

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Методические указания
для самостоятельной работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 628.1/.2-049.7(075.8)

ББК 38761я730

Э41

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» Е.А. Титов (ПГУАС)

Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоот-
Э41 **ведения: методические указания для самостоятельной работы по**
направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / М.А. Сафро-
нов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 28 с.

Приведены рекомендации для самостоятельной работы, а также примеры выполнения заданий по темам дисциплины «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения».

Методические указания подготовлены на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Сафронов М.А., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью изучения дисциплины «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» является овладение студентами следующими компетенциями:

- знанием правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием;
- владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения;
- владением методами мониторинга и оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов, оборудования;
- способностью организовать профилактические осмотры и текущий ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования.

В результате изучения дисциплины «Реконструкция систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» обучающийся должен:

Знать:

- перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения, требования к ним, теоретические основы их работы, элементы этих систем, нормы технологических режимов работы систем водоснабжения и водоотведения в нормальных условиях эксплуатации и аварийных ситуациях.

Уметь:

- правильно выбирать технологические схемы и режимы для конкретных условий эксплуатации систем ВиВ различного назначения, использовать современные технологии для прочистки, ликвидации засоров и санации трубопроводов систем ВиВ.

Владеть:

- современными прогрессивными решениями, методами интенсификации действующих систем, использовать современные технологии, материалы, методы монтажа и эксплуатации;
- методами практического использования современных навигационных систем при розыске существующих сетей ВиВ.

Иметь представление о:

- нормативных документах по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, нормативных сроках выхода на ремонты сооружений и оборудования, нормативах химико-технологического контроля.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Самостоятельная работа студента по учебной дисциплине складывается из работы по:

- подготовке к лекционным занятиям;
- подготовке к практическим занятиям;
- подготовке к текущему контролю знаний;
- подготовке к зачету;
- изучению учебного материала, предусмотренного рабочей программой.

При выполнении самостоятельной работы по дисциплине рекомендуется внимательно просмотреть весь теоретический материал по рассматриваемой конкретной теме, выделить основные принципиальные закономерности, законы и описывающие их формулировки и уравнения.

Основное внимание следует обратить на расчётные схемы, графики и поясняющие рисунки и схемы.

Полезно составить краткий конспект по основным теоретическим положениям. Следует обратить внимание на размерность физических величин и единицы измерения параметров.

На вопросы необходимо отвечать кратко, но не в ущерб ясности и полноте изложения, употребляя правильную терминологию.

Самостоятельное решение задач требует не только знаний теории вопроса, но и умений правильно применять расчётные формулы и зависимости.

По ходу решения задачи необходимо давать краткие пояснения справочных данных с указанием их источника.

2. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Тема 1. Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения

Задание 1. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения

Для выяснения вопроса о надежном снабжении водой данного водопровода большое значение имеют правильно проведенные наблюдения за уровнями воды в поверхностном источнике за несколько лет, колебанием этого уровня по периодам года, прохождением паводков, ледоставом, шуго-ледовой обстановкой, ледоходами, изменением берегов, наносами, состоянием санитарии в зонах санитарной охраны, физико-химическим, бактериологическим и биологическим качеством воды.

Для приема водозаборных сооружений в эксплуатацию необходимо оформить следующие документы: генеральный план, площадки водозаборных сооружений; оперативную технологическую схему коммуникаций, агрегатов и переключений; схемы автоматизации и телемеханизации; паспорта на водозаборные сооружения и установленное оборудование; журнал учета забираемой из источника воды; журнал контроля и учета работы сооружений и оборудования.

В процессе эксплуатации в паспорта вносятся все изменения, связанные с заменой и модернизацией оборудования, переналадкой контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики.

При пуске водозаборных сооружений необходимо проверить высотные отметки расположения и размеров водоприемных отверстий, так как несоответствие проектному расположению отверстий или их уменьшение может резко снизить производительность всего водозабора, замерзание в зимнее время при ледоставе. Низ водоприемных окон должен быть на 0,5 м выше дна реки и не менее чем на 0,2 м ниже нижней кромки льда при ледоставе. Самый низкий расчетный уровень воды в реке должен закрывать верх окна не менее чем на 0,3 м.

Важное значение имеют величины входных скоростей и их направление. При этом обязательно учитываются рыбозащитные мероприятия, сложность работы водозабора (легкие, средние и тяжелые), затопленность водоприемника и др. В зависимости от этого скорость втекания воды в водоприемные окна может изменяться в пределах 0,1–0,25 м/с (с учетом мероприятий по рыбозащите) и до 0,6 м/с – без учета требований рыбозащиты.

Следует также проверить возможность движения решеток по направляющим для их подъема и очистки на балконе водоприемного колодца. При этом должны быть специальные грузоподъемные устройства. При шугоносности осуществляется еще проверка работы электро- и пароводяного обогрева решеток.

Аналогичной проверке подвергаются плоские (подъемные) и вращающиеся (ленточные) сетки, которые устанавливаются между приемным и всасывающим отделениями водоприемного колодца. Плоские сетки должны свободно двигаться в направляющих пазах (швеллерах) и подниматься в служебный павильон для промывки и замены на другие. Ленточные же сетки должны свободно проходить своими шарнирно соединенными металлическими соединениями в направляющих пазах барабанного устройства. Скорость их перемещения в пазах должна находиться в пределах 0,03–0,1 м/с. Проверке следует подвергнуть промывную систему, состоящую из трубок с отверстиями диаметром 6 мм. Расход промывной воды на одну секцию должен быть в пределах 5–15 л/с, давление – не ниже 0,4 МПа. Отвод загрязненной воды и примесей должен быть обеспечен в промышленную канализацию. Если промышленная канализация отсутствует, то сброс воды и осадка следует производить ниже водозабора по течению реки, но с таким расчетом, чтобы не было возврата загрязнений в район водозабора.

