

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-0{,}44\times\sqrt[3]{500})}{1 + \frac{120}{1{,}6}\exp(-0{,}44\times\sqrt[3]{500})} \approx 0{,}3$$

Кратность основного разбавления найдем по формуле (22)

$$n_0 = \frac{0{,}3(120 - 1{,}6 + 0{,}4) + 1{,}6}{1{,}6} = 23{,}3$$

Полное разбавление n = 23,3 х 4 ≈ 93 - кратное

Для сравнения проведем расчет без учета начального разбавления. Значения D = 0,0077 и α = 0,44 не изменяются, а коэффициент смешения составит:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-0{,}44\times\sqrt[3]{500})}{1 + \frac{120}{0{,}4}\exp(-0{,}44\times\sqrt[3]{500})} \approx 0{,}096$$

в этом случае кратность разбавления:

$$n = \frac{0{,}096\cdot 120 + 0{,}4}{0{,}4} \approx 30 раз$$

Таким образом, создание условий для начального разбавления позволяет увеличить кратность общего разбавления более чем в три раза.

Приложение В
(справочное)
Пример расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов при выпуске сточных вод в водоем

В.1. Выпуск бытовых сточных вод после очистки осуществляется в верхнюю мелководную треть водоема. Глубина зоны смешения 0,45 м (менее 10 м, что допустимо для метода М.А. Руффеля). Расстояние от выпуска до контрольного створа 300 м, что не больше установленных 500 м. Скорость устойчивого ветра V = 1,3 м/с. Расход сточных вод q = 5,4 м^3/ч. Категория водоема – II рыбохозяйственная.

Гидрохимические данные реки, впадающей в водоем (фон), и качество сточных вод (г/м^3).

№ п/п	Показатели свойства вод	Класс опасности	Фон	Сточные воды	ПДК
Общие требования					
1.	Взвешенные вещества		29,2	46,6	29,95
2.	БПК полн.		6,23	6,77	3
3.	Сухой остаток		200	10 000	1000
Токсикологический признак вредности					
4.	ВПК-101 (флокулянт)	2	Отс.	0,001	0,0001
5.	Сульфат-ион (SO_4)	4	30,0	800,0	100,0
6.	Железо общее ($Fe_{общ.}$)	4	1,5	1,75	0,1
7	Медь (Cu)	3	0,05	0,04	0,001
Санитарно-токсикологический признак вредности					
8.	Кальций (Ca)	4э	28	560,0	180
9.	Хлориды (Cl)	4э	11,4	1980	300
Рыбохозяйственный показатель					
10.	Нефтепродукты		0,02	0,21	0,05

Расчет кратности разбавления сточных вод в водоеме производится по методу М.А. Руффеля, так как в водоеме преобладают устойчивые ветровые течения. Кратность полного разбавления сточных вод рассчитывается по результатам начального разбавления, происходящего непосредственно у выпуска, и основного, которое продолжается по мере удаления от места выпуска.

Расчет кратности начального разбавления производится по формуле (31):

$$n_H = \frac{q + 0{,}00215 \cdot VH_{ср}^2}{q + 0{,}000215 \cdot VH_{ср}^2}$$

$$n = \frac{0{,}0015 + 0{,}00215 \cdot 1{,}3 \cdot (0{,}45)^2}{0{,}0015 + 0{,}000215 \cdot 1{,}3 \cdot (0{,}45)^2} = \frac{0{,}0021}{0{,}0016} = 1{,}33$$

Кратность основного разбавления вычисляется по формуле (23):

$$n_0 = 1 + 0{,}412 \cdot \overline{L}^{(0{,}627 + 0{,}0002\overline{L})}$$

где $\overline{L} = \frac{L}{\Delta x}$, L - расстояние от выпуска до контрольного створа, м,

$$\Delta x = 6{,}53 \cdot H_{ср}^{1{,}167} = 6{,}53 \cdot (0{,}45)^{1{,}167} = 2{,}57$$

$$\overline{L} = \frac{L}{\Delta x} = \frac{300}{2{,}57} = 116{,}7$$

$$n_0 = 1 + 0{,}412 \cdot 116{,}7^{(0{,}627+0{,}0002 \cdot 116{,}7)} = 10{,}105$$

Кратность общего разбавления $n = n_н \cdot n_0 = 1{,}33 \cdot 10{,}1 = 13{,}4$

В.2. Определение концентраций, допустимых к сбросу – $С_{НДС}$

Общие требования

1. Взвешенные вещества:
Фоновая концентрация
$С_ф$=29,2 мг/дм^3;
Концентрация стоков
$С_{СТ}$= 46,6 мг/дм^3;
ПДК=$С_ф$+0,75= 29,95 мг/дм^3.
$С_{НДС}$=29,2+13,4·0,75=39,25 мг/дм^3.

