МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»,
профиль «Инженерная защита окружающей среды»

Казань
2019

УДК 504.06
ББК 20.18
С89

С89 Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Инженерная защита компонентов окружающей среды» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Инженерная защита окружающей среды» / Сост. Е.Н. Сундукова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2019. – 23 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам-бакалаврам при выполнении курсового проекта по дисциплине «Инженерная защита компонентов окружающей среды» на тему: «Рациональное использование водных ресурсов и выбор технологии очистки сточных вод».

В указаниях на примере работы пунктов подготовки железнодорожных вагонов рассматривается схема обработки воды оборотного контура обмывки и промывки грузовых вагонов, перевозящих различные грузы. Приводятся указания к расчету технологических параметров оборотного контура воды, к выполнению и оформлению курсового проекта.

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент кафедры ВиВ КГАСУ
А.В. Бусарев

УДК 504.06
ББК 20.18

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2019

© Сундукова Е.Н., 2019

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Инженерная защита компонентов окружающей среды» посвящен изучению методов защиты гидросферы от истощения и загрязнения. Инженерная защита гидросферы от антропогенного влияния, в основном, заключается в рациональном, бережном использовании водных ресурсов при повсеместной очистке всех видов сточных вод (СВ).

Промышленность является крупнейшим водопотребителем. Большая часть воды (70–75%) после использования возвращается в водоем. Неочищенные или недостаточно очищенные СВ загрязняют природную воду и отрицательно действуют на водные экосистемы. Одним из эффективных путей решения данной проблемы является создание замкнутых систем водоснабжения и более широкое их внедрение в промышленности. В таких оборотных системах водоснабжения вода многократно используется в производстве либо без очистки, либо после соответствующей обработки возвращается обратно. При этом исключаются образование отходов и сброс СВ в водоем.

Тема курсового проекта: «Рациональное использование водных ресурсов и выбор технологии очистки сточных вод, образующихся на различных предприятиях». В состав курсового проекта входят две части:

– первая часть посвящена изучению вопросов рационального использования и очистки воды в оборотном контуре обмывки железнодорожных вагонов;

– вторая часть посвящена рассмотрению технологии очистки СВ, образующейся в различных отраслях промышленности или на конкретном предприятии.

Таким образом, задачами курсового проекта являются:

1) расчет водно-солевого баланса оборотного контура обмывки железнодорожных вагонов: определение расходов на продувку и подпитку системы, расчет количества образующихся осадков и шламов, а также расход моющего средства;

2) составление принципиальной блок-схемы технологии очистки воды в оборотном контуре обмывки железнодорожных вагонов;

3) дается характеристика состава СВ, образующихся при обмывке вагонов, и приводится описание всех технологических этапов очистки воды с указанием назначения очистного сооружения и процессов, протекающих в каждом сооружении или аппарате;

4) составление литературного обзора (реферата), в котором по индивидуальному заданию кратко приводится технология производства, состав СВ, и описание технологии очистки производственных стоков или СВ конкретного предприятия, на котором студент проходил производственную практику;

5) составляется принципиальная блок-схема очистки стоков и приводится подробное описание технологической схемы очистки, а также основных очистных аппаратов, применяющихся при этом.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

СВ по происхождению могут быть производственными, бытовыми и атмосферными. Если состав бытовых и атмосферных СВ более или менее однообразен, то состав производственных СВ зависит от вида производства, сырья, применяемой технологии и исходного качества воды. Загрязнения СВ классифицируют по физическому составу (нерастворимые, коллоидные, растворимые) и по происхождению (минеральные, органические и биологические).

Существенное значение в выборе методов и степени очистки СВ, кроме их состава и свойств, имеет характер и мощность водоема, предназначенного для сброса очищенных вод. По назначению водоемы подразделяются на водоемы культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения. В РФ разработаны и действуют санитарные нормы качества СВ, сбрасываемой промышленными предприятиями в систему городской канализации или в водоем. Производственная СВ должна быть доведена до требуемых норм на локальных очистных сооружениях.

1.1. Основы технологических процессов водообработки

Выбор метода обработки воды производится путём сопоставления качества воды в источнике водоснабжения с требованиями, которые предъявляет к нему потребитель. На промышленных предприятиях вода расходуется на различные цели: хозяйственно-питьевые, технологические, на пожаротушение, на благоустройство и т.д. Требования к качеству воды зависят от назначения воды, вида производства и принятой технологии. Такой же подход используется и при очистке любых СВ, т.е. качество воды сравнивается с нормативами сброса в водоем или требованиями к качеству технологической воды.

Основное влияние на процессы очистки воды оказывает фазово-дисперсное состояние примесей. В основе классификации примесей воды по фазово-дисперсной характеристике лежат следующие принципы:

1) фазово-дисперсная характеристика вещества определяет его поведение в воде и отношение к вводимым в воду реагентам, а также приемы и методы очистки воды от этих веществ;

2) многие вещества способны изменять свое фазово-дисперсное состояние под влиянием физико-химических факторов (pH, солевого состава, температуры, воздействие ультразвуком и т.д.).

Согласно этой классификации (табл. 1) все примеси воды делятся на четыре группы, которые образуют с водой дисперсные гетерогенные (1 и 2 группы) и гомогенные (3 и 4 группы) системы.

Таблица 1

Классификация примесей воды и методов их удаления

Гетерогенные системы (с поверхностью раздела фаз)		Гомогенные системы (истинные растворы)	
Грубодисперсные примеси: взвеси, суспензии, эмульсии, планктон, патогенные микроорганизмы	Примеси коллоидной степени дисперсности: высокомолекулярные органические и неорганические вещества, вирусы	Примеси молекулярной степени дисперсности: газы, органические вещества	Примеси ионной степени дисперсности: соли, кислоты, щелочи
1 группа с размерами частиц $10^{-3} – 10^{-5}$ см	2 группа с размерами частиц $10^{-5} – 10^{-6}$ см	3 группа с размерами частиц $10^{-6} – 10^{-7}$ см	4 группа с размерами частиц $10^{-7} – 10^{-8}$ см
Механическое безреагентное разделение: отстаивание (седиментация), процеживание, фильтрование, центрифугирование, обработка на гидроциклонах Коагуляция солями железа и алюминия Флокуляция водорастворимыми полиэлектролитами Флотация Воздействие окислителями, ультразвуком, УФ-излучением, замутнителями и т.д.	Коагуляция солями железа и алюминия Флокуляция водорастворимыми полиэлектролитами (например, полиакриламидом) Воздействие окислителями, ультразвуком, УФ-излучением, замутнителями с последующим удалением из воды	Аэрирование для удаления газов и легколетучих органических соединений Адсорбция на активированных углях и других сорбентах Окисление: химическое, электрохимическое, термическое, каталитическое, биохимическое Экстракция органическими растворителями Эвапорация (перегонка с водяным паром)	Реагентный: перевод ионов в осадок, газообразное или малодиссоциированное состояние Ионный обмен Электродиализ (использование подвижности ионов в электрическом поле) Обратный осмос Дистилляция Газгидратный метод Экстракция молекул воды

