

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра гидравлики, водоснабжения и водоотведения

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

методические указания к практическим занятиям

для студентов, обучающихся

по направлению 08.03.01 «Строительство»

профиля «Водоснабжения и водоотведения»

*и 08.04.01 «Строительство» профиля «Инженерные системы
водоснабжения и водоотведения» всех форм обучения*

Воронеж - 2017

УДК 628.2/1(07)

ББК 38.761 я 7

Составитель И.В. Журавлева

Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения: методические указания к практическим занятиям для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» / ВГТУ, И.В. Журавлева. - Воронеж, 2017. - 32 с.

Приведены примеры решения задач по реконструкции отдельных элементов системы водоснабжения и водоотведения, станции очистки сточных вод или водоподготовки.

Предназначены для студентов всех форм обучения направления 08.03.01 «Строительство», профиль «Водоснабжения и водоотведения» и 08.04.01 «Строительство» профиля «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения».

Ил. 6, табл. 23. Библиогр. 22 назв.

УДК 628.2/1(07)
ББК 38.761 я 7

*Печатается по решению учебно-методического совета
ВГТУ*

Рецензент – Д. Н. Китаев, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела Воронежского ГТУ

ВВЕДЕНИЕ

Согласно образовательным программам по направления «Строительство» 08.03.01 профиля «Водоснабжение и водоотведение» по дисциплине «Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения», и 08.04.01 профиля «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения» по дисциплине «Реконструкция инженерных систем и сооружений» предусмотрены практические занятия, на которых решаются задачи реконструкции элементов.

Реконструкция — процесс изменения устаревших объектов, с целью придания новых свойств в будущем. Реконструкция, независимо от её содержания, составная часть планирования, переделка, коренная перестройка и организация по совершенно новым принципам [1].

Предметом реконструкции сетей и сооружений водоснабжения или водоотведения могут служить следующие причины:

- 1) в существующей системе элемент для очистки выполнен по старым нормативным документам, которые со временем пересматривались в сторону ужесточения требований к ним;
- 2) в эксплуатации находятся сооружения, проектирование и строительство которых выполнены по старым типовым проектам, сохранившим все недостатки, в том числе низкий коэффициент объёмного использования;
- 3) изменение характеристик системы с момента ввода их в эксплуатацию, которые приводят к дополнительным гидравлическим нагрузкам, сложностям повседневной эксплуатации;
- 4) высокий износ сетей и сооружений и изменение технологических параметров;
- 5) нет возможности отключать элементы на текущие и капитальные ремонты без нарушения качества очистки на выходе со станции.

Поэтому необходимо совершенствовать методы очистки, применять элементы, которые в процессе эксплуатации могли бы варьировать параметры сооружений очистки на тех же объёмах без серьёзных капитальных вложений.

1. Задача расчёта водопроводной сети при изменении её параметров

При решении задач по реконструкции водопроводной сети целесообразно обратиться к методическому указанию № 1014 [4, § 2]. Использовать таблицы [5] и [7] – при подборе арматуры для водопроводной сети.

2. Задача расчёта реконструкции водоотводящей сети

Решение задачи следует начинать со сравнения исходных параметров за проектированной водоотводящей сети и изменившимися параметрами в процессе эксплуатации. Наметить план рассуждений (см. [4, § 3]). Проверить пропускную способность участков сети с увеличенными расходами. Оценить изменение наполнения, исключая переполнение сети. При необходимости, решить вопрос замены сначала материала труб на более гладкий и бесшовный.

Если эксплуатационные параметры не противоречат современному водному законодательству, то выполняется этап разработки рекомендаций по протяжке полиэтиленового рукава на рассматриваемом участке. Разрабатывается проект производства работ, подбираются машины, механизмы и необходимые профессии рабочих.

Если требуется изменение диаметра трубопровода, то рассматриваются варианты решения этой задачи: как с отрывом траншеи, так и бестраншейным способом. Желательно обосновать принятые решения экономически.

3. Задачи по реконструкции элементов станции водоподготовки

Решение такого типа задач подобно эксплуатационным задачам. Ведь именно в процессе эксплуатации могут изменяться проектные параметры, и может требоваться пересмотр технологических процессов. Когда простое изменение технологии эксплуатации не помогает, возникает необходимость реконструкции.

3.1. Замена однослойной загрузки фильтров на двухслойную

Для станции проектной производительностью 100 тыс. м³/сут подобрано 14 фильтров размером 4х4 м² с центральным сборным каналом. Расчёты велись в соответствии с [17]. Эксплуатационные параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологические параметры скорого фильтра станции 100 тыс. м³/сут

Наименование параметра	Ед. измерения	Цифровое значение параметра
Продолжительность работы станции, Т	час	24
Скорость фильтрования, $v_{н.р.}$	м/ч	7
Количество промывок фильтра	раз/сут	2
Время простоя в связи с промывкой	час	0,33
Удельный расход воды на промывку	м ³ /м ²	6,48
Скорость фильтрации форсированного режима, $v_{ф.}$	м/ч	7,5
Интенсивность промывки	л/(с*м ²)	18
Время промывки	мин	6
Количество желобов отвода промывной воды	шт.	3
Расстояние между желобами	м	1,26
Ширина желоба отвода промывной воды	м	0,65
Диаметр трубопровода промывной воды	мм	1000
Высота поддерживающего слоя	м	0,5
Высота фильтрующего слоя	м	1,7
Тип загрузки	материал	керамзит
Эквивалентный диаметр загрузки, $d_{э}$	мм	0,75
Пористость загрузки, m	в долях ед.	0,7
Температура воды	°С	8

Выполним реконструкцию скорых фильтров, заменив загрузку из дроблённого керамзита на двухслойную - из кварцевого песка и антрацита. Параметры загрузки приведены в табл.2.

Таблица 2

Технологические параметры загрузки

Тип загрузки	Высота слоя, м	Эквивалентный диаметр загрузки, $d_э$, мм	Пористость загрузки, m_o , в долях единицы	Коэффициент, зависящий от формы зёрен, α
Кварцевый песок	0,7	0,8	0,4	1,65
Антрацит	0,7	1,1	0,7	2

Оценим потерю напора в чистом фильтрующем слое по формуле Д.М. Минца, которую он получил используя теорию подобия и обработав большое число проведённых им опытов [21, с. 288].

$$h^o = \frac{0,52 \cdot \mu \cdot \alpha^2 \cdot (1 - m_o)^2}{m_o^3 \cdot d_э^2} \cdot \nu \cdot L, \text{ м}, \quad (1)$$

где μ - вязкость воды в $\text{кГ} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$. Определяется по табл. 3.

Таблица 3

Значения μ в $\text{кГ} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$ при различных температурах

$T, ^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$\mu \cdot 10^{-4}$	1,8258	1,7034	1,6014	1,4994	1,4178	1,326	1,2648	1,1934	1,1424

α - коэффициент, зависящий от формы зёрен загрузки;

m_o - пористость загрузки в долях единицы;

ν - скорость фильтрования, $\text{м} / \text{ч}$;

L - толщина фильтрующего слоя, м ;

$d_э$ - эквивалентный диаметр зёрен загрузки, мм .