В сооружениях проверяется также возможность свободного доступа к запорной и регулировочной арматуре, подъемным механизмам, контрольно-измерительным приборам и автоматике. Проверяются также правильность прокладки всасывающих и самотечных линий (их должно быть не менее двух), диаметр, скорость движения воды (для самотечных 0,7–1,5 м/с; для всасывающих 1,2–2,0 м/с). При этом самотечные трубопроводы проверяются на незаиляемость при принятой скорости движения воды, принятом диаметре, характеристиках взвеси, содержащейся в воде, и др. Проверку проводят по формуле А.С. Образовского

$$P \leq 0,11 \left(1 - \frac{G}{u}\right)^{4,3} \frac{v^3}{gGD}, \quad (1)$$

где P – мутность речной воды, г/м³;

G – средневзвешенная крупность взвеси, м/с;

v – скорость движения воды в трубах;

u – скорость выпадения частицы взвеси, определяемая по формуле

$$u = \frac{\sqrt{g}}{C} v. \quad (2)$$

Здесь D – диаметр трубы, м;

C – коэффициент Шези;

g – ускорение свободного падения.

При соблюдении приведенного равенства заиления самотечных линий не будет. Для предотвращения заиливания обязательным условием служит устройство для обратной промывки самотечных трубопроводов с помощью ответвлений от напорных водоводов. Скорость промывки должна быть не

менее 2–2,5 м/с. Для крупных водоводов (диаметр более 900 мм) устраивается прямая промывка или очистка механическим способом при помощи водолазов.

Сифонные водоводы проверяют на правильность устройства подъема в сторону берегового колодца. Для этого во всасывающее отверстие сифонного трубопровода подают сжатый воздух. Кроме того, сифонные водоводы проверяются на выполнение зарядки (вакуум-насосами или вакуум-котлом), а также на возможность удаления воздуха в процессе эксплуатации.

Водоизмерительное оборудование проверяется и опробовывается в присутствии представителя ведомственной службы метрологии, о чем делается запись в акте Государственной приемочной комиссии.

Если водозабор имеет ковш, то, кроме перечисленных мероприятий по проверке работы, следует определить скорость движения воды. Она не должна превышать 0,05–0,15 м/с на расчетный период. Комиссия также проверяет угол между осью реки и образующей ковша, так как это влияет на режим водообмена в сооружении. Величина угла должна быть не менее 90° .

На рис. 1 приведена схема водоприемного ковша с углом более 90° .

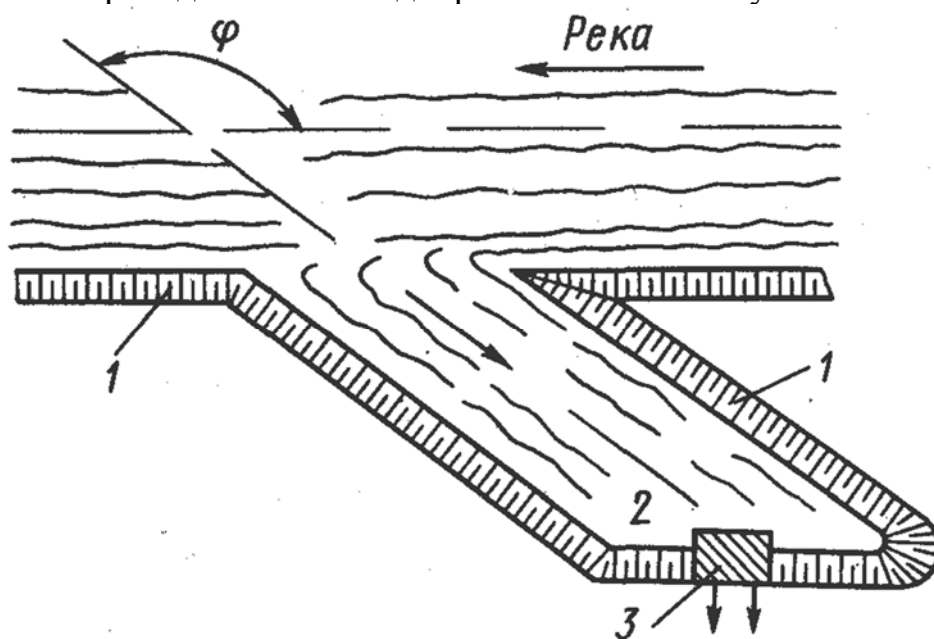


Рис. 1. Схема водоприемного ковша, полностью заглубленного в берег русла:
1 – спланированный и укрепленный берег реки и ковша;
2 – водоприемный ковш; 3 – водозаборный колодец

Перед пуском в эксплуатацию водозаборные сооружения (береговой колодец, трубопроводы и др.) дезинфицируются хлорной водой; для этого могут быть использованы хлораторные на автомобильном шасси.

Проверке подлежат также рыбозащитные устройства. Так, механические разбрызгиватели (сетки, жалюзи, плетни, решетки, фильтры из каменных набросков, растительные фильтры и др.) должны быть проверены и находиться в рабочем состоянии. Гидравлические и физиологические загрязители (струеотбойные и струенаправляющие устройства, электрические,

световые, звуковые поля, пузырьковые завесы) испытывают в присутствии комиссии с записью в соответствующем акте.

Обслуживающий персонал на водозаборных сооружениях должен пройти обучение по специальной программе со сдачей экзамена в конце обучения и получением допуска к самостоятельной работе. После подписания акта Государственной комиссией сооружения считаются принятыми и выводятся на режим нормальной эксплуатации.

Для всех источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения обязательно устройство зон санитарной охраны (ЗСО). В соответствии с [6] первый пояс (строгого режима) ЗСО включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала, эксплуатацию которых осуществляет ВКХ.

Эксплуатацию первого пояса ЗСО осуществляет ВКХ. Граница первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником устанавливается с учетом конкретных условий в следующих пределах:

- вверх по течению – не менее 200 м от водозабора;
- вниз по течению – не менее 100 м от водозабора;
- по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени;
- в направлении к противоположному от водозабора берегу при ширине реки или канала менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, при ширине реки или канала более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м.

В первой зоне санитарной охраны запрещена хозяйственная деятельность, не связанная с эксплуатацией водозаборных сооружений. Запрещается спуск любых сточных вод, а также купание, стирка белья, водопой скота и другие виды водопользования, оказывающие влияние на качество воды.

Персонал, ответственный за эксплуатацию первого пояса ЗСО, ведет постоянные наблюдения за источниками водоснабжения, включая измерения уровней воды водоема, изменения берегов и перемещение наносов, формирование ледяного покрова, разрушение его и прохождение льда у водоприемников, санитарное состояние источников. В местах вероятного промерзания источника систематически замеряют толщину льда и глубину потока, а при необходимости утепляют перекаты и отдельные мелководные участки.