2. $БПК_П$
Фоновая концентрация
$С_ф$=6,23 мг/дм^3;
$С_{ст}$=6,77 мг/дм^3;
ПДК=3 мг/дм^3.
Повышенное значение БПК обусловлено природными процессами. Поэтому, пока не установлены региональные ПДК, принимаем $С_{НДС}$=$С_ф$= 6,23 мг/дм^3.

3. Сухой остаток
Фоновая концентрация
$С_ф$=200 мг/дм^3;
$С_{ст}$= 10 000 мг/дм^3
$С_{НДС}$ = 200 + 13,4 (1000 – 200) = 10 920 мг/дм^3
$С_{НДС}$ = $С_{ст}$ = 10 000 мг/дм^3

Группа веществ с токсикологическим ЛПВ –

В воде водоема по данным Росгидромета присутствуют 2 вещества, относящиеся к 1 и 2 классу опасности по токсикологическому ЛПВ (Зелек-супер – гербицид с ПДК=0,001 мг/дм^3 и Каптан – фунгицид с ПДК= 0,0006 мг/дм^3). Водопользователем сбрасывается 1 одно вещество 2 класса опасности с токсикологическим ЛПВ (ВПК-101-флокулянт).

Следует рассчитать концентрацию этой примеси с учетом разбавления и сравнить величину $\Sigma(С_в/ПДК)$ с допустимой.

4. ВПК-101
Концентрация в воде водоема
$С_В = С_{СТ}/n$ = 0,001/13,4 = 0,00007 мг/дм^3
Отношение концентрации ВПК-101 в воде водоема к ПДК

$C_В$/ПДК = 0,00007/0,0001 = 0,700

Для гербицида Зелек-супер

$C_В$/ПДК = 0,0005/0,001 = 0,500

Для фунгицида Каптан

$C_В$/ПДК = 0,0002/0,0006 = 0,333

$\Sigma(C_В/ПДК) = 0,700+0,500+0,333 = 1,533>1$

Следовательно, необходимо уменьшить норматив допустимого сброса $C_{НДС}$ по флокулянту ВПК-101 таким образом, чтобы сумма отношений фоновых концентраций к ПДК не превышала 1. $(\Sigma(C_Ф/ПДК)) = 1$.

Поскольку гербицид Зелек-супер и фунгицид Каптан не сбрасываются водопользователем, необходимо изменить соотношение $C_В$/ПДК по флокулянту ВПК-101. Предельное значение будет равно:

$C_В$/ПДК = 1–0,333 – 0,500 = 0,167

Тогда $C_В$ = 0,00002 мг/дм^3, и , соответственно, $C_{НДС}$ =0,0002 мг/дм^3

5. Сульфаты

$C_{НДС}$ = 30 + 13,4 (100 – 30) = 968 мг/дм^3

$C_{СТ}$ = 800 мг/дм^3

$C_{НДС} = C_{СТ}$ = 800 мг/дм^3

6,7. Железо и медь

Т.к. фоновое содержание железа и меди в воде водоема превышают ПДК, то для расчета НДС принимается

для железа

$C_{НДС}=C_Ф$=1,5 мг/дм^3

для меди

$C_{НДС}= C_{СТ}$= 0,04 мг/дм^3

Группа веществ с ЛПВ – санитарно-токсикологический.

8. Кальций

$C_{НДС}$= 28+13,4 (180 – 28) = 2065 мг/дм^3

$C_{СТ}$= 560 мг/дм^3

$C_{НДС} = C_{ст}$ = 560 мг/дм^3

9. Хлориды

$C_{НДС}$= 11,4+13,4 (300-11,4) = 3878,64 мг/дм^3

$C_{СТ}$=1980 мг/дм3;

Принимаем $C_{НДС}=C_{СТ}$=1980 мгл/дм3.