Так как загрузка состоит из двух слоёв, определим потерю напора в каждом чистом фильтрующем слое и суммируем их (ф. 2).

$$h_1^o = \frac{0,0052 \cdot 1,4178 \cdot 1,65^2 \cdot (1 - 0,4)^2}{0,4^3 \cdot 0,8^2} \cdot 7,1 \cdot 0,7 = 0,87 \text{ м};$$

$$h_2^o = \frac{0,0052 \cdot 1,4178 \cdot 2^2 \cdot (1 - 0,7)^2}{0,7^3 \cdot 1,1^2} \cdot 7,1 \cdot 0,7 = 0,032 \text{ м};$$

$$h^o = h_1^o + h_2^o. \quad (2)$$

Время, через которое нужно делать промывку фильтрующего слоя, определим по формуле:

$$T_0 = \frac{H - L - h^o}{\Delta h}, \text{ ч}; \quad (3)$$

где H - высота фильтра, м ;

L - высота слоя загрузки, м ;

h^o - потеря напора в чистом фильтрующем слое;

Δh - нарастание потери напора в фильтре, $\text{м} / \text{ч}$.

$$T_0 = \frac{5,6 - 1,4 - 0,87 - 0,032}{0,085} = 38,8 \text{ ч}.$$

Через 1,5 сут можно рекомендовать службе эксплуатации осуществлять промывку фильтра.

3.2. Реконструкция камеры хлопьеобразования и осветлителей

На станции водоподготовки установлены камеры хлопьеобразования зашламленного типа, представляющие собой прямоугольную емкость с пирамидальным днищем, совмещаемую обычно с корпусом коридора горизонтального отстойника. В основании днища размещены водораспределительные трубы или короба, обеспечивающие образование равномерного восходящего потока обрабатываемой жидкости с предварительно введенным коагулянтom, в верхней части имеются сборные лотки, обеспечивающие подачу воды с образовавшимися укрупненными хлопьями взвеси в горизонтальный отстойник для дальнейшей очистки. При скорости восходящего потока в верхнем сечении камеры 2-4 мм/с образуется и поддерживается во взвешенном состоянии слой осадка, частицы которого являются центрами коагуляции.

После 10 летней эксплуатации станции, на очистку стала поступать сложно обрабатываемая цветная вода. На сайте фонда патентов подберём подходящее решение [22].

Предлагается для обеспечения очистки, исключения попадания органических соединений в разводящую водопроводную сеть и снижения эксплуатационные затраты рабочую зону оснастить пространственным каркасом, на котором по всей высоте зоны зигзагообразно закреплены сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток, расположенных относительно друг друга в прямом и диагональном направлениях с шагом не более 70 - 150 мм.

Задача реконструкции - обеспечить деструкцию комплексных органических соединений, обуславливающих повышенную цветность природных вод, за счёт метаболизма микроорганизмов, закрепленных на насадке в рабочей зоне и коагуляции взвешенных и коллоидных примесей, содержащихся в воде. Сокращение расхода коагулянта за счет создания благоприятных условий процесса хлопьеобразования при минерализации органических соединений и обеспечение упрощенной регенерации сетчатой насадки делает данное инженерное решение эффективным. Существенно снизятся эксплуатационные затраты, обеспечивая очистку сложно обрабатываемых цветных вод, исключая попадание органических соединений в разводящую водопроводную сеть. Исключается биокоррозия трубопроводов и образование высокотоксичных хлорорганических соединений при обеззараживании воды хлором.

Реконструкцию следует выполнить следующим образом.

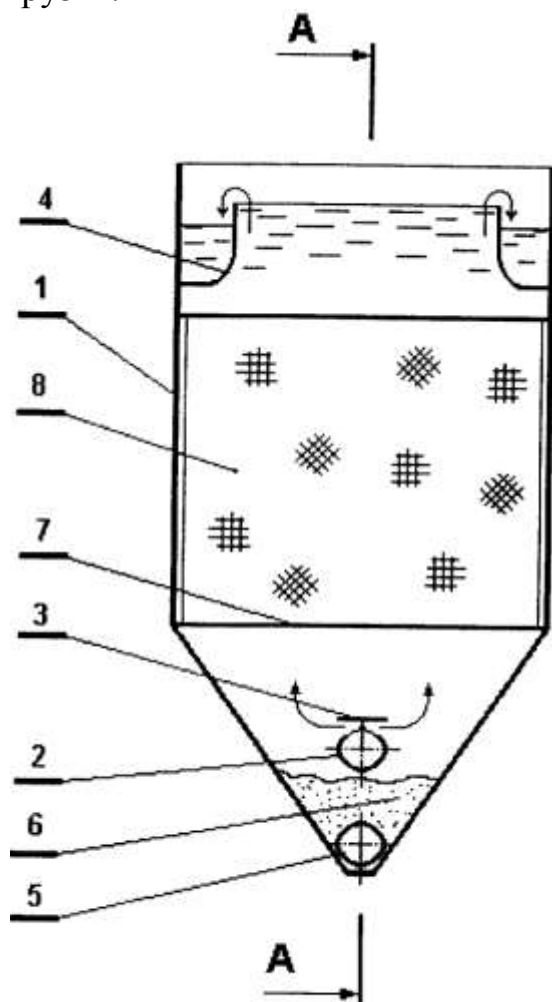
Камеру хлопьеобразования оснастить пространственным каркасом, на котором по всей высоте этой зоны зигзагообразно закреплены сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток, расположенных относительно друг друга в прямом и диагональном направлениях с шагом не более 70-150 мм.

Пространственный каркас, которым оснащена рабочая зона камеры хлопьеобразования, позволяет разместить и закрепить в ней материал насадки - полотнища *мелкоячеистой сетки*, на которой *развивается микрофлора*, спо-

собная обеспечить деструкцию комплексных органических соединений, обуславливающих повышенную цветность природных вод.

Зигзагообразное закрепление сдвоенных полотнищ мелкоячеистых сеток позволяет *увеличить "полезную" площадь контакта обрабатываемой воды и микроорганизмов*, образующих колонии на сетках, при минимальном гидравлическом сопротивлении, обеспечивающем оптимальные условия коагулирования - укрупнения хлопьев взвеси.

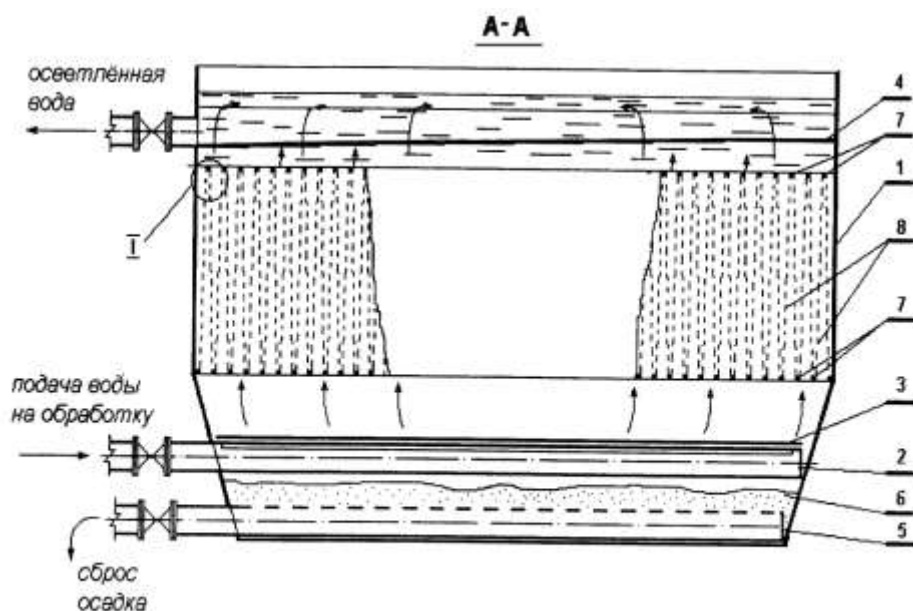
Сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток, расположенных относительно друг друга в прямом и диагональном направлениях с шагом не более 70-150 мм, обеспечивают *оптимальные условия закрепления микроорганизмов на сетках и увеличение площади контакта обрабатываемой воды с закрепленными на сетках микроорганизмами* при относительно простой конструкции устройства **без применения специальных мероприятий по регенерации материала** насадки в рабочей зоне, которая осуществляется самопроизвольным сбросом избытка продуктов метаболизма микроорганизмов и частиц взвеси, сорбируемых на насадке в процессе очистки, после достижения предельного по отношению к "несущей способности" насадки объема взвеси - предельной нагрузки.