Данная классификация справедлива не только для природных, но и для всех видов сточных вод, отличие заключается в концентрации загрязнений и соотношении примесей. Очистка воды обычно начинается с удаления грубодисперсных и коллоидных примесей; методы их удаления наиболее общие и широко используются для обработки практически всех видов вод разного качества и назначения. Способы очистки истинных растворов от нежелательных примесей относятся к методам доочистки, они достаточно дорогие, поэтому применяются часто только в дополнение.

Классификация позволяет решать вопросы удаления загрязнений исходя из их фазово-дисперсного состояния, а не из индивидуальной природы примесей. Такой подход открывает широкие возможности для разработки методов удаления не изученных еще загрязнений, поступающих со сточными водами новых производств.

1.2. Основные показатели степени загрязнения сточных вод

Городские СВ (смесь бытовых, производственных и атмосферных вод) содержат большое количество нерастворенных веществ, органических и минеральных соединений и биологические загрязнения. При очистке на очистных сооружениях канализации, такие воды проходят последовательно механическую и биологическую очистку с последующим обеззараживанием перед выпуском в водоем. Основными показателями качества воды, важными для осуществления этих процессов, являются следующие.

1. *Температура* воды. Кроме влияния на процессы осаждения (осаждение идет быстрее при повышении температуры), она является важным технологическим параметром протекания биологических процессов очистки воды, поскольку влияет на растворимость в воде кислорода, необходимого для микроорганизмов активного ила, и ход биохимических реакций (например, ниже 10^0С биологические процессы сильно замедляются).

2. *Органолептические показатели* качества воды. Непривычные запах, окраска воды, наличие большого количества пены свидетельствуют о появлении новых загрязнений в воде или о залповых сбросах сточных вод промышленными предприятиями. Прозрачность очищенной воды (более 15 см) является одним из косвенных показателей хорошей работы очистных сооружений.

3. *Сухой и плотный остатки* определяются при выпаривании воды и высушивании остатка при 105^0С. Сухой остаток определяется из нефильтрованной пробы воды и характеризует суммарное содержание всех загрязнений (растворенных и нерастворенных веществ). Плотный остаток определяется из предварительно отфильтрованной пробы и отражает суммарное содержание в воде растворенных примесей.

4. *Взвешенные и оседающие вещества*. Взвешенные вещества остаются на бумажном фильтре при фильтровании пробы воды. Грубо взвешенные вещества можно оценить по разности между сухим и плотным остатками. Этот показатель используется для определения количества осадков, образующихся на очистных сооружениях, а также для расчета первичных отстойников, фильтров. Оседающие вещества – это часть взвешенных веществ, оседающих на дно отстойного цилиндра (цилиндра Лисенко) в течение 2 часов (обычно составляют 65–75 % от общей массы взвешенных веществ).

5. *Потери при прокаливании или зольность*. При прокаливании сухого остатка при 600^0С органические вещества сгорают, остаются только минеральные примеси. Обычно зольность городских СВ составляет 25–35%.

6. *Активная реакция среды (pH)* сточной воды должна быть в пределах ***6,5–8,5***, поскольку большие или меньшие значения угнетают жизнедеятельность микроорганизмов и разрушающе действуют на трубопроводы и сооружения.

7. *Химическая потребность в кислороде (ХПК)* характеризует общее содержание в воде органических соединений, окисляющихся с помощью химического окислителя бихромата калия.

8. *Биохимическая потребность в кислороде (БПК)* характеризует содержание в воде органических примесей, способных окисляться с помощью аэробных микроорганизмов. БПК практически полностью совпадает с истинным расходом кислорода на биохимический процесс окисления примесей. В кислородных склянках при определении БПК процесс длится несколько суток, а в аэротенках – несколько часов, что объясняется разной концентрацией активного ила и кислорода.

9. *Отношение БПК/ХПК* характеризует способность загрязнений воды к биологическому окислению. Для городских СВ это отношение в среднем составляет 0,86. Если оно будет *меньше 0,5*, то такую воду очищать биологическим путем нецелесообразно, следует применять физико-химические методы для очистки. Разность *(ХПК – БПК)* для смешанных СВ указывает на долю производственных СВ в смеси.

10. *Содержание растворенного кислорода.* В СВ он отсутствует, а в сооружения биологической очистки – аэротенки его подают с помощью воздуходувок и ежедневно контролируют его содержание в ходе химического анализа. Концентрация кислорода в аэротенке должна быть не *менее 2 мг/л*, а на выпуске очищенной воды в водоем – не менее *4 мг/л*, если вода сбрасывается в водоем культурно-бытового назначения и не менее *6 мг/л* при сбросе в рыбохозяйственный водоем.

11. *Содержание соединений азота и фосфора,* являющихся важнейшими элементами питания микроорганизмов. Оптимальным считается соотношение *БПК:N:P = 100:5:1.* В бытовых СВ это соотношение выполняется, при очистке производственных СВ иногда приходится добавлять азот и фосфор в виде минеральных удобрений.

12. *Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).* Наличие в СВ СПАВ сверх нормативов снижает способность взвешенных веществ к осаждению. В сооружениях (приемной камере, аэрируемых песколовках и аэротенках) образуется большое количество пены, что угнетает жизнедеятельность микроорганизмов.

13. *Содержание токсичных веществ* в воде – тяжелых металлов, красителей, растворителей, пестицидов, гербицидов, нефтепродуктов и др. также нормируется, поскольку они губительно действуют на микроорганизмы. Особенно такие загрязнения характерны для производственных СВ, поэтому чаще для очистки таких стоков применяют физико-химические или химические методы очистки.