Для наблюдения за уровнями воды оборудуются водомерные посты (простые или автоматические). Простые водомерные посты представляют собой несколько реек, укрепленных на береговом колодце, или несколько свай, установленных в одном створе перпендикулярно течению реки.

Наблюдение за санитарным состоянием источников сводится к отбору проб воды и их анализам.

Наблюдение за водозаборными сооружениями позволяет своевременно обнаружить и устранить повреждения конструкций и неполадки в работе оборудования. Детальное обследование и текущий ремонт всех водозаборных сооружений производят, как правило, дважды в год: после весеннего половодья, когда наиболее вероятны разрушения, и примерно за месяц до ледостава. В первом случае выполняют в основном аварийные работы, во втором – профилактические (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Основные виды ремонтных работ на водозаборных сооружениях

Элементы водозаборных сооружений	Вид ремонта	
	текущий	капитальный
Береговые водоприемные колодцы	Очистка от наносов, промывка камер; чистка и ремонт решеток, сеток и затворов; окраска металлических поверхностей с очисткой от ржавчины; зачистка с железнением стен колодцев	Ремонт стен и днища колодцев, камер и берегоукрепления; смена решеток, сеток и затворов; разборка и ремонт приводов вращающихся сеток; смена ходовых скоб и лестниц; ремонт крепления ковша с заменой деталей; ремонт грязевых эжекторов и промывных устройств сеток
Водоприемные оголовки	Обследование состояния и устранение мелких повреждений	Смена венцов ряжа с загрузкой и отсыпкой камня; демонтаж и монтаж самотечных трубопроводов
Подводящие и отводящие каналы, откосы плотин, отстойные пруды	Засев травой, затирка трещин в бетонной облицовке; замена отдельных бетонных плит в креплении каналов; чистка прудов	Замена конструкций крепления стенок и откосов каналов; противооползневые работы; бурение разгрузочных и дренирующих скважин; ремонт дренажей; ремонт входных и выходных оголовков каналов

С целью исключения образования на поверхности воды во всасывающей камере колодца воронок (т. е. возможности засасывания воздуха насосом) должно быть выдержано определенное соотношение между расходом воды, размерами камеры колодца и диаметром всасывающего трубопровода. По данным проф. М.М. Флоринского,

$$W_0 / Q \geq 30 \div 35, \quad (3)$$

где W_0 – объем воды в колодце, м³;

Q – расход воды, откачиваемой из колодца, м³/с.

По исследованиям С.Д. Яковлева, низ всасывающей трубы следует погружать на величину h .

$$h \geq 8,5Q / 0,785D_k, \quad (4)$$

где D_k – диаметр эквивалентного круглого в плане колодца, м.

В любом случае низ всасывающей трубы должен располагаться не менее чем на величину $h \geq 2D$, где D – диаметр нижнего сечения всасывающего трубопровода.

Расстояние от низа всасывающей трубы до дна колодца во избежание засасывания отложений со дна следует принимать больше или равным $0,5D$.

Для увеличения расхода воды при сохранении прежних размеров всасывающей камеры берегового колодца и исключения образования воронок на поверхности воды в камере можно устраивать накладки на всасывающую часть трубопровода (это позволяет увеличить расход на 20–30 %) или плиты на поверхности воды в камере (рис. 2).

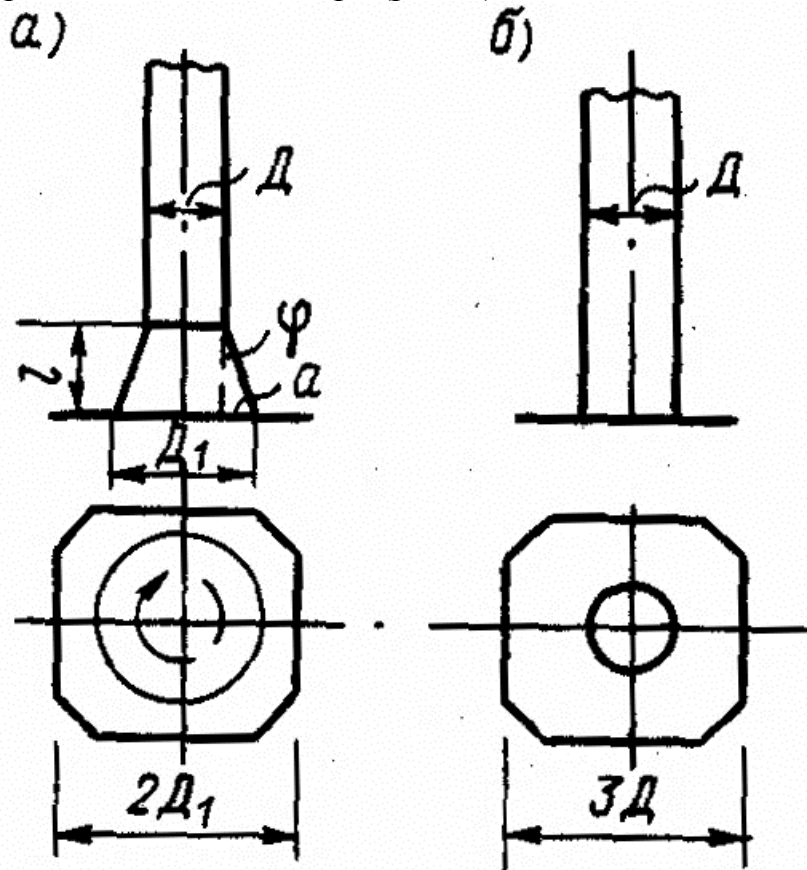


Рис. 2. Устройство диафрагм всасывающего трубопровода:
 а – при наличии раструба на конце всасывающего трубопровода;
 б – то же, при отсутствии раструба

Увеличение подачи воды через самотечные линии без изменения диаметров последних и размеров колодца (при сохранении уровней воды в нем) может быть достигнуто герметизацией береговых колодцев и созданием в них вакуума. В этом случае расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) можно определить по формуле

$$Q = F \sqrt{\frac{2g(\Delta h + h_{\text{вак}})}{\xi_{\text{сист}}}}, \quad (5)$$

где F – площадь трубопровода, м^2 ;

Δh – перепад в уровнях воды в водоеме и в приемной части колодца при отсутствии вакуума, м вод. ст.;

$h_{\text{вак}}$ – величина вакуума, м вод. ст.;

$\xi_{\text{сист}}$ – коэффициент сопротивления системы,

$$\xi_{\text{сист}} = \lambda l/a + \Sigma \xi,$$

где λ – коэффициент трения воды в трубопроводе;

l – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

$\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов сопротивления, учитывающая местные сопротивления.