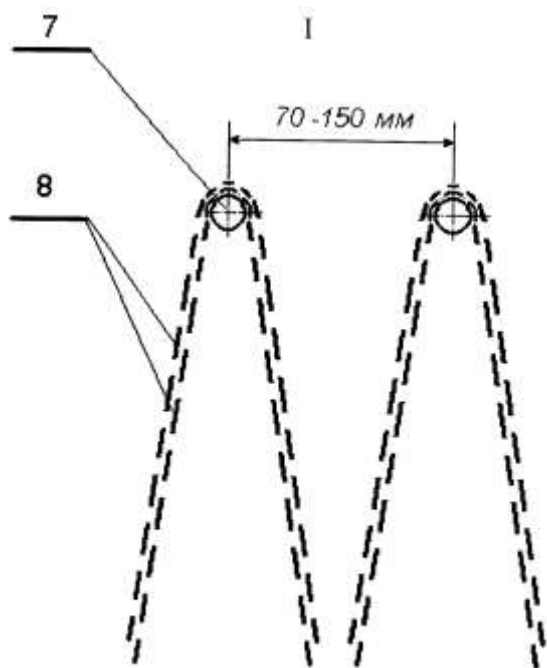
Фиг. 1

Рис. 1. Устройство для очистки высокоцветных вод по патенту РФ 2157345 [22]: фиг. 1 - поперечный разрез

1 – корпус прямоугольный в плане с призматическим днищем,
 2 – система подвода очищаемой воды, выполненная в виде перфорированного трубопровода;
 3 – отбойная пластина, обеспечивающая равномерное распределение воды в поперечном сечении корпуса;
 4 – сборные лотки для отвода обработанной воды;
 5 – перфорированный трубопровод для отвода осадка,
 6 – зона накопления осадка;
 7 – установлен стержневой пространственный каркас с поперечными стержнями и (или) шнурами;
 8 - по всей высоте рабочей зоны зигзагообразно закреплены сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток расположенных относительно друг друга в прямом и диагональном направлениях с шагом 70-150 мм



Фиг. 2



Фиг.3

Рис. 2. Устройство для очистки высокоцветных вод по патенту РФ 2157345:
фиг. 2 - разрез А-А на фиг.1; фиг. 3 - узел I на фиг. 2.

Устройство для очистки воды работает следующим образом.

Очищаемая вода, имеющая повышенную мутность и цветность, обусловленную наличием устойчивых форм комплексных соединений органической природы, после обработки коагулянтom подаётся по перфорированному трубопроводу 2 в корпус 1. Перфорированный трубопровод 2 расположен выше зоны накопления осадка 6 и оснащен отбойной пластиной 3, обеспечивающей равномерное распределение очищаемой воды и образование восходящего потока. В рабочей зоне, в которой установлен стержневой пространственный каркас 7,

на поперечных стержнях и (или) гибких шнурах которого зигзагообразно закреплены сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток 8, обеспечивается контактная коагуляция взвеси, содержащейся в обрабатываемой воде. При очистке вод с высокой цветностью в рабочей зоне контактной коагуляции на зигзагообразно установленных сетках 8 образуется микрофлора, способствующая деструкции устойчивых форм различных комплексных органических соединений. В природных водах концентрация органических соединений сравнительно невелика и по сравнению со сточными водами. Природные воды обладают низкой питательной ценностью, в этих условиях активно развиваться могут только поверхностно прикрепляемые (сидячие) бактерии, получающие питательные вещества из протока обрабатываемой жидкости в насадке с закрепленными микроорганизмами. Основные требования к устройствам, обеспечивающим микробиологическую деструкцию комплексных органических соединений - это:

- возможность равномерного распределения обрабатываемой воды в рабочей зоне при достаточно высокой удельной нагрузке, что определяет оптимальный режим питания микроорганизмов, закрепляющихся на насадке;
- минимальное гидравлическое сопротивление насадки при высокой эффективности удержания биомассы,
- возможность самопроизвольно освобождаться от излишков биомассы.

Зигзагообразно установленные сетки 8 в рабочей зоне вполне удовлетворяют указанным требованиям к насадкам при обработке высокоцветных вод и обеспечивают возможность закрепления на них особых видов микроорганизмов. Наиболее целесообразно использовать нитяные сетки из инертного по отношению к свойствам воды материала, например из капроновых нитей, с размером ячеек 10-15 мм. С целью создания оптимальных условий закрепления и развития микрофлоры, обеспечения оптимальной плотности её в зоне контактной коагуляции полотнища зигзагообразно расположенных сеток 8 выполняются сдвоенными и располагаются относительно друг друга в прямом и диагональном направлении с шагом 70-150 мм. За счёт оптимальной схемы пересечения нитей полезная площадь контакта сеток увеличивается примерно на 50 % по сравнению с параллельным их расположением и на 80-100 % - по сравнению с одиночными сетками. Зигзагообразное расположение сеток 8 с шагом 70-150 мм обеспечивает оптимальную плотность насадки в рабочей зоне контактной коагуляции, составляющей около 10% ее общего объема, при меньшем шаге существенно усложняется схема пространственного каркаса из-за увеличения количества поперечных стержней и шнуров, на которые закрепляются полотнища сдвоенных мелкоячеистых сеток 8.

В присутствии микроорганизмов в зоне контактной коагуляции комплексорганические соли металлов минерализуются, и дальнейшее осветление воды упрощается, при этом необходимое количество коагулянтов, используемых для обработки воды, существенно (на 40-70%) сокращается. Образующиеся в процессе коагуляции укрупненные хлопья взвеси, гидравлическая крупность которых превышает скорость восходящего потока обрабатываемой воды в рабочей зоне, выпадают в виде осадка и накапливаются в нижней части призматическо-

го днища корпуса 1 - зоне накопления осадка 6 и частично сорбируются на сетках 8. Предельный объем осадка, сорбирующегося на сетках 8, составляет не более 5-7 кг/м², а избыточная его масса самопроизвольно сбрасывается и поступает в зону накопления осадка 6, при этом не требуется применение каких-либо дополнительных мероприятий по регенерации сетчатой насадки. Периодически из зоны накопления осадка 6 он удаляется перфорированным трубопроводом 5 за пределы устройства. Осветленная вода поступает в верхнюю зону корпуса 1 установки и собирается системой отвода осветленной воды, выполненной, например, в виде сборных лотков 4, установленных вдоль продольных стенок корпуса 1, и отводится для дальнейшей обработки, например, на скорые фильтры.