Группа веществ с ЛПВ - рыбхозяйственный.

12. Нефтепродукты

$C_{НДС}$=0,02+13,4·(0,05 - 0,02)= 0,416 мг/дм^3.

$C_{СТ}$ = 0,21 мг/дм^3

$C_{НДС}=C_{СТ}$=0,21 мг/дм^3.

В.3. Расчет НДС

Расчетный расход сточных вод q=5,4 $м^3$ /час, НДС= $С_{ПДС}$ ·q

Результат расчета сведен в таблицу:

№ п/п	Показатели свойства вод	$С_{ст}$, мг/$дм^3$	$С_{НДС}$, мг/$дм^3$	НДС, г/ч
1.	Взвешенные вещества	46,6	39,25	212,0
2.	БПК полн.	6,77	6,23	33,6
3.	Сухой остаток	10 000	10 000	540000,0
4.	ВПК-101 (флокулянт)	0,001	0,0002	0.001
5.	Сульфаты	800	800	4320,0
6	Железо	1,75	1,5	8,1
7	Медь	0.04	0.04	0,2
8	Кальций	560	560	3024,0
9.	Хлориды (Cl)	1980	1980	10692,0
11.	Нефтепродукты	0,21	0,21	1,1

В сточных водах относительно принятых допустимых концентраций превышено содержание взвешенных веществ, железа и используемого в технологическом процессе флокулянта.

Водопользователю может быть рекомендована замена ВПК-101 на флокулянт на основе полиакриламида. Спектр данных реагентов достаточно широк, практически все они относятся к 3 или 4 классу опасности и имеют ПДК от 0,01 до 0,8 мг/$дм^3$.

Приложение Г
(справочное)
Пример расчета нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты от отдельного выпуска сточных вод в прибрежную зону моря

Г.1. Исходные данные

Расход сточных вод	q	1 м^3/с
Диаметр выпускного отверстия	d_0	0,7 м
Число выпускных отверстий	N_0	1 шт.
Угол истечения струи	φ	25°
Расстояние выпуска от берега	l_0	40 м
Расстояние по вертикали	$H_в$	5 м
Плотность сточной воды	$\rho_{ст}$	1 т/м^3
Плотность морской воды	ρ_i	1,014 т/м^3
Средняя глубина моря в месте выпуска	H	5 м
Минимальная скорость течения	$U_м$	0,05 м/с

Г.2. Содержание нормируемых веществ в сточной и морской воде.

Вещество	ЛПВ класс	ПДК, мг/дм^3	Концентрация, мг/дм^3	
			сточная вода, $C_{СТ}$	морская вода, $C_{фон}$
Азот аммонийный	токс. 4	2,25	7,5	0,33
Азот нитритный	токс.3	0,02	0,8	0,005
Медь	токс.3	0,005	0,05	0,004

Расчетный случай: плотность сточных вод меньше плотности морской воды ($\rho_{ст} < \rho_м$).

Г.3. Определение начального разбавления n_H.

Порядок расчета разбавления n_H

Величина	Расчетная формула	Расчет
1. Скорость истечения сточной воды из выпускного отверстия	$V_{ст} = \frac{4q}{N_0 \pi d_0^2}$ (25)	$V_{ст} = \frac{4 \cdot 1}{1 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}7^2} = 2{,}6$
2. Число Фруда	$Fr = \frac{V_{ст}}{\sqrt{\frac{g d_0}{\rho_м}(\rho_м - \rho_{ст})}}$ (26)	$Fr = \frac{2{,}6}{\sqrt{\frac{9{,}81 \cdot 0{,}7}{1{,}014}(1{,}014 - 1{,}0)}} = 8{,}44$
3. Определение критерия для оценки числа Фруда	$K_{p1} = 1{,}12\frac{H_в}{d_0}$ (27)	$K_{p1} = 1{,}12\frac{5}{0{,}7} = 8$
4. Выбор формулы для определения начального разбавления	$Fr > K_{p1}$	$8{,}44 > 8$