При необходимости забора из водоема воды с пониженной и устойчивой температурой над водоприемным оголовком делают съемные (временные) или постоянные наплавные устройства.

При эксплуатации сифонных водозаборов необходимо обращать внимание на следующее: герметизацию трубопроводов и арматуры сифонных линий; автоматизацию удаления воздуха из этих линий; исключение их вибрации, связанной с появлением кавитации в нисходящих участках трубопровода при нарушении сплошности потока в нем. Чтобы не допустить этого явления, надо или подобрать соответственно диаметр нисходящего участка, или установить на нем местное сопротивление (задвижку, шайбу и т.п.).

Доступным и эффективным средством предупреждения обрастания водозаборных сооружений гидробионтами является предварительное хлорирование воды с вводом хлора перед водоприемными окнами. Это мероприятие проводят в теплое время года (периоды максимального развития дрейссены) 2–3 раза в год в течение не менее 7 суток при дозе хлора 5 мг/л.

Для борьбы с шугообразованием на водоприемных сооружениях используют следующие методы:

– непосредственно у водоприемного сооружения: подача пара и нагретой воды к водоприемным окнам, обратная промывка, электрообогрев решеток, гуммирование стержней решеток, на время образования шуги установление деревянных решеток, снижение входной скорости потока воды, обколка льда с устройством майны над оголовками и удаление шуго-ледовой массы с плавсредств;

– направленные на обеспечение раннего ледостава: установка шугоотбойных запаней из бруса или на мелководных реках плетнями из хвороста.

В борьбе с шугообразованием хорошие результаты дает использование водовоздушных завес. Для этого по дну реки на некотором удалении от водоприемных сооружений укладываются перфорированные трубопроводы диаметром 50–100 мм с отверстиями 2–4 мм с шагом примерно 25 см. Сжатый воздух с расходом 1 м³/мин на 1 м длины трубопровода, выходя из пер-

форированных труб, создает зону восходящих потоков. Они выносят шуголедовые массы на поверхность воды, предотвращая их вовлечение в водоприемные окна.

В случаях, связанных с промерзанием реки, для обеспечения более полного захвата подрусловых вод рекомендуется устраивать ниже по течению от водозабора мерзлотные пояса. Мерзлотный пояс создается периодическим снятием снегового покрова на полосе шириной 5-10 м, пересекающей подземный поток на всей ширине долины.

Борьба с наледями ведется путем утепления водотока, углубления перекатов, спрямления русла, а также скалывания льда у водозабора, устройства прорезей в ледяном покрове реки и т.д.

Задание 2. Организация эксплуатации камер хлопьеобразования

Завершающим этапом реагентной обработки воды является процесс хлопьеобразования. Время пребывания воды в камерах реакции и гидравлический режим их работы должны рассчитываться таким образом, чтобы обеспечивать оптимальные условия для формирования и укрупнения хлопьев коагулированной взвеси. Оценкой эффективности этого этапа является крупность сформированных хлопьев, обладающих адсорбционными свойствами и достаточной механической прочностью для транспортировки их от камеры хлопьеобразования до отстающих сооружений. Полнота выполнения названных условий зависит от правильного выбора конструктивных и технологических параметров устройства.

В настоящее время получили распространение следующие типы камер хлопьеобразования: встроенные камеры хлопьеобразования в горизонтальных и вертикальных отстойниках, перегородчатые камеры с горизонтальным и вертикальным движением воды, вихревые камеры и камеры со взвешенным слоем осадка (рис. 3).

В процессе эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо обеспечивать медленное и равномерное перемешивание, а также постоянное наблюдение за скоростью движения воды в камерах хлопьеобразования: рекомендуется поддерживать скорости 0,2–0,3 м/с в начале и 0,05–0,1 м/с в конце движения воды в камерах.

В сборных устройствах воды, в коммуникациях от камер до отстойников, а также в дырчатых перегородках отстойников скорости движения воды также должны быть в пределах 0,05–0,1 м/с.

Вялое, замедленное хлопьеобразование свидетельствует о неправильном гидравлическом режиме, низких или завышенных дозах реагентов, низкой температуре воды, недостаточном щелочном резерве и несовершенстве метода коагулирования.