Устройство для очистки высокоцветных вод, содержащее корпус прямоугольный в плане с призматическим днищем, систему подвода очищаемой воды, обработанной коагулянтom и отвода очищенной воды, рабочую зону контактной коагуляции со слоем насадки из волокон и систему отвода осадка, отличающееся тем, что рабочая зона контактной коагуляции оснащена пространственным каркасом, на котором по всей высоте этой зоны зигзагообразно закреплены сдвоенные полотнища мелкоячеистых сеток, расположенных относительно друг друга в прямом и диагональном направлениях с шагом не более 70 - 150 мм.

Выводы

1. Предложена реконструкция существующей камеры хлопьеобразования и осветления природных вод с превышением показателей органических загрязнений в исходной воде.
2. Реконструкция выполнена за счёт установки в рабочей зоне камеры пространственного каркаса из мелкоячеистой сетки.
3. На сдвоенном полотнище расположенном в прямом и диагональном направлениях с шагом 70 – 150 мм, закрепляются микроорганизмы, которые обеспечивают микробиологическую деструкцию комплексных органических соединений.
4. В качестве материала сетки предлагается капроновая нить с размером ячеек 10 -15 мм.
5. За счёт оптимальной схемы пересечения нитей полезная площадь контакта сеток увеличивается примерно на 50 % по сравнению с параллельным их расположением и на 80-100 % - по сравнению с одиночными сетками.
6. Насадки составляют около 10 % от общего объёма камеры.
7. Сокращается количество используемого коагулянта на 40 – 70 %.

4. Задачи по реконструкции элементов станции очистки сточных вод

Разрабатывая проект реконструкции сооружения, следует выполнить:

- оценку гидравлических характеристик ёмкостей;
- обоснование необходимости применения новых более совершенных конструктивных элементов [12];

- провести патентный поиск для выбора оптимального решения [19];
- выполнить описание подобранной конструкции или технологии;
- рассчитать ёмкость с учётом конструктивных изменений по новым параметрам и концентрации загрязнений после этих конструкций, сравнить технологические параметры и последствия их изменения;
- подобрать строительные материалы для реализации конструкции;
- сделать выводы о результатах принятых решений.

4.1. Расчёт реконструкции решёток

В связи с реконструкцией населенного пункта, трёхэтажная застройка заменена на высотную. Изменилась норма водоотведения с 190 до 290 л/с на человека. Для расчёта параметров расходов и числа жителей населённого пункта воспользуемся [3; 8; 9, табл. 2]. Параметры расходов и числа жителей приведены в табл. 4 и 5.

Население увеличилось со 160606 до 309781 чел. Количество сточных вод изменилось с 30744 до 88922 м³/сут (в 2,9 раза). Максимальный секундный расход увеличился 2,77 раз.

С учётом промышленного предприятия расходы и концентрации загрязнений до и после реконструкции микрорайонов представлены в табл. 6 и 7.

Концентрация взвешенных веществ смеси сточных вод, поступающих на очистку, уменьшилась на 104,12 г/м³, в БПК_{полн.} – на 120,5 г/м³. Появляется необходимость реконструкции решёток с целью задержания отбросов более мелких фракций. С целью экономии средств необходимо интенсифицировать существующие решётки, по возможности, без изменения здания решёток.

Проверим, изменится ли необходимая степень очистки при изменившихся технологических параметрах. Расчёты выполним в электронных таблицах [3, рис. 3.3; 11]. Результаты представим в табл. 8 и 9. Требования к необходимой степени очистки уменьшились на 1- 2 % эффекта.

Проверим, изменятся ли гидравлические характеристики каналов, используя таблицы для расчёта прямоугольных каналов [18]. Расчёты выполним в электронных таблицах [3, рис. 3.2; 11] с учётом материалов пособия [13, п. 4.2.4] и таблиц для прямоугольных каналов [18]. Результаты представим в табл. 10 и 11.

Анализ расчётов по табл. 10 и 11 показывают, что можно сохранить существующие каналы. Однако почти вдвое увеличивается потеря напора на решётке. Это требует опустить порог за решёткой, чтобы исключить подпоры воды перед решётками.

Решётка с пластинами под углом к потоку (Ав. св СССР № 992674; Е 03 F 5/14) позволяет с минимальными затратами усовершенствовать очистку сточных вод от крупных отбросов на решётках, получить съём отбросов в 3,45 раза больше, чем проектными решётками. При этом не изменять здания решёток.

Затраты металла на новые решётки сократятся на 50 %, а пропускная способность увеличиться в 2,62 раза.

Рисунок решётки представлен в пособии [12, рис.7.3].

Таблица 4

Данные по населённому пункту до реконструкции

N рай-она	Площадь р-она, га	Плотность населения чел/га	Норма водоотведения л/(сут чел)	Средние расходы			Общий коэф-т неравномерности	Максимальный расход		Число жителей N. Чел
				секун, л/с	часовые м ³ /ч	суточн м ³ /сут		секунд q _{max} s, л/с	часовой Q _{max} ч м ³ /ч	
Бассейн №1	110,500	1350	190	328,047	1180,97	28343,25	1,543	506,17	1822,22	149175
Бассейн №2	16,10	710	210	27,784	100,02	2400,51	1,880	52,23	188,04	11431
город	126,600			355,831	1280,99	30744	1,536	546,57	1967,65	160606

Таблица 5

Данные по населённому пункту после реконструкции

N района	Площадь р-она, га	Плотность населения чел/га	Норма водо-отведения л/(сут чел)	Средние расходы			Общий коэф-т неравномерности	Максимальный расход		Число жителей N. Чел
				секун, л/с	часовые м ³ /ч	суточн м ³ /сут		секунд q _{max} s, л/с	часовой Q _{max} ч м ³ /ч	
бассейн№1	110,500	2700	290	1 001,406	3605,06	86521,50	1,470	1472,07	5299,44	298350
бассейн№2	16,10	710	210	27,784	100,02	2400,51	1,880	52,23	188,04	11431
город	126,600			1029,190	3705,084	88922	1,470	1512,68	5445,66	309781

Таблица 6

Расходные параметры до реконструкции населённого пункта

Показатели	Районы города		Промышлен- ное предпри- ятие	Смесь сточных вод
	первый	второй		
Расход, м ³ /сут	28343,25	2400,51	3100,00	33843,76
Норма водоотведения, п, л/(сут чел)	190,00	210,00		
Взвешенные вещества, г/м ³	342,11	309,52	250,00	331,36
БПКполн, г/м ³	394,74	357,14	295,00	382,93
Приведённое число жите- лей, чел	149175	11431	12193	172799

Окончание табл. 6

Параметры расходов		Максималь- ный	Средний	Минималь- ный
Суточный, м ³ /сут			33843,76	
Часовой, м ³ /ч		2153,41	1410,16	923,44
Секундный	л/с	598,17	391,71	256,51
	qрасч, м ³ /с	0,60	0,39	0,26
Kgen max=		1,527		

Таблица 7

Расходные параметры после реконструкции населённого пункта

Показатели	Районы города		Промышленное предприятие	Смесь сточ- ных вод
	первый	второй		
Расход, м ³ /сут	86521,50	2400,51	3100,00	92022,01
Норма водоотведения, п, л/(сут чел)	290,00	210,00		
Взвешенные вещества, г/м ³	224,14	309,52	250,00	227,24
БПКполн, г/м ³	258,62	357,14	295,00	262,42
Приведённое число жителей, чел	298350	11431	12193	321974