14. *Биологические загрязнения* в виде яиц гельминтов, колиформных бактерий, энтерококков, лактобацилл, грибов, дрожжей и других микроорганизмов, в том числе и патогенных, также присутствуют в СВ. Контроль их содержания в воде осуществляется по таким микробиологическим показателям, как: *общее микробное число, общие и термотолерантные колиформные бактерии, яйца гельминтов (острец, аскарид, власоглава и др.)*. Последний показатель позволяет оценить уровень санитарного состояния населенного пункта отражает общую и видовую пораженность населения гельминтозами.

15. *Специфические* загрязнения, характерные только для данного производства: остатки сырья, химических реагентов, побочных продуктов синтеза, примесей, присутствовавших в сырье, реагентах и т.п.

1.3. Основные методы очистки сточных вод

Различают деструктивные и регенеративные методы очистки СВ. Первые основаны на разрушении загрязнений при помощи окислительно-восстановительных реакций. Регенеративные методы основаны на извлечении из воды ценных веществ, которые не меняют в процессе очистки своего строения и направляются на дальнейшую переработку.

Методы очистки СВ подразделяются также на механические, физико-химические, химические и биологические.

Механическими методами удаляют из воды взвешенные вещества, разделяют суспензии и эмульсии. К сооружениям механической очистки относятся: решетки, сетки, отстойники, песколовки, нефтеловушки, жироловки. Для фильтрования воды используют фильтры различных конструкций с разными загрузками и фильтровальными перегородками. Центрифуги чаще используют для отделения или обезвоживания осадков СВ. С помощью гидроциклонов можно быстро грубо очистить воду одновременно от взвешенных веществ и маслонефтепродуктов.

К *физико-химическим* относятся регенеративные методы, среди которых важное место занимает коагуляция, флотация, гиперфильтрация, сорбция, экстракция, эвапорация, ионный обмен и множество других, например, электрохимические методы.

Химические (деструктивные) методы достаточно дороги, поскольку требуют организации и эксплуатации большого реагентного хозяйства, применяются, в основном, для очистки производственных СВ. Важными химическими методами являются: осаждение, нейтрализация, окисление и восстановление.

1. Химическое *осаждение* применяют для очистки воды, например от ионов тяжелых металлов. Основными осадителями являются известь $Ca(OH)_2$ и сульфид натрия Na_2S. Тяжелые металлы с ними образуют соответственно нерастворимые гидроксиды или сульфиды, для лучшего осаждения которых применяют коагулянты.

2. Операцию *нейтрализации* СВ применяют в случае, если ее pH находится вне пределов 6,5–8,5. *Кислые* стоки с pH < 6,5 нейтрализуют

щелочными агентами известью $Ca(OH)_2$ или содой Na_2CO_3, фильтрованием через щелочные минералы и породы (мел, известняк, доломит, мраморную крошку). *Щелочные* воды с pH > 8,5 нейтрализуют действием кислот (например, технической серной кислотой H_2SO_4), кислыми дымовыми газами, содержащими CO_2, NO_2, SO_2. Наиболее экономичным является метод нейтрализации кислых и щелочных вод, образующихся на одном или соседних предприятиях, путем их смешения в соответствующих объемах.

3. При воздействии химических *окислителей* или *восстановителей,* вредные вещества переходят в безвредные газы, воду, простые минеральные соединения и удаляются из воды в виде газов и осадков. Методы окисления широко применяются и для обеззараживания воды.

Методы *биологической* очистки чаще применяют для обработки городских и производственных СВ, содержащих большое количество органических загрязнений. Микроорганизмы активного ила используют органические примеси в качестве питательных веществ и, в присутствии кислорода, окисляют их до простых минеральных соединений (соединений углерода, водорода, азота, фосфора и серы с высшей степенью окисления), тем самым очищая воду.

Со всеми перечисленными методами следует подробно ознакомиться по учебникам. Нужно понять сущность процессов, лежащих в основе очистки воды; разобраться в основных преимуществах и недостатках каждого метода, очистного оборудования, изучить возможности комбинирования как методов, так и сооружений. Особенно это касается рассматриваемых в проекте процессов и применяемых сооружений.

1.4. Применение замкнутых систем водоснабжения в промышленности

В производственном водоснабжении применяются три схемы использования воды: прямоточная, повторная и оборотная. В прямоточных схемах вода после использования и очистки сбрасывается в водоем. В основном она используется для противопожарного и хозяйственно-питьевого водоснабжения и для технологических нужд в пищевой и фармацевтической промышленности. Повторная схема предполагает последовательное использование воды в нескольких технологических процессах, после чего обрабатывается и сбрасывается в водоем.

В оборотных (замкнутых) системах вода многократно используется в одном и том же технологическом процессе. В зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования оборотное водоснабжение подразделяется на:

1) «чистые циклы» – для воды, которая при использовании только нагревается (около 80% от общего потребления);

2) «грязные циклы» – для воды, которая только загрязняется (от 5 до 13% от общего потребления);

3) «смешанные циклы» – для воды, которая одновременно загрязняется и нагревается.

Поэтому вода в системе оборотного водоснабжения может быть подвергнута различной обработке. Если вода является теплоносителем, как в первом случае, то перед последующим использованием ее охлаждают в пруду, брызгательном бассейне или градирне, где она охлаждается до 15–20^{0}С (в зависимости от климатических условий) и снова возвращается в производство для охлаждения оборудования или продукции. Качество охлаждающей воды обычно жёстко не нормируется, так как оно зависит от условий применения. Контроль осуществляется по таким химическим показателям, как: жесткость общая и карбонатная, активная реакция среды pH, взвешенные вещества, ХПК, БПК, содержание биогенных элементов и растворенного кислорода, солесодержание, термостабильность и интенсивность биообрастаний.

Когда вода служит для промывки сырья, деталей и оборудования, в качестве поглощающей или транспортирующей среды для различных примесей, то она перед возвращением её в оборотный цикл очищается на очистных сооружениях. Иногда воду и очищают, и охлаждают.

В системах оборотного водоснабжения существуют *безвозвратные потери воды*: *испарение, унос ветром при разбрызгивании, удаление с образующимися осадками, утечки* и т.д. Средние потери воды от испарения составляют обычно 2,5%, от капельного уноса – 0,3–0,5%. В процессе эксплуатации предусматривается периодическая или непрерывная *продувка* – удаление образовавшихся осадков и всплывших нефтепродуктов. Сумма всех потерь называется *подпиткой* и потери воды в контуре ежесуточно компенсируются дополнительным, так называемым *подпиточным количеством свежей воды* из источника питьевой воды. Обычно общее количество подпиточной воды не должно превышать 5–10% от объема воды, циркулирующей в системе.