Величина	Расчетная формула	Расчет
5. Определение диаметра струи в конце зоны начального разбавления	$d = V_{ст} d_0 \sqrt{\frac{38{,}6\left(1-\frac{U_м}{V_{ст}}\right)}{0{,}051+U_м}}$ (32)	$d = 2{,}60 \cdot 0{,}7\sqrt{\frac{38{,}6\left(1-\frac{0{,}05}{2{,}60}\right)}{0{,}051+0{,}05}} = 35{,}24$
6. Сравнение d и H	$\frac{d}{H} > 1$ или $\frac{d}{H} < 1$	$\frac{d}{H} = \frac{35{,}24}{5} > 1$
7. Определение f - параметра, учитывающего условия смешения сточной струи с морской водой	$f = 1{,}825\frac{H}{d} - 0{,}781\left(\frac{H}{d}\right)^2 - 0{,}0038$ (31)	$f = 1{,}825\frac{5}{35{,}24} - 0{,}781\left(\frac{5}{35{,}24}\right)^2 - 0{,}0038 = 0{,}239$
8. Определение n_H	$n_H = \frac{0{,}425 \cdot V_{ст} \cdot f}{0{,}051+U_м}$ (30)	$n_H = \frac{0{,}425 \cdot 2{,}60 \cdot 0{,}239}{0{,}051+0{,}05} = 2{,}61$

Г.4. Определение кратности основного разбавления на участке от места выпуска сточных вод до контрольного створа.

Протяженность участка l=*250 м*.

Параметр	Расчетная формула	Расчет
1. Коэффициенты турбулентной диффузии: - горизонтальный - вертикальный	$D_г = 0{,}032 + 21{,}8U_м^2$ (35) $D_в = 5 \cdot 10^{-4}$ (36)	$D_г = 0{,}032 + 21{,}8 \cdot 0{,}05^2 = 0{,}0865$ $D_в = 0{,}0005$
2. Параметр Z_2	$Z_2 = \left(\frac{qn_H}{H}\right)\frac{1}{U_м H}\sqrt{\frac{D_в}{D_г}}$ (37)	$Z_2 = \frac{1 \cdot 2{,}61}{0{,}05 \cdot 5^2}\sqrt{\frac{0{,}0005}{0{,}0865}} = 0{,}158$
3. Выбор расчетной формулы для определения длины начального разбавления. (Сравнение числа Фруда и критерия $К_{р1}$)	$Fr > K_{p1}$	$8{,}44 > 8$
4. Расчет величины L_H	$L_H = \frac{d-d_0}{0{,}48\left(1-3{,}12\frac{U_м}{V_{ст}}\right)}$ (38)	$L_H = \frac{35{,}215-0{,}7}{0{,}48\left(1-3{,}12\frac{0{,}05}{2{,}60}\right)} = 76{,}50$
5. Выбор расчетной формулы для x_0 и расчет параметра сопряжения начального участка x_0	$Z_2 < 1$ $x_0 = \left(\frac{qn_H}{H}\right)^2 \frac{1}{4\pi \cdot D_г U_м} - L_H$ (39)	$0{,}158 < 1$ $x_0 = \left(\frac{1 \cdot 2{,}61}{5}\right)^2 \frac{1}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}0865 \cdot 0{,}0005} -$ $- 76{,}50 = -71{,}45$
6. Расчет параметра сопряжения x*	$x^* = \frac{H^2 U_м}{4\pi D_в} - x_0$ (40)	$x^* = \frac{5^2 \cdot 0{,}05}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}0005} - (-71{,}45) = 270{,}40$
7. Расчет показателя Z_1	$Z_1 = \frac{l+x_0}{x^*+x_0}$	$Z_1 = \frac{250+(-71{,}45)}{270{,}40+(-71{,}45)} = 0{,}897$

Параметр	Расчетная формула	Расчет
8.Расчет параметра γ_0 ,учитывающего влияние берега на кратность основного разбавления	$\gamma_0 = 1 + \exp\left(-\frac{U_м \cdot l_0^2}{D_z(l_0 + x_0)}\right)$ (42)	$\gamma_0 = 1 + \exp\left(-\frac{0{,}05 \cdot 40^2}{0{,}0865 \cdot [250 + (-71{,}45)]}\right) =$ $= 1{,}006$
9. Определение кратности основного разбавления	$Z_1 < 1$ $n_0 = \frac{Z_1}{\gamma_0 Z_2}$ (43)	$0{,}897 < 1$ $n_0 = \frac{0{,}897}{1{,}006 \cdot 0{,}158} = 5{,}64$

Г.5. Определение кратности разбавления

$$n = n_H \cdot n_0 = 2{,}61 \cdot 5{,}64 = 14{,}72$$

Г.6. Определение концентрации для расчета НДС – $C_{НДС}$

Нормируемые вещества входят в одну группу по ЛПВ – токсикологический, но относятся к 3-4 классу опасности.