Окончание табл. 7

Параметры расходов		Максимальный	Средний	Минимальный
Суточный, м ³ /сут			92022,01	
Часовой, м ³ /ч		5634,48	3834,25	2609,20
Секундный	л/с	1565,13	1065,07	724,78
	qрасч, м ³ /с	1,57	1,07	0,72
	Kgen max=	1,470		

Таблица 8

Показатели реки												
Расход воды м ³ /с	Скорость течения воды м/с	Средняя глубина воды м	тем-ра воды летом	Кол-во взвеш в-в в воде мг/л	БПК полн речной воды мг/л летом	БПК полн речной воды мг/л зимой	Кол-во раствор кислорода летом	Кол-во раствор кислорода зимой	Расст до расчет створа по прямой	Расст до расчет створа по фарватеру	Категория водоёма	Выпуск прибрежный
11,8	0,5	1,42	21,7	12,8	7,35	7,15	7,35	7,55	500	505	PX-2	1

Продолжение табл. 8

Расчётные параметры очистки сточных вод с учётом характеристик водоёма

Lф/Lпр	Коеф турбулентной диффузии, E	альфа	коэф смеш	расст до полного смеш, м	кратность разбавления сточ вод в реке	Доп. кон-центр. вз-ных в-в т, мг/л	Э, %	t, сут	Lст по БПК, мг/л	Э БПК, %	Lст (л), мг/л	Lст (з), мг/л	Э БПК, %
1,01	0,00355	0,183	0,137	3,181	3,702	16,255	95,094	0,012	2,418	99,369	-3,583	130,69	99,217

3

Окончание табл. 8

Параметры сточных вод по проекту

q расч, м ³ /с	(E/qрасч) ^(1/3)	Ksm, мг/л	Lsm, мг/л	Kt	Допутимое увеличение вз. в-в в водоёме, мг/л	L pd, мг/л	Кол-во раствор. кислорода, мг/л
0,60	0,181051	331,36	382,93	0,11	0,75	6	4

Таблица 9

Параметры сточных вод после реконструкции населённого пункта

Расчетный расход сточных вод $q_{расч}, м^3/с$	$(E/q_{расч})^{(1/3)}$	Исходная концентрация взвешенных веществ $K_{см}, мг/л$	Исходная концентрация БПК полн. $L_{см}, мг/л$	K_t	Допустимое увеличение вз. в-в в водоёме, мг/л	$L_{pd}, мг/л$	Кол-во раствор. кислорода, мг/л
1,57	0,131389	227,24	262,42	0,11	0,75	6	4

Окончание табл. 9

Расчётные параметры очистки сточных вод с учётом характеристик водоёма

L_f/L_p	Коеф турбулентной диффузии, E	альфа	коеф смеш	расст до полного смеш, м	кратность разбавления сточ вод в реке	Доп. концентр. взвешенных в-в $m, мг/л$	$\Xi, \%$	$t, сут$	$L_{ст}$ по БПК, мг/л	Ξ БПК, %	$L_{ст}$ (л), мг/л	$L_{ст}$ (з), мг/л	Ξ БПК, %
1,01	0,00355	0,133	0,180	1,675	2,359	14,300	93,707	0,012	4,208	98,396	-6,773	94,842	98,857

3

Таблица 10

Расчёт проектных решёток

b, мм	S, мм	Вр, мм	п, шт	Вк, мм	скорость решетки, м/с		аотб., л/(чел*год)	Влажность отбросов, %	Зольность отбросов, %
					в прозо-рах	мин пе-ред			
16	8	1000	42	672	0,86	0,50	4,9	80	8

МГ 9Т

по проекту

Продолжение табл. 10

Расчетные параметры	Расход сточных вод , м ³ /с		
	q _{max} =0,6	q _{ср} =0,39	q _{min} =0,26
Ширина, Вк, м	0,8	0,8	0,8
Уклон, i	0,0006	0,0006	0,0006
Наполнение, h, м	0,57	0,71	0,51
Скорость, v, м/с	0,65	0,68	0,63
Н, м	2	2	2
число сооруж.	2	1	1
расход на 1 решётку	0,299	0,392	0,257

β	a	zk
0,71	60	0,244015

Продолжение табл. 10

Потери напора в решётке, м	Объём осадка, задерживаемого на решетках W _{отб} , м ³ /сут	Удельный вес отбросов γ, кг/м ³	Р, кг/сут	Р _{сух} , кг/сут
			1739,83	347,97
0,028	2,320	750	ΔKp, г/м ³	ΔLp, г/м ³
			10,282	9,459

Продолжение табл. 10

Размеры камеры решетки, м				
L1	L2	L _{раб}	Лобщ., м	Нстр., м
0,045	0,022	2	2,067	1,098

Окончание табл. 10

Концентрации, поступающие на песколовки, г/м ³	
Вз. вещества- К _{вх.п.}	БПКполн.-L _{вх.п.}
321,08	373,48

Расчёт реконструируемых решёток

b, мм	S, мм	Вр, мм	n, шт	Вк, мм	скорость решетки, м/с		аотб., л/(чел*год)	Влажность отбросов, %	Зольность отбросов, %
					в прозо- рах	мин перед			
8	3	1000	91	729	0,90	0,61	9,1	80	8

ВхН=1000х1600 мм

Прутья под углом $\beta=80^\circ$ к потоку

Продолжение табл. 11

Расчетные па- раметры	Расход сточных вод, м ³ /с		
	q _{max} =1,57	q _{ср} =1,07	q _{min} =0,72
Ширина, Вк, м	0,8	0,8	0,8
Уклон, i	0,0006	0,0006	0,0006
Наполнение, h, м	1,25	0,92	1,18
Скорость, v, м/с	0,77	0,72	0,76
Н, м	2	2	2
число сооруж.	2	2	1
расход на 1 реш.	0,783	0,533	0,725

Угол наклона решётки к горизонту $\alpha=60^\circ$

Продолжение табл. 11

Потери напора в решётке, м	Объём осадка, задерживаемо- го на решетках W _{отб} , м ³ /сут	Удельный вес отбро- сов γ , кг/м ³	Р, кг/сут	Р _{сух} , кг/сут
			6020,48	1204,10
0,042	8,027	750	ΔK_p , г/м ³ 13,085	ΔL_p , г/м ³ 12,038

Продолжение табл. 11

Размеры камеры решетки, м				
L1	L2	L _{раб}	Лобщ., м	Нстр., м
0,045	0,022	2	2,067	1,792

Окончание табл. 11

Концентрации, поступающие на песколовки, г/м ³	
Вз. вещества- Квх.п.	БПКполн.-Лвх.п.
214,15	250,38

4.2. Расчёт реконструкции песколовок

4.2.1. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды

Используя результаты расчётов таблиц 4 – 11, для того же случая рассмотрим реконструкцию горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды. Расчёт типовой конструкции по проекту выполним по методике [3; 10; 11, рис. 3.4] и сведём в табл. 12.

Таблица 12

Расчёт типовых горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды
канал перед песколовкой

Расчетные па- раметры	Расход сточных вод , м3/с			K= q _{max} /q _{mi} п	Влаж- ность пес- ка Вп, %	Золь- ность песка Зп, %	Удель- ный вес песка уп, кг/м ³
	q _{max} =0,6	q _{cp} =0,39	q _{min} =0,26				
число сооруж.	3	2	1				
расход на 1 песк.	0,20	0,20	0,26	1,3097	60	60	1500
Ширина, Вк,м	1	1	1	Продолжение табл. 12 Параметры песколовки			
Уклон,i	0,0006	0,0006	0,0006				
Наполнение, h, м	0,32	0,32	0,42				
Скорость v,м/с	0,59	0,59	0,64				
H, м	2	2	2				
				Длина L, м	вп, м	потд, шт.	
				9	1,25	2	
				вп.к., м		0.625	

По контрольным значениям параметров видно, что трёх песколовок достаточно, переполнения каналов не будет.