Поскольку требования к воде в различных технологических процессах отличаются друг от друга, то создаются технологические оборотные контуры воды (1,2 и более). Как правило, объединению подвергаются однородные технологические процессы, качество воды в которых близко по характеру загрязнений. Очистка оборотной воды производится на очистных участках контура. Для восполнения потерь и снижения забора чистой воды из источника, оборотный контур предприятия пополняется доочищенной до требуемых норм СВ, предварительно прошедшей биологическую очистку, или очищенными дождевыми стоками.

При проектировании водооборотных систем предприятий, должны соблюдаться следующие принципы:

– сточная вода после промежуточной очистки должна использоваться в том же технологическом процессе, где она возникла;

– качество очищенной воды не должно ухудшать параметры технологического процесса;

– качество очищенной воды должно обеспечивать создание бессточных систем, по возможности, без дополнительного применения чистой водопроводной воды;

– качество воды в пределах установленного уровня должно обеспечиваться известными методами очистки воды применительно к каждому технологическому процессу.

Применение замкнутых систем водопользования на предприятиях позволяет.

1) сократить расход воды на производственные нужды в 7–10 раз;

2) сократить расход химических реактивов для приготовления растворов и электролитов в 1,5–2 раза;

3) исключить залповые сбросы загрязнённых сточных вод;

4) снизить нагрузку на городские канализационные очистные сооружения;

5) обеспечить охрану водоемов от истощения и загрязнения.

В курсовом проекте проводится анализ использования замкнутой системы водоснабжения на пункте подготовки железнодорожных вагонов, которые обслуживают и строительную отрасль промышленности, поскольку загрязненные СВ образуются при наружной обмывке и внутренней промывке грузовых вагонов, перевозящих различные грузы (уголь, древесину, строительные материалы – цемент, гравий, щебень, гипс, химикаты, удобрения, полимерные материалы и готовые изделия). После соответствующей очистки (изучается технология очистки), вода направляется на повторное использование в этом же технологическом процессе. С целью освоения технологических параметров работы оборотного контура в курсовом проекте проводится также их расчет.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ И РАСЧЁТ ОБОРОТНОГО КОНТУРА ОБМЫВКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

При наружной обмывке грузовых вагонов, электропоездов, дизельных поездов и кузовов локомотивов образуются СВ, загрязнённые минеральной взвесью, эмульгированным маслом, остатками перевозимых грузов и моющими средствами, в состав которых входят поверхностно-активные вещества (ПАВ) и кислоты. В СВ содержится до 300 мг/л нефтепродуктов, большое количество минеральной и органической взвеси (до 250 мг/л).

На пунктах подготовки подвижного состава наружную обмывку вагонов осуществляют с помощью специальной моечной машины, включающей систему труб с насадками для моющего раствора и обмывочной воды, а также систему вращающихся щёток, количество которых доходит до восьми пар. Моющий раствор готовят на основе технического моющего средства (ТМС), в состав которого входят следующие компоненты:

– ПАВ-алкиларилсульфонат – 40%;

– триполифосфат натрия – 20%;

– сульфат натрия – 25%;

– силикат натрия – ингибитор коррозии – 5%;

– вода – 10%.

Машина находится на открытой площадке или в закрытом ангаре. По мере продвижения подвижного состава со скоростью 0,4–0,5 км/час, с него

смывают грубые загрязнения, наносят моющий раствор, растирают его по поверхности и обмывают подогретой водой с помощью щёток. Подогрев обмывочной (оборотной) воды проводят в котельной. Заключительной операцией является обмывка вагонов свежей водой. Обмывочная вода стекает с подвижного состава в межрельсовый лоток, проходит очистку и используется повторно (рис. 1).

Пользуясь технологической схемой очистки воды, представленной на рис. 1:

1) составить и начертить принципиальную блок-схему очистки воды с указанием направления всех потоков (воды, воздуха, химических реагентов, их растворов, образующихся осадков и т.д.), лист 1 формата А1;

2) описать сооружения и аппараты, входящие в технологическую схему, все этапы очистки воды от загрязнений и процессы, протекающие в каждом сооружении;

3) произвести расчет водно-солевого баланса оборотного контура обмывки железнодорожных вагонов; определить расход на продувку и подпитку системы, а также расход моющего средства. Исходные данные для расчета согласно варианту следует взять из табл. 2, которая приведена в конце методических указаний, и из задания на курсовой проект.