Сравниваем ПДК с фоновыми показателями качества воды

Азот аммонийный

$C_{НДС} = C_ф + n\,(ПДК - C_ф) = 0{,}33 + 14{,}72\,(2{,}25 - 0{,}33) = 28{,}58$ мг/дм^3

$C_{НДС} > C_{СТ}$, принимаем $C_{НДС} = C_{СТ} = 7{,}5$ мг/дм^3

Азот нитритный

$C_{НДС} = C_ф + n\,(ПДК - C_ф) = 0{,}005 + 14{,}72(0{,}02 - 0{,}005) = 0{,}2258$ мг/дм^3

$C_{НДС} < C_{СТ}$, принимаем $C_{НДС} = 0{,}2258$ мг/дм^3.

Медь

$C_{НДС} = C_ф + n\,(ПДК - C_ф) = 0{,}004 + 14{,}72(0{,}005 - 0{,}004) = 0{,}019$ мг/дм^3

Принимаем $C_{НДС} = 0{,}019$ мг/дм^3.

Г.7. Расчет НДС

НДС рассчитывается для расхода сточных вод

$q = 1$ м^3/с $= 3600$ м^3/час.

$НДС = q \cdot C_{НДС}$, г/час

Азот аммонийный

$НДС = 3600 \cdot 7{,}5 = 27\,000$ г/час.

Азот нитритный

$НДС = 3600 \cdot 0{,}2258 = 812{,}88$ г/час.

Медь

$НДС = 3600 \cdot 0{,}019 = 68{,}4$ г/час.

Приложение Д
(справочное)
Пример расчета температуры при сбросе теплосодержащих вод в водоток

Д.1. Исходные данные

Метеорологические характеристики

t_a =17,2^{0}С; e = 1430 Па; W_2=2,9 м/с; t_e=21,5^{0}С

Расход охлаждающей воды – 32,4 м^3/с; прирост температуры на конденсаторе – плюс 8,5^{0}С

Сброс подогретой воды производится открытым сбросным каналом трапециевидного сечения: высота столба воды на водовыпуске – 3 м, ширина зеркала – 25 м, уклон боковых стенок – 1:2,5, площадь поперечного сечения, занятая водой, 60 м^2. Длина открытого канала до места сброса – 3000 м.

При расчете температуры, поступающей в водоток, учитывается температурный прирост на конденсаторах и снижение температуры на акватории сбросных каналов.

Площадь водного зеркала сбросного канала 75000 м^2. Снижение температуры на акватории сбросного канала $\Delta t_{ск}$=0,15 ·75000/25 000=0,45 ^{0}С, температура воды при поступлении в водный объект (52):

$t_{сб}$ =21,5 + 8,5 – 0,45 = 29,6 ^{0}С

Сброс осуществляется береговым выпуском.

Расход сточных вод, м^3/с	q	32,4
Глубина сбросного канала в месте сопряжения водовыпуска с водным объектом, м	$h_{вып}$	3,0
Площадь сечения сбросного канала в месте водовыпуска, м^2	F	60
Расстояние выпуска от берега, м	l_0	0 м
Температура сбросной воды, ^{0}С	t	28,3
Расход воды в водоисточнике, м^3/с	Q	678,8
Скорость течения речной воды, м/с	$U_в$	0,282
Плотность сточной воды, кг/м^3	$\rho_{ст}$	996,18
Температура воды водного объекта, ^{0}С	^0C	21,5
Плотность воды водного объекта, кг/см^3	$\rho_в$	997,91
Глубина реки в месте выпуска, м	H	4,0
Расстояние до контрольного створа, м	l	500
Ширина реки в месте водовыпуска, м	B	200

Скорость истечения сбросных вод – $V_{ст}$=32,4/60 = 0,54 м/с.

Начальное разбавление отсутствует, n_H=*1*

Д.2. Определение кратности основного разбавления на участке от места выпуска сточных вод до контрольного створа.