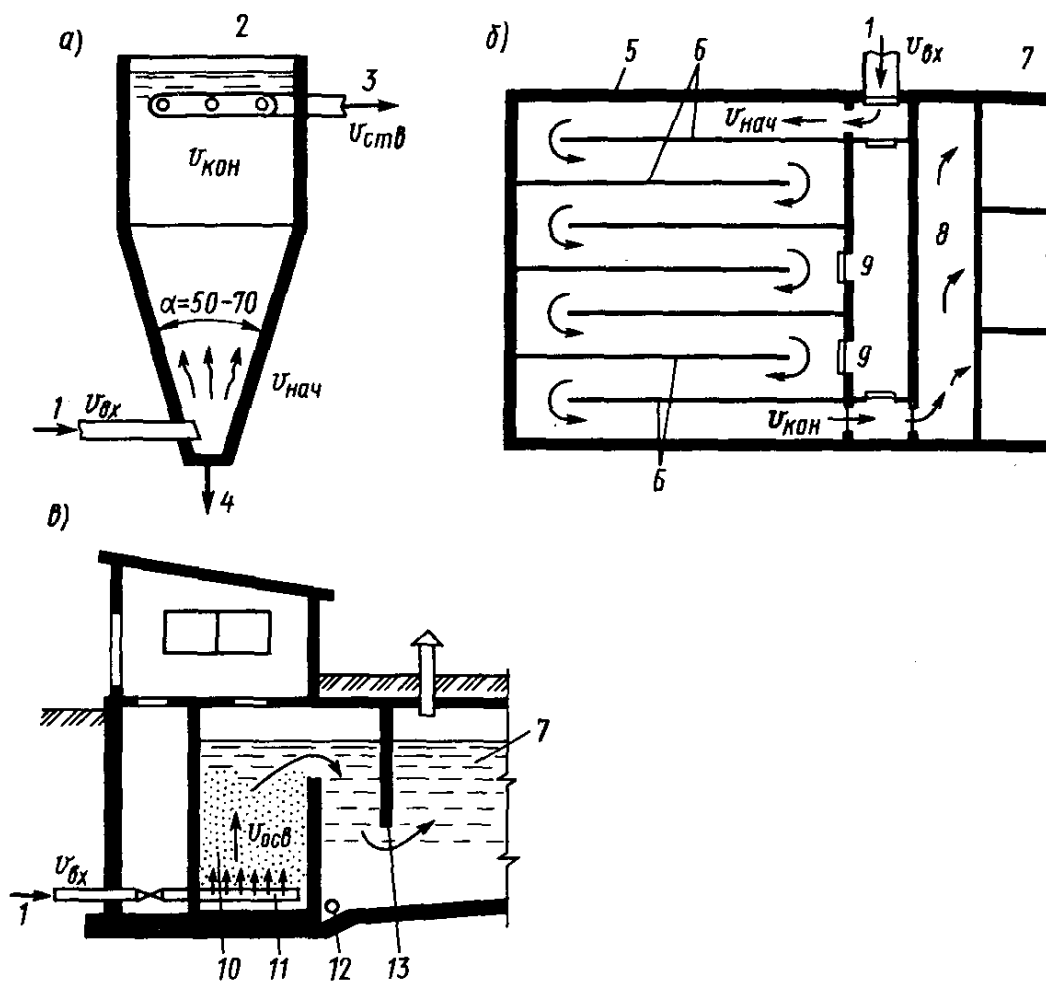


Рис. 3 Камеры хлопьеобразования:

- а – вихревая; б – перегородчатая; в – встроенная со взвешенным слоем;
 1 – вода от смесителя; 2 – кольцевой водосбор; 3 – подача воды на отстойники;
 4 – опорожнение камеры; 5 – коридоры камеры; 6 – перегородки;
 7 – горизонтальные отстойники; 8 – распределительный коридор;
 9 – перепускные окна; 10 – взвешенный слой;
 11 – распределительный трубопровод; 12 – сброс осадка;
 13 – отбойная стенка

При проведении процессов хлопьеобразования необходимо учитывать следующие положения:

- понижение температуры обрабатываемой воды замедляет процесс коагулирования примерно в 2 раза на каждые 10°C , а при температурах ниже 3°C процесс замедляется настолько, что можно считать его прекратившимся;

- наилучшие условия хлопьеобразования достигаются для мягких и цветных вод при $\text{pH} = 5-6$, а для жестких и мутных – при $\text{pH} = 6,5-7,5$;

- улучшению процессов коагулирования и хлопьеобразования взвеси способствует предварительное хлорирование воды; при этом расход коагулянта может быть снижен на 20–50 %; кроме того, предварительное хлорирование воды улучшает санитарное состояние водоочистных сооружений;

– улучшению процессов хлопьеобразования способствует введение в обрабатываемую воду флокулянтов (ПАА, активированной кремневой кислоты и др.), а также осадка из отстойников, осветлителей, шлама из отслоенной промывной воды фильтров и КО;

– интенсификация хлопьеобразования может быть достигнута продуванием через обрабатываемую воду воздуха в специально оборудованной камере с уложенными на ее дне решетками из перфорированных труб или пористых плит с расходом воздуха 0,15 м³ на 1 м² площади резервуара.

Рекомендуемые расстояния между осями труб – 0,9–1,5 м при диаметре отверстий 1,8–2,0 мм и шаге между ними 75–150 мм; глубина барботажа – 2–2,5 м; допустимая высота воды – не более 4,5 м.

Во время эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо следить за тем, чтобы образующиеся хлопья не разрушались и не выпадали в осадок. Оптимальный режим скоростей движения воды устанавливается в процессе эксплуатации. Также необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент объемного использования был наивысшим. Камеры хлопьеобразования не реже 1 раза в год (это касается и смесителей) очищаются и отмываются 5 %-м раствором железного купороса. Затем производится дезинфекция их хлорной водой и дозой активного хлора не менее 25 %.

При сборе воды системой дырчатых труб они должны быть затоплены на 500–600 мм с целью исключения завихрений на поверхности воды и тем самым подсоса воздуха. Подсос воздуха, например, в смесителях может вызвать разрушение сформировавшихся хлопьев в камере хлопьеобразования. В случае обнаружения подсоса воздуха рекомендуется прикрыть соответствующие задвижки с целью поднятия уровня или в смесителях, или в камерах хлопьеобразования.

При обслуживании лопастных камер хлопьеобразования (механических) проверяются подводные части лопастных мешалок, состояние валов, подшипников, сальников и других деталей.

Тема 2. Эксплуатация систем и сооружений водоотведения

Задание 1. Эксплуатация аэротенков-смесителей и вытеснителей

Основная задача эксплуатации аэротенков заключается в культивировании сообщества микроорганизмов, обеспечивающего изъятие и окисление органических загрязнений. Регулируемые параметры процесса – нагрузка на активный ил (количество, мг, загрязнений по БПК на 1 г беззольного вещества в сутки), кислородный режим, возраст ила (отношение массы беззольного вещества активного ила в системе к такой же массе избыточного ила, выводимого из системы в сутки). Температурный режим, сезонность относятся к нерегулируемым параметрам, негативное влияние которых ликвидируется оперативными средствами (изменением соотношения объемов аэротенка и регенератора, возраста ила, кислородного режима).

При эксплуатации аэротенков в режиме полной биологической очистки персонал обязан:

- обеспечивать подачу в аэротенки заданных количеств сточных вод и воздуха;
- поддерживать заданную концентрацию растворенного кислорода, расчетную дозу активного ила и степень его рециркуляции, а также установленную проектом интенсивность аэрации;
- не допускать перерывов в подаче воздуха;
- контролировать состояние ила по его биоценозу и иловому индексу и своевременно принимать меры против вспухания активного ила;
- поддерживать в чистоте прилегающую территорию;
- вести надзор за бесперебойной работой механизмов, оборудования и измерительных устройств, принимая меры к устранению всех замеченных неисправностей.