Таблица 13

Расчёт горизонтальных песколовок при увеличенном расходе

канал перед песколовкой				Показатели песка			
Расчетные параметры	Расход сточных вод, м ³ /с			K= q _{max} /q _{min}	Влажность песка Вп, %	Зольность песка Зп, %	Удельный вес песка γп, кг/м ³
	q _{max} =1,57	q _{ср} =1,07	q _{min} =0,72				
число сооруж.	3	2	2	1,4695	60	60	1500
расход на 1 песк.	0,52	0,53	0,36				
Ширина, Вк, м	1	1	1	Продолжение табл. 13			
Уклон, i	0,0006	0,0006	0,0006				
Наполнение, h, м	0,7	0,71	0,52	Параметры песколовки			
Скорость v, м/с	0,75	0,76	0,68				
H, м	2	2	2	Длина L, м			
				бп, м			
				п _{отд} , шт.			
				9			
				1,25			
				2			
				бп.к., м			
				0,625			

Продолжение табл. 13

Подбор горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды

Пропускная способность 1 отд. м ³ /с	Кол-во рабочих отд. шт.	Общая ширина пес. В, м	Скорость максим., u _{max} , м/с	U _{max} , мм/с	U _o , мм/с	Скорость мин., u _{min} , м/с	Время протока стока t, сек
0,2663	6,00	8	0,29	23,19	27,45	0,28	30,62
Контрольные значения параметров			≤0,3	D=0,2 мм	U _o =18,8 мм/с	≥0,15	≥30 сек
				D=0,25 мм	U _o =24,2 мм/с		

Окончание табл. 13

Снижение концентраций:				Концентрации, поступающие на I отст-ки, г/м ³		Wп, м ³ /сут
вз. в-в ΔКп, мг/л	41,987	БПКпол ΔЛп, мг/л	16,795	вз. вещ-ва Квх.отст.	БПКполн.-Лвх.отст.	
				172,165	233,584	6,439

Однако гидравлическая крупность задержанного песка больше расчётной. Следовательно, песок расчётной гидравлической крупности будет задерживаться в первичных отстойниках и может привести к износу металлических, соприкасающихся с осадком.

Следует также проверить геометрические параметры и гидромеханической системы при новых параметрах расходов воды и осадка (табл. 14).

Таблица 14

Геометрические параметры песколовки

Высоты		Водослив		Гидромеханическая система				
h _{ос} , м	h _{стр.} , м	Порог Р, м	Ширина b _с , м	q _{гм} , м ³ /с	dc.труб, м/с	Напор в конце Н _о , м	Напор насоса, Н _Δ , м	Производительность насоса, м ³ /ч
0,044	1,044	0,129	0,375	0,0264	0,299	7,127306	10,31283	61,182

Порог водослива требуется меньше, иначе в песколовках будет наблюдаться подпор воды. Производительность насосов, обслуживающих гидромеханическую систему, требуется увеличить почти в 2 раза, иначе установленные на-

сосы не смоют накопившийся осадок. Либо включать гидромеханическую систему чаще, для удаления песка и исключения выноса его в первичные отстойники.

Чтобы обеспечить задержание песка расчётной гидравлической крупностью и даже мельче в песколовках, исключить вынос его в первичные отстойники, предлагается на входе в песколовку установить жалюзийную решётку (Ав.св. СССР № 1089218). Она позволит дифференцированно перераспределить воду по глубине потока. Меньшее количество воды следует направлять в верхние слои со скоростями не более 0,2 – 0,15 м/с, а большее количество сточной воды направлять в донные слои со скоростями более 0,3 м/с. Наличие в песколовках таких распределителей [12, рис.7.5] создаёт условия для более быстрого осаждения песка в потоке малых скоростей при незначительном влиянии вертикальной составляющей турбулентной пульсации потока. Попадание частиц песка в донные потоки, где скорости течения воды могут быть значительно выше средней на 30 – 50 %, приведёт к интенсивной турбулизации потока, и песок будет отмываться от органических веществ. Применение такого конструктивного элемента не требует больших затрат труда, материалов и средств, но гарантирует повышение качества улавливания более мелкого песка с меньшим содержанием органических веществ; даёт возможность повысить эффективность работы песколовок и увеличить объём задерживаемого песка. Чтобы не происходило заклинивания нижней пластины при больших углах поворота, необходимо расстояние между нижней пластиной и дном песколовки выдерживать не менее ½ ширины пластины.

Угол наклона пластин можно регулировать и принимать 30, 45, 60, 75, 80° к горизонтальной направляющей. Следует учитывать сопротивление, которое оказывает жалюзийная решётка при увеличении угла наклона.

Изменение гидравлической крупности можно рассчитать по формуле:

$$U_0 = v_{max} \cdot \cos\beta \cdot \sqrt{\frac{h^2}{L^2} + 0,05^2}, \text{ м/с}, \quad (4)$$

где v_{max} – максимальная горизонтальная скорость движения воды в песколовке;
 β - угол наклона пластин к горизонтальной направляющей.

Из формулы (4) можно для требуемой гидравлической крупности найти подходящий угол. Для нашего примера значения гидравлической крупности будут следующие (табл. 15):

Таблица 15

β , град.	$\cos(\beta)$	$U_0 \text{ max, м/с}$	$d_{\text{песка, мм}}$
30	0,866	0,018446	0,2
45	0,707	0,01506117	0,17
60	0,500	0,013726	0,15

Для отмыва органических веществ из песка можно установить грядовое днище [12, рис. 7.6]. Оно позволяет регулировать за счёт угла наклона колосников на 35 – 60° интенсивность отделения органических веществ.

При работе гидромеханической системы грядовое днище может перекрывать канал осадка. В этом случае можно без ухудшения параметров воды, вы-

полнять удаление песка из работающей песколовки. Требуется меньше воды на работу гидромеханической системы, что весьма актуально в нашем примере.

Увеличение объема задержанного песка потребует реконструкции песковых площадок.

ВЫВОДЫ

1. Производительность станции возросла по максимальному секундному расходу в 2,6 раза. Концентрации загрязнений напротив – уменьшились.
2. Для повышения пропускной способности песколовки, без увеличения их количества, предложено на входе в песколовки установить жалюзийные решётки по ав.св. СССР № 1089218 с дифференцированным перераспределением воды по глубине потока.
3. Для отмыва органических веществ из собранного песка, сокращения промывной воды на удаление песка устанавливаем вдоль песколовки грядовое днище по ав. св. СССР № 990684.
4. В результате проведенных конструктивных изменений на станции прогнозируются следующие изменения:
 - объём задерживаемого в песколовках песка увеличивается в 1,86 раза;
 - при минимальных секундных расходах целесообразно включать в работу две песколовки;
 - для целей задержания более мелкого песка можно регулировать, в сторону увеличения, угол наклона жалюзийной решётки;
 - появляется возможность удаления песка из песколовки в рабочем режиме;
 - потребуется реконструкция песковых площадок с увеличением нагрузки в 1,86 раза.
5. Перечисленные изменения свидетельствуют об эффективности принятых решений, позволяют сократить затраты на реконструкцию, эксплуатацию.