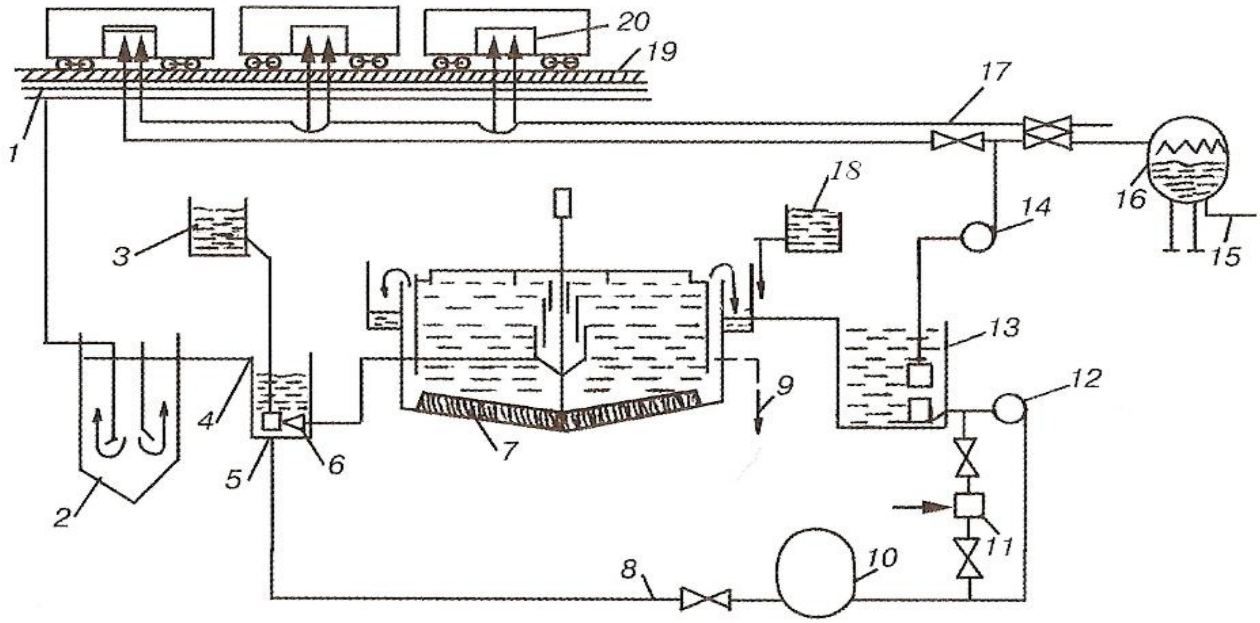

Рис. 1. Схема оборотного использования воды при промывке грузовых вагонов: 1 – прирельсовый сборный лоток; 2 – колодец-предотстойник; 3 – дозатор коагулянта; 4 – отводящий лоток; 5 – гидроэлеватор; 6 – промежуточный резервуар; 7 – флотатор-отстойник; 8 – рециркуляционный трубопровод; 9 – выпуск нефтепродуктов; 10 – напорный бак; 11 – воздушный эжектор; 12 – рециркуляционный насос; 13 – резервуар для очищенной воды; 14 – насос для подачи воды на промывку; 15 – выпуск в канализацию; 16 – фильтр для доочистки сбрасываемой воды; 17 – водопровод; 18 – хлоратор; 19 – решетка; 20 – обмываемые вагоны

2.1. Расчет водно-солевого баланса оборотного контура обмывки вагонов

1. *Определение количества образующегося осадка, кг/сут.*:

$$P_1 = \frac{V_1 \cdot N \cdot (C_2 - C_1)}{\alpha \cdot 10^3},$$

где V_1 – расход воды на обмывку одного вагона без использования моющего средства, равный 1,5 м^3/вагон;

N – число обмываемых вагонов в сутки, штук;

C_2 – концентрация взвешенных веществ в отработанной воде, г/м^3;

C_1 – допустимая концентрация взвешенных веществ в оборотной воде, принимается C_1=75 г/м^3;

α – доля твёрдой фазы в осадке;

10^3 – коэффициент перевода г в кг.

2. *Определение количества воды, теряемого с осадком, м^3/сут.*:

$$OC = P_1 \cdot (1-\alpha) \cdot 10^{-3},$$

где *(1–α)* – доля воды в осадке.

3. *Определение количества уловленных нефтепродуктов, кг/сут.*:

$$P_2 = \frac{V_1 \cdot N \cdot (C_4 - C_3)}{\beta \cdot 10^3},$$

где N – число обмываемых вагонов в сутки, штук;

C_4 – концентрация нефтепродуктов в отработанной воде г/м^3;

C_3 – допустимая концентрация нефтепродуктов в отработанной воде, принимается C_3=20г/м^3;

β – доля нефтепродуктов в отводимой смеси;

10^3 – коэффициент перевода г в кг.

4. *Определение количества воды, теряемого с удаляемыми нефтепродуктами, л/сут.:*

$$НП = P_2 \ (1-\beta),$$

где *(1–β)* – доля воды в уловленных нефтепродуктах.

5. *Определение объёма воды, теряемого при уносе и разбрызгивании в процессе машинной обмывки подвижного состава, м^3/сут.*:

$$У = \frac{V_1 \cdot N \cdot K_1}{100},$$

где K_1 – коэффициент потерь воды на унос и разбрызгивание, принимается равным 2%;

100 – перевод процентов в долю.

6. *Определение объема воды, теряемого при испарении, м^3/сут.:*

$$И = \frac{V_1 \cdot N \cdot K_2 \cdot (t_1 - t_2)}{100},$$

где K_2 – коэффициент на испарение воды, зависящий от времени года (0,2% для лета);

t_1 – начальная температура обмывочной воды, ^{o}C;

t_2 – конечная температура обмывочной воды, ^{o}C;

100 – перевод процентов в долю.

7. *Определение количества солей, поступающих в оборотную воду без применения моющих растворов (смытых с вагонов), г/сут.:*

$$m_1 = C_5 V_1 \cdot N,$$

где C_5 – увеличение солесодержания оборотной воды *(г/м^3 в·сут.)*, которое принимается равным C_5 =10 г/м^3 в сутки.

8. *Определение массы солей, поступающих в оборотную воду при использовании моющих средств (для смачивания загрязнений вагонов), г/сут.* Избыток моющего раствора стекает в лоток в количестве 1/2 от наносимого его количества на вагон, оставшаяся часть ТМС находится на стенках вагона.

$$m_2 = 1/2\ V_1\ N\ C_6\ \alpha_1 + m_1,$$

где V_1 – расход раствора ТМС, равный V_1 =5 л/вагон;

N – число обмываемых вагонов в сутки, штук;

C_6 – концентрация раствора ТМС, г/л;

α_1 – доля неистраченного моющего раствора;

m_1 – масса солей, смытых водой с вагона, г/сутки.

9. *Определение солесодержания оборотной воды “C_x” без продувки контура (П=0) и без применения моющего раствора, г/м^3*:

$$(У+ОС+НП+П)\ C_x = (И+У+ОС+НП+П)\cdot C_{доб} + Q_{доп},$$

где *У* – потеря воды от капельного уноса, м^3/сут;

ОС – потеря воды с удалённым осадком (нефтешламом) м^3/сут.;

НП – потеря воды с выделенными нефтепродуктами, м^3/сут.;

И – потеря воды от испарения, м^3/сут;

$C_{доб}$ – солесодержание добавочной воды, мг/л (г/м^3);

$Q_{доп} = m_1$, это количество поступивших в воду контура солей с обмывочной водой, г/сут.

10. *Определение солесодержания оборотной воды “C_x” без продувки контура (П=0) с применением 3% моющего раствора (см. пункт 9).*

$$Q_{доп} = m_2\ ,г/сут.$$

Заключительной стадией процесса является ополаскивание вагонов водопроводной водой с температурой 60–80^{0}С. В этом случае солесодержание C_x в оборотном контуре допускается до концентрации 3000 – 4000 г/м^3, поэтому объем продувки *П* (м^3/сут) рассчитывается, если C_x окажется большим или равным 3000 г/м^3.