Перед пуском в эксплуатацию до заполнения водой аэротенки тщательно осматривают и освобождают от посторонних предметов. Производят ревизию запорно-распределительной арматуры (щитовых затворов, задвижек трубопроводов опорожнения, на воздуходувках, на водовыбросных стояках и т.д.). В аэротенках с пневматической аэрацией аэраторы должны располагаться строго горизонтально (допускаемое отклонение не более ± 3 мм).

Проверяют равномерность выхода воздуха через аэраторы, для чего поочередно заполняют испытываемые аэротенки (или каналы, где установлены аэраторы) водой (желательно чистой) и включают воздух, постепенно увеличивая его подачу. Уровень воды в аэротенке должен находиться на 0,2–0,3 м выше поверхности аэраторов. Сначала воздух подают при открытых задвижках на водовыбросных стояках, чтобы предотвратить разрушение аэрационной системы гидравлическими ударами воды, проникшей под аэраторы. Затем после прекращения выброса с воздухом мелких капель воды задвижки закрывают и визуально убеждаются в равномерности выхода пузырьков воздуха по всей площади аэраторов и в надежности заделки аэраторов в конструкции сооружения. При некачественной заделке фильтросных пластин в фильтросные каналы возможен выход воздуха по периметру заделки или в стыках фильтросных пластин. В таких случаях в местах прорыва воздуха приходится счищать старую заделку цементного раствора и вновь переукладывать фильтросные пластины. Фильтросные пластины с трещинами заменяют новыми. В аэротенках с механическими аэраторами производят ревизию механизмов и их пробный пуск.

Только после окончания наладочных работ на аэротенках и вторичных отстойниках, когда уже включены системы циркуляции ила (насосы, эрлифты, трубопроводы) и воздуходувного хозяйства, можно приступать к работам по выращиванию аэробной микрофлоры – активного ила.

Активный ил аэротенков представляет собой суспензию, содержащую хлопья, образованные бактериями и простейшими совместно с мелкими частицами загрязнений сточных вод. Ил отличается от сырых осадков более высоким содержанием воды и отсутствием крупных частиц взвеси. Влажность активного ила до уплотнения 99,2–99,8%; после уплотнения 97–98%. По составу активный ил относится к мелкодисперсным суспензиям, состоящим на 98% по массе из частиц размером менее 1 мм. Суспензия активного ила имеет светло-серый или бурый цвет. Активный ил легко взмучивается и быстро оседает при отстаивании. Свежий активный ил почти не имеет запаха, но при отсутствии кислорода быстро загнивает и приобретает резкий неприятный запах из-за наличия сероводорода.

Обычно активный ил выращивают в самом аэротенке в теплый период года. При этом сначала в течение 2–3 суток через аэротенк пропускают осветленную в первичном отстойнике сточную воду с расходом 40–50% расчетного значения, подвергая ее аэрации и добавляя в нее задержанные во вторичных отстойниках мелкие хлопья коагулируемой суспензии. Затем подачу воды в аэротенк прекращают, а его содержимое продолжают подвергать непрерывной аэрации, в результате которой происходит развитие микроорганизмов, образующих активный ил.

Для питания микроорганизмов каждый день в течение 2–3 ч в аэротенк добавляют осветленную сточную воду. Количество добавляемой воды можно подсчитать исходя из массы (дозы) ила в сооружении и концентрации органических веществ в поступающей сточной воде. Нагрузка на 1 г беззольного вещества ила по БПК₅ должна составлять 250–350 мг.

За процессом выращивания ила ведут контроль, в ходе которого следят за исчезновением в иле аммонийного азота и за появлением нитратов и растворимого кислорода. Каждую смену, или 2 раза в сутки, в стеклянную мерную посуду берут воду из аэротенка, дают ей отстояться 30 мин, а затем определяют объем осевшего на дно ила. Когда объем ила достигнет 25–30% объема набранной смеси и ил будет представлять однородную суспензию быстроосаждающихся хлопьев, можно начинать эксплуатацию аэротенка, постепенно доводя нагрузки до расчетных.

Аэрационное оборудование обеспечивает растворение кислорода в необходимом количестве, интенсивное перемешивание всего объема аэротенка без образования застойных, малоподвижных зон. Переносным кислородным датчиком проводят проверку равномерности распределения концентрации кислорода по объему коридоров аэротенков, уделяя особое внимание зонам с наименьшим содержанием кислорода. Обычно такие зоны расположены на наибольшем удалении (по линии движения воды) от зоны насыщения кислородом. В коридорных аэротенках с пневматическими аэраторами такими зонами являются придонные области перед аэраторами (рис. 4), места поворотов коридоров, в которых отсутствует аэрация. Малопо-

движные, слабоаэрируемые зоны в аэротенке с механическим поверхностным аэратором на рис. 4 заштрихованы. Каждому типу механических аэраторов соответствует своя специфическая картина движения воды, что необходимо учитывать в работе.

Независимо от типов аэраторов следует обратить внимание на точную оценку фактического значения коэффициента q_0 , представляющего собой отношение расхода кислорода к величине снятой БПК. По нормативным данным ему присваиваются значения 0,9 и 1,1 при неполной и полной очистке и значения от 1,5 до 2,0 при минерализации ила непосредственно в объеме аэротенка (процессы продленной аэрации, полного окисления и т.п.). Фактическое значение его большей частью трудноопределимо вследствие необходимости точного измерения массы подаваемых загрязнений, прироста ила, производительности по кислороду аэрационного оборудования.

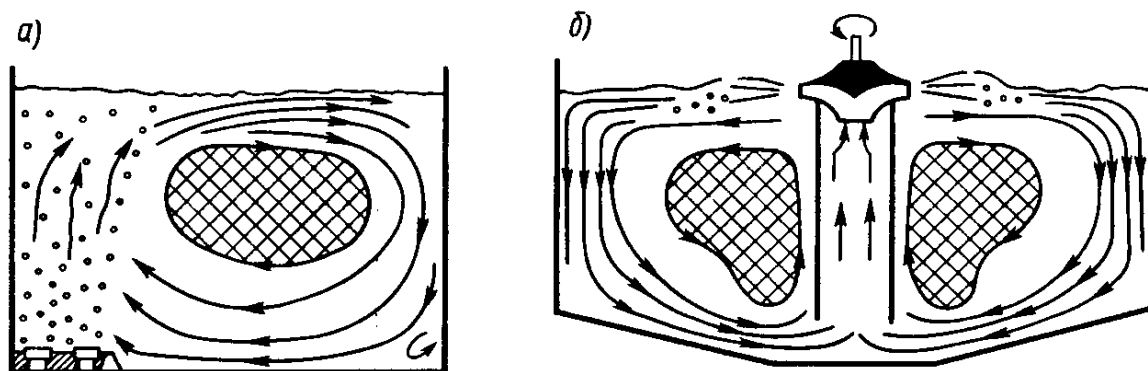


Рис. 4. Схема движения струй воды в аэротенках с пневматическими (а) и с механическими (б) аэраторами. Заштрихованы малоподвижные области со скоростью движения воды менее 0,1 м/с

Расчетами установлено, что мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы будут близки по эффективности при заглублении на 10–15 м от уровня воды. Более рациональной выглядит замена дефектных мелкопузырчатых аэрационных систем на тканевые аэраторы съемного типа, позволяющие регенерировать и обновлять тканевые чехлы.