4.2.2. Горизонтальные песколовки с круговым движением воды

Проектная производительность очистной станции 25,5 тыс. м³/сут. В проекте предусмотрены песколовки на задержание песка диаметром 0,25 мм. На городские очистные сооружения поступает сточная вода от абразивного завода. В осадке первичного отстойника в процессе эксплуатации выявлен в большом количестве песок диаметром от 0,25 до 0,1 мм. Это сказывается на эксплуатации отстойников (истираются металлические части скребков, срезается рабочее колесо насосов, удаляющих осадок, образуется балласт в метантенках, сокращающий рабочую зону сооружения и нарушающий режим их работы).

Песколовки требуют реконструкции. Для задержания более мелкого, чем рекомендовано СНиПом [16], песка в литературе рекомендовано предусматривать тонкослойные модули и разной высотой полок [12, 13].

Провели патентный поиск и нашли горизонтальную песколовку с круговым движением воды – рис. 3. Изображение новых элементов см. [13, рис.4.28].

← → http://www.findpatent.ru/patent/217/2174858.html Песколовка ×

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

FindPatent.ru Патентный поиск В о f t

Песколовка

Авторы патента:

Яковлев С.В.
Журавлев В.Д.
Журавлева И.В.
Бабкин В.Ф.
Акиншин Н.Г.

Песколовка (RU 2174858):

B01D21/02 - отстойные резервуары

Владельцы патента:

Воронежская государственная архитектурно-строительная академия
Открытое акционерное общество "Инжпроект"

Изобретение предназначено для очистки природных и сточных вод от песка и других минеральных примесей. Песколовка содержит цилиндрический корпус, в верхней периферийной зоне которого размещен лоток, соединенный с подводящим и отводящим каналами. Внутри лотка размещены тонкослойные полочные модули. В корпусе имеется центральная коническая камера, в которой установлен блок конических обечаек с переменными углами конусности. По оси центральной камеры в верхней части установлена водоприемная воронка, соединенная с понтоном. В лотке за подводящим каналом установлен распределитель потока в виде жалюзийной решетки из поворотных пластин, расположенных по высоте лотка друг над другом и закрепленных к раме на шарнирах. Технический результат состоит в повышенной на 20-25% производительности и более высоком эффекте осаждения песка. Объем задерживаемого песка увеличивается в 1,5-2 раза, что повышает надежность и качество очистки сточных вод. 7 ил.

Изобретение относится к песколовкам с круговым движением воды и может быть использовано на сооружениях механической очистки сточных вод.

Известна песколовка, выполненная в форме цилиндра с усеченным конусообразным днищем, тангенциальным входным патрубком и центральной отводной телескопической трубой (см. а.с. N 172688, 1965 г.).

Недостатком этого устройства является малая степень осветления воды, что ограничивает ее применение.

Кроме того, известна песколовка, представляющая собой резервуар конусоидальной формы, в верхней части которого имеется круговой лоток, в нижней части имеющей щель, круговой лоток разделен на секции радиально установленными плоскими вертикальными решетками. В центральной части резервуара установлена отводная труба, затопленная под уровень жидкости для образования вихревой водяной воронки. На уровне отводной трубы установлены параллельные наклонной внутренней стенки лотка и равные ей по длине конические перегородки, верхние кромки которых расположены ниже уровня переливной воронки (см. а.с. N 1212976, кл. C 02 F 3/00, Бюл. N 7, 1986 г.).

Рис. 3. Патент RU 2174858 в фонде патентов

При расчёте следует помнить об изменении диаметра задержанного песка и соответствующей гидравлической крупности: в типовых сооружениях гидравлическая крупность частиц 0,25 мм при температуре 15°C составляет $U=24,2$ мм/с. При установке тонкослойных модулей в песколовке, такая гидравлическая крупность будет на 1/3 ёмкости сооружения. На втором модуле будет задерживаться песок диаметром $d=0,15$ мм и $U=13,2$ мм/с. На третьем модуле будет задерживаться песок диаметром $d=0,1$ мм и $U=5,9$ мм/с. Количество задержанного песка соответственно $a_1=0,0185$ л/(чел·сут), $a_2=0,028$ л/(чел·сут), $a_3=0,0432$ л/(чел·сут).

Параметры тонкослойных модулей можно рассчитать по формулам (5)-(7).

$$L_{bl} = h \cdot v_{cp} \cdot 1000 / U_o, \text{ м}, \quad (5)$$

где h - расстояние между полками на входе воды в полочный отстойник, м;

v_{cp} - горизонтальная скорость (при реконструкции принимается по фактическим расчётам, но $v_{cp} \leq 0,3$ м/с);

U_o - гидравлическая крупность улавливаемого песка, мм/с.

$$H_{bl} = H_{раб} - L_{bl} \cdot \sin \gamma - H_1, \text{ м}, \quad (6)$$

где $H_{раб}$ - глубина рабочей зоны песколовки, м, принимается согласно типовым размерам;

γ - угол наклона полки к горизонту. Для расчёта примем $\gamma = 30^\circ$;

H_1 - уровень воды над верхним ребром верхней пластины ($H_1 \geq 2$ см).

Число полок в каждом блоке вычисляется по формуле:

$$n_{п} = H_{bl} / h. \quad (7)$$

Расчёты удобно представить в виде табл. 16.

Таблица 16

Расчётные параметры тонкослойных модулей горизонтальной песколовки с круговым движением воды

Номер блока	$d_{пес},$ мм	$U_o,$ мм/с	$v_{cp},$ м/с	$a,$ л/(чел·сут)	Параметры тонкослойных блоков				
					высота полки		длина блока $L_{bl}, \text{ м}$	высота блока $H_{bl}, \text{ м}$	число полок, n шт.
					$b, \text{ м}$	$h = b / \cos \gamma, \text{ м}$			
1	0,25	24,2	0,3	0,0185	0,03	0,035	0,429	0,455	14
2	0,15	13,2	0,3	0,028	0,025	0,029	0,656	0,347	13
3	0,1	7,8	0,3	0,032	0,02	0,023	0,888	0,186	9

Оценку изменения параметров осадка песколовок можно свести в табл. 17.

Таблица 17

Оценка изменения параметров осадка песколовок

Вариант реконст.	$N_{пр.},$ чел.	$a,$ л/(чел·сут)	$W_{отб},$ м ³ /сут	$R_{сух},$ т/сут	$\Delta K_{п},$ г/м ³	$\Delta L_{п},$ г/м ³	$K_o,$ г/м ³	$L_o,$ г/м ³	$\Theta, \%$ вз. в-ва/БПК
До	162680	0,02	3,2536	1,952	76,55	30,62	292,94	285,38	<u>20,719</u> 9,691
после		0,048	7,808	4,685	183,73	73,493	185,767	242,507	<u>49,725</u> 23,257

Выводы

1. На городскую станцию очистки сточных вод проектной производительностью $Q = 25500 \text{ м}^3/\text{сут}$ с исходными концентрациями загрязнений по взвешенным веществам $K = 369,5 \text{ г/м}^3$, по БПК $L = 316 \text{ г/м}^3$ поступает сточная вода от абразивного завода.
2. В осадке первичного отстойника в процессе эксплуатации выявлен в большом количестве песок диаметром от 0,25 до 0,1 мм, истирающий металлические части отстойника и лопадки насосов, оседающий в метантенках сокращая рабочую зону и нарушая режим их работы.
3. Существующие песколовки рассчитаны на диаметр задерживаемых частиц 0,25 мм. Требуется либо строительство дополнительных ёмкостей песколовок (но отсутствует место для этого) или реконструкция их. Выбрали 2 вариант.
4. Реконструкцию горизонтальных песколовок с круговым движением воды выполнили по патенту RU 2174858, установили распределительное устройство на входе и три тонкослойных блока (в начале, середине и конце лотка), позволяющих задерживать песок диаметром 0,25 – 0,1 мм.
5. В результате проведенных конструктивных изменений на станции прогнозируются следующие изменения:
 - съём загрязнений по взвешенным веществам и БПК увеличился в 2,4 раза;
 - увеличилось количество задержанного песка в 2,4 раза;
 - сократились концентрации загрязнений, поступающих на последующие сооружения по взвешенным веществам в 1,58 раз, по БПК – в 1,18 раз, что потребует технологических изменений в их эксплуатации (чаще следует удалять осадок из песколовок). Эти параметры свидетельствуют от эффективности принятых решений и позволяют сократить эксплуатационные затраты.