11. *Рассчитать процент продувки от суточного потребления воды*

$$W = V_1\ N,\ м^3/сут.$$

12.*Определение объема подпитки, м^3/сут*:.

$$Q_{подп} = И+У+ОС+НП+П.$$

13. *Рассчитать процент подпитки от суточного потребления воды.*

14. *Определение дополнительной потери воды за сутки, м^3/сут.*

Эта величина рассчитывается как 6% от суточной подачи воды на подпитку. Она оценивает необходимое количество воды для компенсации потерь при транспортировке в системе за счет неплотностей и утечек. При большем расходе воды в систему будет поступать избыток, который приведёт к переливу воды в системе, т.е. неоправданному сбросу в канализацию.

2.2. Расчет расхода моющих средств

В процессе мойки вагонов происходит безвозвратная потеря ТМС.

1. *Определение расхода моющего средства, кг/вагон:*

$$m_3 = \frac{C_6 \cdot V_2}{1000} \cdot K_3,$$

где C_6 – концентрация моющего средства, г/л;

K_3 – коэффициент возврата ТМС;

V_2 – расход моющего средства ТМС, л/вагон;

1000 – пересчет г в кг.

2. *Определение суточного расхода моющего раствора, м^3/сут.:*

$$V_3 = \frac{m_3 \cdot N}{C_6},$$

где m_3 – расход массы моющего средства, кг/вагон;

N – количество обмываемых вагонов в сутки;

C_6 – концентрация моющего раствора г/л.

3. *Определение количества осадка в сборном баке моющего раствора, кг/сут.:*

$$P_3 = \frac{V_3 \cdot (C_7 - C_1)}{\alpha_2 \cdot 1000},$$

где V_3 – суточный расход моющего раствора, м^3/сут;

C_7 – концентрация взвешенных веществ в собранном растворе, образовавшемся после очистки, г/м^3;

C_1 = 75 г/м^3 – норма содержания взвешенных веществ в оборотной воде;

α_2 – доля твёрдой фазы в осадке;

1000 – коэффициент перевода г в кг.

4. *Определение количества всплывающих нефтепродуктов в сборном баке, после мойки, кг/сут.:*

$$P_4 = \frac{V_3 \cdot (C_8 - C_3)}{\gamma \cdot 1000},$$

где V_3 – суточный расход моющего раствора, м^3/сут.;

C_8 – концентрация нефтепродуктов в собранном моющем растворе, г/м^3;

C_3 = 20 г/м^3– норма содержания нефтепродуктов в оборотной воде (в растворе), г/м^3;

γ – доля нефтепродуктов во всплывшем слое собранного моющего раствора.

5. *Определение количества моющего раствора, теряемого с удаляемым из бака осадком, кг/сут.:*

$$ОС_{МР} = Р_3 \cdot (1 - \alpha_2),$$

где $(1 - \alpha_2)$ – доля воды в осадке.

6. *Определение количества моющего раствора, теряемого с нефтепродуктами, кг/сут.:*

$$НП_{МР} = Р_4 \cdot (1 - \gamma),$$

где $(1 - \gamma)$ – доля воды во всплывшем слое.

7. *Определение количества моющего раствора, разбрызгивающегося при нанесении его с помощью сопел моечной машины, м^3/сут.:*

$$У_{МР} = \frac{J_1 \cdot V_3}{100},$$

где V_3 – расход моющего раствора, м^3/сут;
J_1 – потери моющего раствора при разбрызгивании, % (J_1 = 3%);
100 – перевод из процентов в долю.

8. *Определение потери моющего раствора от испарения при машинной обмывке вагонов, м^3/сут.:*

$$И_{МР} = \frac{J_2 \cdot (t_2 - t_1) \cdot V_3}{100},$$

где J_2 – коэффициент, зависящий от времени года, J_2 = 0,2% для лета;
t_1 – начальная температура обмывочной воды, ^{o}С;
t_2 – конечная температура обмывочной воды, ^{o}С;
V_3 – суточный расход моющего раствора, м^3/сут.;
100 – перевод из процентов в долю.

9. *Определение общих потерь моющего раствора, ($ПМ_{общ}$), м^3/сут.*:

$$ПМ_{общ} = И_{МР} + У_{МР} + ОС_{МР} + НП_{МР}.$$

10. *Рассчитать процент общих потерь моющего раствора от суточного расхода моющего раствора.*

Сделать вывод о потерях воды в оборотном контуре, о соответствии их нормативам; предложить мероприятия по совершенствованию работы и сокращению расходов воды.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ ИЛИ КОНКРЕТНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Вторая часть курсового проекта выполняется по индивидуальному заданию и посвящена изучению технологии очистки СВ, образующихся в различных отраслях производства или на конкретном предприятии.

На основании анализа литературных данных строится или разрабатывается самостоятельно принципиальная технологическая блок-схема очистки стоков (лист 2 формата А1), а в пояснительной записке составляется описание предлагаемой технологии, процессов и основных очистных сооружений. Описание технологии должно соответствовать, изображенной на листе схеме.

Предварительно проводится анализ научно-технической литературы по данной теме и составляется реферат (литературный обзор), в котором кратко излагается технология производства, дается характеристика сырья, приводится и анализируется возможный состав СВ, их объемы и концентрации загрязнений. В литературном обзоре по заданию преподавателя могут рассматриваться также следующие вопросы:

– обзор методов очистки СВ от тех или иных загрязнений;
– анализ технологических схем очистки СВ того или иного производства;
– методы интенсификациии тех или иных методов очистки СВ;
– методы совершенствования и повышения эффективности работы очистного оборудования.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка (ПЗ) к курсовому проекту объемом 30–35 страниц выполняется на писчей бумаге формата А4 на одной стороне листа. Оформление ПЗ должно быть максимально приближено к требованиям, предъявляемым к оформлению ПЗ выпускных квалификационных работ в соответствии с требованиями ГОСТов к оформлению технической документации. ПЗ должна включать в себя элементы (при необходимости разбитые на разделы и подразделы) в следующей последовательности:

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовой проект.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Описание технологической схемы использования и очистки воды в оборотном контуре обмывки железнодорожных вагонов.
6. Исходные данные к расчету.