В пневматических аэраторах функции насыщения кислородом и перемешивания жидкости взаимосвязаны. Если необходимо увеличение производительности аэраторов по кислороду, то стремятся к максимально возможному распределению аэраторов по всей площади аэротенка, увеличению площади аэрируемой зоны. Ухудшением условий движения воды в отдельных зонах аэротенка можно пренебречь. С другой стороны, если необходима организация движения воды с целью предотвращения образования застойных зон и отложений ила, следует максимально локализовать аэрационную систему в центре либо вблизи стен аэротенка. Например, при локализации распределенного пристенного аэратора в виде дырчатых труб в

аэратор эрлифтного типа, располагаемый в центре аэротенка, скорости движения воды резко возрастают. Такой же эффект наблюдается при расположении аэраторов поперек коридора аэротенка.

Задание 2. Эксплуатация вторичных отстойников

Во вторичных отстойниках, установленных после аэротенков, осуществляют кратковременное уплотнение активного ила (не более 40 мин) и длительное и глубокое осветление воды (1,5–2 ч). Сбор и уплотнение ила происходят без доступа кислорода, свойства ила при этом несколько ухудшаются. В этом отношении флотационное отделение ила более предпочтительно, поскольку осуществляется в условиях интенсивного обогащения ила кислородом. Целесообразным представляется двухступенчатое илоотделение, когда проводят кратковременное илоотделение в отстойнике первой ступени (за 10–15 мин), а затем длительное осветление воды. Минимальная кратность рециркуляции принимается равной 0,3 при удалении ила илососами, 0,4 – при откачке насосами и эрлифтами и 0,6 – в случае выпуска ила под гидростатическим напором, сопровождаемым подсосом значительной массы воды.

В пределах допустимых изменений дозы ила в аэротенке a_i (1,0–3,0 г/л) и илового индекса I_i (до 150 см³/г) минимально допустимая кратность рециркуляции R оценивается по формуле

$$R_i = \frac{a_i}{1000/I_i - a_i}. \quad (6)$$

В условиях динамических воздействий, обусловленных неравномерностью притока сточных вод, в особенности ливневых, следует провести проверку дозы ила в аэротенке, рассматривая его как усреднительное сооружение, взаимодействующее с регенератором

$$a_i = 2a_r R_i / (2R_i + 1), \quad (7)$$

где a_r – доза ила в регенераторе (либо в потоке рециркулируемого ила), г/л.

Качество очищенной воды будет зависеть от глубины биологической очистки и условий осветления. Неполная очистка (БПК 25–30 мг/л) характеризуется интенсивным развитием свободноплавающих микроорганизмов и наличием мелких хлопьев в очищенной воде; полная очистка способствует ликвидации этих образований. В практике принято считать, что при глубоком осветлении БПК очищенной воды и количество взвешенных веществ численно равны (БПК 15 мг/л соответствует концентрация взвешенных веществ 15 мг/л). Интересна структура загрязнений в очищенной воде: так как масса микроорганизмов в очищенной воде потребляет до 0,6 мг кислорода на единицу веса, то на растворенную часть загрязнений приходится остаток ($L_{ex} - 0,6C_{ex}$, мг/л). Таким образом выявляется способ глубокой очистки

сточных вод путем удаления взвешенных веществ фильтрацией, прикреплением к поверхностям биообрастаний (затопленные биофильтры), коагуляцией либо флокуляцией очищенной воды.

Вторичные отстойники после биофильтров рассчитываются по гидравлической нагрузке, определяемой гидравлической крупностью частиц биопленки ($u_0 = 1,4$ мм/с), подлежащих задержанию. Проточная часть отстойников эксплуатируется в менее интенсивном режиме, нежели в первичных отстойниках, с чем связано снижение коэффициента объемного использования для горизонтальных и радиальных отстойников на 0,05. Иловая часть эксплуатируется аналогично первичным отстойникам.

При эксплуатации вторичных отстойников персонал обязан:

- обеспечивать заданный режим отстаивания;
- обеспечивать заданный режим выпуска активного ила;
- не допускать образования залежей и уплотнения активного ила в отстойниках;
- своевременно удалять с поверхности отстойников плавающую пленку или пену.

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Тема 1. Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения

1. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из подземных источников.
2. Гидравлические испытания водоводов и водопроводных сетей.
3. Остановка, ремонт и запуск центробежных канализационных насосов. Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на КНС.
4. Эксплуатация канализационных коллекторов.
5. Эксплуатация затворных и расходных баков, насосов-дозаторов.
6. Эксплуатация смесителей, механических, пневматических и гидравлических камер хлопьеобразования.
7. Эксплуатация контактных осветлителей и осветлителей со взвешенным слоем осадка.
8. Эксплуатация медленных и скорых фильтров.

Тема 2. Эксплуатация систем и сооружений водоотведения

1. Эксплуатация усреднителей сточных вод.
2. Эксплуатация решеток и решеток-дробилок.
3. Эксплуатация песколовков.
4. Эксплуатация горизонтальных, вертикальных и радиальных канализационных отстойников.
5. Эксплуатация напорных флотаторов.
6. Эксплуатация капельных и высоконагружаемых биофильтров; эксплуатация биофильтров с плоскостной загрузкой.
7. Эксплуатация аэротенков-смесителей и вытеснителей; аэротенков АНР.
8. Эксплуатация пневматических, механических и гидравлических систем аэрации аэротенков.
9. Эксплуатация фильтротенков.
10. Эксплуатация станции глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод.
11. Эксплуатация циклонов и сепараторов.
12. Эксплуатация вакуум-фильтров и пресс-фильтров.
13. Эксплуатация шнековых центрифуг.
14. Эксплуатация песковых площадок.
15. Эксплуатация иловых площадок.