Параметр	Расчетная формула	Расчет
1. Коэффициенты турбулентной диффузии: - горизонтальный - вертикальный	$D_г = 0{,}032 + 21{,}8U_в^2$ (35) $D_в = 5 \cdot 10^{-4}$ (36)	$D_г = 0{,}032 + 21{,}8 \cdot 0{,}282^2 = 1{,}76$ $D_в = 0{,}0005$
2. Параметр Z_2	$Z_2 = \left(\frac{qn_H}{H}\right)\frac{1}{U_в H}\sqrt{\frac{D_в}{D_г}}$ (37)	$Z_2 = \frac{32{,}4 \cdot 1}{0{,}282 \cdot 4^2}\sqrt{\frac{0{,}0005}{1{,}76}} = 0{,}121$
3 Расчет параметра сопряжения, x^*	$Z_2<1$ $x^* = \frac{H^2 U_в}{4\pi D_в}$ (40)	$x^* = \frac{4^2 \cdot 0{,}282}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}0005} = 718{,}5$
4 Расчет показателя Z_1	$Z_1 = \frac{l}{x^*}$ (41)	$Z_1 = \frac{500}{718{,}5} = 0{,}7$
5 Расчет параметра γ_0,учитывающего влияние берега на кратность основного разбавления	$\gamma_0 = 1 + \exp\left(-\frac{Uв \cdot l_0^2}{D_г l_0}\right)$ (42)	$\gamma_0 = 1 + \exp(-0) = 2{,}0$
6 Определение кратности основного разбавления	$Z_1 < 1$ $n_0 = \frac{Z_1}{\gamma_0 Z_2}$ (43)	$0{,}7 < 1$ $n_0 = \frac{0{,}7}{2 \cdot 0{,}121} = 2{,}88$

Объем воды водного объекта, участвующий в разбавлении сточных вод:
$Q_р = (2{,}88\text{-}1) \cdot 32{,}4 = 60{,}9$ м^3/с

При температуре воды в водном объекте 21,5^{0}С, температура воды после смешения:

$T^{/} = (60{,}9 \cdot 21{,}5 + 32{,}4 \cdot 29{,}6) / 93{,}3 = 24{,}3^0$С, что соответствует допустимой температуре для водных объектов рыбохозяйственной категории.

Прирост температуры составит:

$\Delta T = 24{,}3 - 21{,}5 = 2{,}8^0$С, что соответствует допустимому приросту температуры для водных объектов рекреационного водопользования.

Библиография

[1] СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г.) Согласно письму Минюста РФ от 1 ноября 2000 г. № 9295-ЮД настоящие правила в государственной регистрации не нуждаются.

[2] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30 апреля 2003 г. № 78 «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03»// «Российская газета» от 20 июня 2003 г. № 119/1 (специальный выпуск) (с изменениями от 28 сентября 2007 г.).

[3] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19 декабря 2007 г. № 90 «Об утверждении ГН 2.1.5.2307-07» // «Российская газета» от 30 января 2008 г. № 18, (с изменениями и дополнениями от 14 января 2008 г.)

[4] Приказ МПР РФ от 4 июля 2007 г. № 169 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 17 сентября 2007 г. №38.

[5] Приказ Минприроды РФ от 8 июля 2009 г. № 205 «Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 28 сентября 2009 г. N 39.

[6] Приказ МПР РФ от 12 декабря 2007 г. № 328 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» // «Российская газета» от 22 марта 2008 г. № 62.

[7] Приказ Минприроды РФ от 31 октября 2008 г. N 288 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению норматива допустимого сброса государственной функции по выдаче разрешений на выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду» //Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 8 декабря 2008 г. N 49

[8] Приказ Федерального агентства по рыболовству от 4 августа 2009 г. N 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 26 октября 2009 г. N 43

[9] Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» // "Российская газет" от 5 марта 2010 г. N 46

[10] Н.Н. Лапшев «Расчеты выпусков сточных вод» - М.: Стройиздат, 1977.

[11] Н.Д. Родзиллер «Указание по методам расчета смешения и разбавле-

ния сточных вод в реках, озерах и водохранилищах». – Москва, 1977.

[12] Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния вод/ Под ред. А.В. Караушева. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987

gost.e-ecolog.ru