7. Расчёт водно-солевого баланса оборотного контура.

8. Расчет расхода моющего средства.

9. Выводы.

10. Литературный обзор.

11. Описание блок-схемы очистки сточной воды конкретного предприятия или производства согласно индивидуальному заданию.

12. Список литературы.

Все листы ПЗ должны:

– иметь рамку на расстоянии 20 мм от левого края и по 5 мм справа, сверху и снизу листа;

– иметь основную надпись («штамп») на первом листе раздела «Содержание»;

– включаться в нумерацию, но номера листов на титульном листе и задании не ставятся.

Текст выполняется на компьютере шрифтом Times New Roman через 1,5 интервала, размер шрифта – 14. Расстояние от рамки листов до границ текста: в начале и в конце строк 3–5 мм, сверху и снизу – 10 мм, абзацы выделяются отступами в 1,25. Небольшие недочеты допускается исправлять вручную замазыванием «штрихом» с последующим исправлением черным цветом.

На *титульном листе* сверху последовательно приводятся без сокращений названия министерства, университета, кафедры, наименование работы, дисциплины, темы и обозначения работы. Обозначение состоит из шифра работы и групп двузначных чисел, разделенных точками:

первая группа букв – условный шифр работы (КП – курсовой проект);

вторая – год выполнения работы;

третья – код института;

четвертая – код кафедры ХИЭС;

пятая – номер варианта задания.

Другие разделы *текстовой части* ПЗ обозначаются арабскими цифрами без точки, записываются с абзацного отступа с заглавной буквы, перенос слов и подчеркивание заголовков не допускаются. Подразделы нумеруются внутри каждого раздела и состоят из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенные точкой. В конце номера точка не ставится. Разделы и подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов. При перечислении могут использоваться буквы или арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, например:

а)_____

б)_____

1)_____

2)_____

в)_____

В тексте ПЗ не допускается применять:

– обороты разговорной речи, жаргоны, технизмы, профессионализмы;

– нестандартные сокращения слов;

– математические знаки без числовых значений;

– индексы стандартов, ГОСТов, ТУ, СанПиНов без регистрационного номера.

Используемые в расчетах *формулы* должны быть пронумерованы в пределах раздела или в пределах всей ПЗ. Номер состоит из номера раздела и номера формулы, разделенные точкой. Располагают номер в круглых скобках справа от формулы на границе текста.

Таблицы располагаются по тексту как можно ближе к месту ее первого упоминания. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Названия таблиц должны отражать ее содержание, быть точным и кратким. Если данные таблицы взяты из литературы, ссылка на источник указывается в конце названия в квадратных скобках. При переносе таблицы на другую страницу, название помещают только над первой частью, а столбцы дополнительно нумеруют и на второй странице указываются только номера столбцов. При ссылке в тексте на таблицу следует писать слово «таблица» с указанием ее номера. Допускается нумеровать таблицы в пределах всей ПЗ или в каждом разделе отдельно: номер таблицы в этом случае будет состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенные точкой. Название таблицы в технической документации выглядит следующим образом: «Таблица 1.1 – Результаты анализа поступающей и очищенной воды».

Иллюстрации (рисунки, фотографии, схемы) могут быть расположены по тексту как можно ближе к его соответствующей части, в конце текста или даны в приложении. Все иллюстрации подписываются словом «Рисунок 1» или «Рисунок 2.1», где число означает порядковый номер иллюстрации в пределах всего документа или в пределах одного раздела. Ссылаются на иллюстрацию следующим образом: «…в соответствии с рисунком 2.1» или «…на рисунке 1». Поясняющие данные помещают сразу под рисунком, а наименование ниже поясняющих данных симметрично изображению.

Раздел «Список литературы» должен содержать перечень использованной литературы в порядке появления ссылок в тексте. Ссылку в тексте следует приводить в квадратных скобках, например, [1–3; 6] или [2].

Графическая часть (ГЧ) проекта выполняется на 2-х листах ватмана формата А1 с применением компьютерной графики. Расположение листов может быть горизонтальным (основная надпись по длинной стороне в правом нижнем углу чертежа) или вертикальным (основная надпись по короткой стороне). Листы чертежей должны иметь рамки, выполненные основной линией на расстоянии 20 мм от левого края и по 5 мм справа, сверху и снизу. Толщина основной линии принимается в пределах 0,5–1,4 мм в зависимости от формата, величины и сложности чертежа.

Схемы на чертежах выполняются в последовательности: слева–направо, сверху–вниз. В учебных целях на принципиальных блок схемах

названия сооружений пишутся на поле фигуры, которой обозначается это сооружение. На схеме указываются и обозначаются направления всех потоков: воды, воздуха, отходов, химических реагентов, их растворов, нефтепродуктов, образующихся осадков и т.д. Желательно показать также, что в общем случае в дальнейшем происходит с водой или осадками. На схеме линии, обозначающие разные потоки, не должны пересекаться, быть слишком длинными; схема, по возможности, должна быть построена как можно более компактной.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов В.Ю., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов: – М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

2.Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учеб. пос. – 2-изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.

3. Зубрев Н.И., Байгулова Т.М., Зубрева Н.П. Теория и практика защиты окружающей среды: учеб. пос – М.: Желдориздат, 2004. – 392 с.

4. Щелоков Я.М Экологические проблемы энергоемких производств: Справочное издание. – М.: Теплотехник, 2008. – 304 с.

5. Инженерная защита окружающей среды / под общ. ред. Ю.А. Бирмана и Н.Г. Бурдовой. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 296 с.

6. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий. – М.: Издательство АСВ, 1997. – 256 с.

7. Яковлев С.В., Волков Л.С., Воронов Ю.В., Волков В.Л. Обработка и утилизация осадков производственных сточных вод.– М.: Химия, 1999. – 448 с.

8. Алексеев Л.С. Контроль качества воды. – М.: Инфра-М, 2004.– 154 с.

9. Ксенофонтов Б.С. Флотационная очистка сточных вод. – М.: Новые технологии, 2003. – 160 с.

10. Алексеев Е.В. Физико-химическая очистка сточных вод. – М.: Изд. АСВ, 2007. – 248 с.

11. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами: научное издание. – М.: Изд. АСВ. 2008. – 272 с.

12. Ивчатов А.Л., Малов В.И. Химия воды и микробиология. – М.: Изд. ИНФРА-М, 2015. – 218 с.