4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Перед выполнением самостоятельной работы необходимо просмотреть весь теоретический материал по рассматриваемой теме, выделить основные принципиальные закономерности, формулировки, а также технологические особенности систем и сооружений.

На вопросы для самопроверки можно отвечать в письменном виде или устно кратко, но не в ущерб ясности и полноте изложения, употребляя правильную терминологию.

Самостоятельное решение задач требует не только знаний теории вопроса, но и умений правильно применять расчётные формулы и зависимости.

Самостоятельная работа содержит элементы контекстного обучения, предусматривающего анализ ситуации и принятие правильного решения.

5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы фронтальные опросы на семинарских и практических занятиях, коллоквиумы, зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- полнота общеучебных представлений, знаний и умений по изучаемой теме, к которой относится данная самостоятельная работа;
- обоснованность и четкость изложения ответа на поставленный по внеаудиторной самостоятельной работе вопрос;
- оформление отчетного материала в соответствии с известными или заданными преподавателем требованиями, предъявляемыми к подобного рода материалам.

6. СИСТЕМА ТРЕНИНГА И САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Во сколько раз позволяет уменьшить расход промывной воды водовоздушная промывка скорых фильтров?

1. В 1,2–1,4 раза.
2. В 1,5–2 раза.
3. В 2,5–3,5 раза.
4. В 4–5 раза.

2. При промывке скорых фильтров и контактных осветлителей неочищенной водой укажите ее максимальную рекомендуемую мутность.

1. 5 мг/л.
2. 10 мг/л.
3. 15 мг/л.
4. 20 мг/л.

3. Укажите максимальную нормативную температуру нагрева подшипников насосов водопроводных станций.

1. 150 °С.
2. 120 °С.
3. 100 °С.
4. 70 °С.

4. Укажите максимальное расстояние от стен РЧВ до границ зоны санитарной охраны I пояса.

1. 30 м.
2. 40 м.
3. 60 м.
4. 80 м.

5. Укажите максимальную длину участка из водопроводных стальных труб, предназначенного для гидравлических испытаний.

1. 500 м.
2. 1 км.
3. 2 км.
4. 3 км.

6. При проверке прямолинейности укладки канализационных труб между двумя колодцами какое допускается отклонение от круга, видимого при просмотре трубопровода?

1. Не более $\frac{1}{4}$ диаметра по горизонтали и не более 50 мм в каждую сторону.

2. Не более $\frac{1}{2}$ диаметра по горизонтали или вертикали.

3. Не более 100 мм в каждую сторону.

7. При гидравлической прочистке канализационных труб на сколько процессов должны быть меньше диаметры снарядов для прочистки (шаров, цилиндров) по сравнению с диаметром очищаемых труб?

1. На 30–50%.

2. На 20–30%.

3. На 15–20%.

4. На 7–10%.

8. Укажите рекомендуемую величину подпора в верхнем колодце при гидравлической промывке участка канализационной сети.

1. 5–6 м.

2. 3–4 м.

3. 1,5–2 м.

4. 0,5–1 м.

9. При каких положениях задвижек должны производиться пуск и остановка насосов КНС?

1. При полностью закрытых задвижках на всасывающем и напорном трубопроводах.

2. При полностью открытой задвижке на всасывающем трубопроводе и полностью закрытой задвижке – на напорном.

3. При полностью открытых задвижках на всасывающем и напорном трубопроводах.

10. За какой промежуток времени до начала выгрузки осадка из радиального отстойника приводится в действие ферма со скребком?

1. За 20 мин до выгрузки.

2. За 40 мин до выгрузки.

3. За 1 час до выгрузки.

4. За 1,5–2 часа до выгрузки.

11. Укажите рекомендуемую продолжительность протока сточной воды через капельный биофильтр.

1. 1,5–2 мин.

2. 3–10 мин.

3. 15–20 мин.

4. Не менее 30 мин.

12. Укажите рекомендуемые дозы активного хлора при периодическом хлорировании циркуляционной воды высоконагружаемых биофильтров.

1. 100–150 г/м³.

2. 50–80 г/м³.

3. 20–40 г/м³.

4. 10–15 г/м³.

13. Укажите рекомендуемую максимальную дозу ила в аэротенках-вытеснителях для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

1. 0,5–1 г/л.

2. 1–1,5 г/л.

3. 2–2,5 г/л.

4. 3–3,5 г/л.

14. Укажите минимальную температуру сточных вод, при которой обеспечивается осуществление процессов нитрификации в аэротенках.

1. 2–3 °С.
2. 4–6 °С.
3. 7–8 °С.
4. 10–12 °С.

15. Укажите рекомендуемое соотношение воздуха и воды n , а также длительность водовоздушной промывки t фильтров для доочистки сточных вод.

1. $n=1:1$, $t=3-7$ мин.
2. $n=3:1$, $t=5-10$ мин.
3. $n=0,5:1$, $t=5-7$ мин.
4. $n=5:1$, $t=15-20$ мин.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров [Текст] / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2015.
2. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение [Текст]: учебник для вузов / Н.Н. Абрамов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Интеграл, 2014.
3. Орлов, В.А. Водоснабжение [Текст]: учебник / В.А. Орлов, Л.А. Квитка. – М.: ИНФРА-М, 2015.
4. Фрог, Б.Н. Водоподготовка [Текст]: учебник для вузов / Б.Н. Фрог, А.Г. Первов. – М.: АСВ, 2014.
5. Воронов, Ю.В. Водоотведение [Текст]: учебное издание / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, Е.А. Пугачев. – М.: АСВ, 2014.
6. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / Г.Н. Жмаков. – М.: ИНФРА, 2005.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	4
2. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	5
3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ	20
4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ	21
5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ.....	22
6. СИСТЕМА ТРЕНИНГА И САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ.....	23
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	26

Учебное издание

Сафронов Максим Александрович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Методические указания
для самостоятельной работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 14.09.2016. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,63. Уч.-изд.л. 1,75. Тираж 80 экз.
Заказ № 580.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.