13. Комплексное использование водных ресурсов: учеб. пос. / С.В. Яковлев, И.Г. Губий, И.И. Павлинова и др. – М.: Высшая школа, 2005. – 384 с.

14. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.

15. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1987. – 312 с.

16. Алексеев Л.С., Павлинова И.И., Ивлева Г.А. Основы промышленного водоснабжения и водоотведения. – М.: Изд-во АСВ, 2013. – 360 с.

17. Пугачев Е.А., Исаев В.Н. Эффективное использование воды: научное издание. – М.: Изд. АСВ, 2012. – 432 с.

18. Пугачев Е.А. Технология эффективного водопользования в промышленности: монография. – М.: Изд. АСВ, 2011. – 176 с.

19. Кирсанов В.В., Смолко А.А. Инженерная экология. учеб. пос. – Казань: Изд. Каз. гос. техн. ун-та, 2010. – 247 с.

20. Кирсанов В.В. Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: монография. – Казань: Изд. Каз. гос. техн. ун-та, 2010. – 264 с.

21. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.

22. Завьялов С.Н. Мойка автомобилей. – М.: Транспорт, 1994. – 176 с.

23. Научно-технические периодические издания – журналы: «Водоснабжение и санитарная техника», «Вода и экология», «Экология производства», «Химия и технология воды» и др.

Таблица 2

Исходные данные к расчету оборотного контура обмывки железнодорожных вагонов

Вариант	Параметры оборотного контура															
	Количество обмываемых вагонов в сутки, N, шт.	Объём воды в системе контура, W, $м^3$	Концентрация взвеси в отработанной воде, C_2, $г/м^3$	Концентрация нефтепродуктов в отработанной воде, C_4, $г/м^3$	Начальная температура воды, t_1, ^0C	Конечная температура, воды t_2, ^0C	Доля твёрдых веществ в осадке, α	Доля нефтепродуктов в отводимой смеси, β	Доля неистраченного ТМС, α_1	Расход ТМС, V_2 л/вагон	Концентрация ТМС, C_6 г/л	Коэф. возврата ТМС, K_3	Доля тв. фазы в осадке в сборном баке моющего раствора, α_2	Доля всплыших нефтепродуктов в собранном моющем растворе, γ	Конц. взв. веществ в собранном моющем растворе, C_7, $г/м^3$	Конц. нефтепродуктов в собранном моющем растворе, C_8, $г/м^3$
1	100	56	310	65	84	52	0,4	0,6	0,5	4,6	28	0,5	0,6	0,08	117	100
2	102	58	306	67	85	53	0,5	0,7	0,4	4,5	29	0,4	0,7	0,14	110	105
3	104	59	304	69	85	54	0,4	0,6	0,5	4,6	30	0,5	0,5	0,17	105	101
4	106	60	311	71	84	51	0,4	0,8	0,5	4,5	32	0,4	0,6	0,19	107	106
5	108	61	308	70	85	52	0,5	0,7	0,4	4,6	33	0,5	0,7	0,23	111	100
6	107	60	307	70	85	51	0,5	0,8	0,4	4,5	32	0,4	0,6	0,21	109	115
7	110	64	309	71	85	53	0,4	0,7	0,5	4,6	32	0,4	0,5	0,20	112	116
8	112	68	315	72	84	52	0,5	0,8	0,4	4,5	32	0,5	0,5	0,19	120	112
9	114	69	319	73	83	51	0,4	0,7	0,5	4,6	33	0,4	0,6	0,23	110	102
10	116	70	313	75	82	53	0,5	0,8	0,4	4,6	32	0,5	0,4	0,11	105	116
11	117	72	316	76	81	54	0,4	0,8	0,5	4,7	31	0,4	0,5	0,09	106	114
12	115	75	317	78	84	52	0,4	0,7	0,5	4,5	34	0,5	0,6	0,22	107	110
13	105	62	310	69	85	52	0,5	0,8	0,5	4,6	33	0,4	0,6	0,27	108	115
14	103	60	311	67	85	51	0,4	0,7	0,4	4,6	31	0.,5	0,7	0,24	109	120
15	95	52	305	70	81	52	0,35	0,6	0.4	4,5	32	0,4	0,6	0,25	115	104
16	97	54	309	61	83	51	0,35	0,75	0,4	4,5	29	0.5	0,5	0,21	116	105
17	120	78	324	82	82	57	0,6	0,8	0,3	4,6	37	0,4	0,7	0,15	117	107
18	98	58	307	64	84	55	0,4	0,7	0,3	4,6	32	0.4	0,5	0,13	104	115
19	122	80	331	84	83	54	0,5	0,7	0,4	4,7	38	0,5	0,6	0,28	101	110
20	123	81	332	85	83	53	0,4	0,7	0,3	4,7	39	0,4	0,5	0,29	102	104
21	119	73	323	80	82	51	0,~~5~~	0,8	0,4	4,6	36	0,5	0,6	0,31	103	90
22	114	74	311	74	82	50	0,4	0,8	0,4	4,5	32	0,5	0,5	0,21	104	97
23	97	54	304	62	82	51	0,4	0,7	0,3	4,4	29	0,4	0,5	0,16	105	105
24	101	59	306	66	84	51	0,4	0,8	0,,4	4,5	30	0,5	0,7	0,18	106	95
25	109	70	316	72	83	51	0,5	0,7	0,5	4,5	30	0,4	0,6	0,24	107	112
26	113	72	317	73	83	51	0,5	0,7	0,5	4,6	31	0,4	0,4	0,23	108	118
27	125	87	335	88	83	52	0,4	0,7	0,4	4,7	39	0,5	0,5	0,34	109	113
28	118	77	318	75	83	54	0,4	0,6	0,5	4,5	33	0,6	0,6	0,14	110	103
29	119	78	319	77	84	53	0,4	0,8	0,5	4,6	34	0,7	0,6	0,16	111	119
30	126	87	340	89	84	51	0,5	0,8	0,4	4,7	41	0,6	0,5	0,32	112	120
31	127	88	330	91	85	52	0,4	0,8	0,5	4,6	43	0,5	0,5	0,37	113	116
32	130	90	320	93	84	50	0,5	0,8	0,4	4,6	45	0,5	0,6	0,40	114	105

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»,
профиль «Инженерная защита окружающей среды»

Составитель Сундукова Елена Николаевна