4.3. Расчёт реконструкции отстойников

Рассмотрим реконструкция первичных горизонтальных отстойников с исходными данными из табл. 18. Таблицы аналогичные табл. 8, 10, 12 рассчитываются по тем же электронным таблицам и методикам [3, 10, 11].

Для оценочных расчётов используем методику с применением коэффициента использования объёма отстойной зоны [13, с. 162].

Таблица 18

Исходные данные по расходам и концентрациям загрязнений сточных вод

Параметры расходов		Максимальный	Средний	Минимальный
Суточный, $\text{м}^3/\text{сут}$			30520,00	
Часовой, $\text{м}^3/\text{ч}$		1954,16	1271,67	827,54
Секундный	л/с	542,82	353,24	229,87
	расч, $\text{м}^3/\text{с}$	0,54	0,35	0,23
	$K_{\text{gen max}} =$	1,537		

Показатели	Районы города		Промышленное предприятие	Смесь сточных вод
	первый	второй		
Расход, м ³ /сут	7950,00	21150,0	1420,00	30520,00
Норма водоотведения, п, л/(сут чел)	190,00	220,00		
Взвешенные вещества, г/м ³	342,11	295,45	505,00	317,36
БПК _{полн} , г/м ³	394,74	340,91	612,00	367,54
Приведённое число жителей, чел	41842	96136	11032	149011

Таблица 19

Параметры расчёта	Продолжительность осветления сточных вод, трасч, мин					
	30	60	90	120	150	180
z	1,052	0,526	0,351	0,263	0,210	0,175
КПД	0,349	0,591	0,704	0,769	0,810	0,839
T	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
Z	0,115	0,058	0,038	0,029	0,023	0,019
Эt	59,476	67,032	68,993	69,758	70,117	70,303
Эн	20,767	39,610	48,583	53,624	56,811	58,995
Эн'	23,882	45,551	55,871	61,667	65,333	67,844

Продолжение табл.19

Параметры горизонтального отстойника

Lset, м	Hset, м	Wраб, м ³	Kset	Квых, мг/л	Э, %	tотс, ч	Qmax, м ³ /ч	Q', м ³ /ч	п, шт.
30	4	1080	0,66	100	58,7995	2,95	1954,16	365,44	6
с биокоаг						1,64191		657,77	3,0

Окончание табл. 19

Расчёт снятых в отстойниках загрязнений с учётом биокоагуляции

Рсух, т/сут	ΔKотс, мг/л	ΔLотс, мг/л	Len, мг/л	hсп, м	Вос, %	γос, т/м ³	Зос, д.ед	Wос, м ³ /сут
4,356	123,083	88,620	240,72		96,000	1,030	0,280	105,7202115

По результатам расчётов строим график осветления сточных вод – рис.4.

Затем выполним расчёты параметров после реконструкции табл. 20, 21. В качестве элементов реконструкции применили тонкослойные модули и взвешенный слой осадка по патенту РФ № 2191619 [12, рис. 6.2].

Таблица 20

Работа отстойников после установки тонкослойного модуля и осветлителя

Параметры расчёта	Продолжительность осветления сточных вод, трасч, мин					
	30	60	90	120	150	180
Эt	60,358	68,026	70,016	70,792	71,157	71,345
Эн	25,336	44,073	52,424	56,982	59,816	61,735
Эн'	29,137	51,566	60,288	65,529	68,788	70,995
Этм	38,00415	66,11005	78,636194	85,47301	89,72388	92,60211
Эвз слой	51,3056	82,63756	90,431624	94,02031	96,90179	99,08426

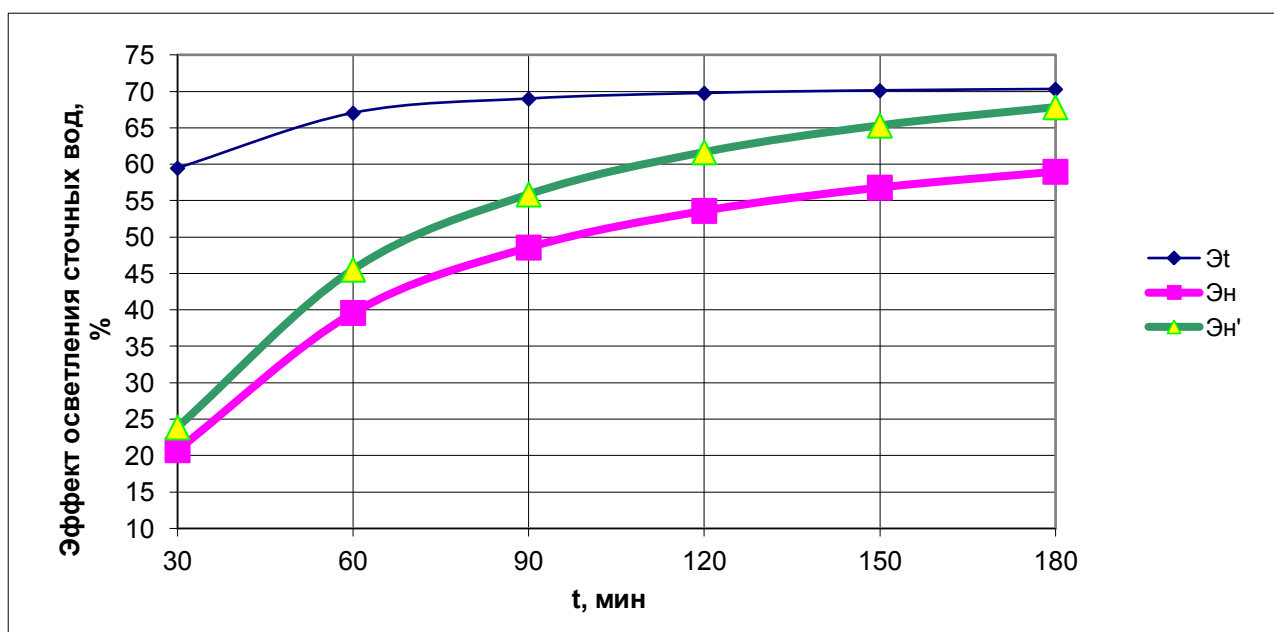


Рис. 4. Кривая зависимости эффекта осветления сточной воды от средней продолжительности отстаивания: Эт – в состоянии покоя, Эн – рабочем отстойнике без биокоагуляции; Эн' – рабочем отстойнике с биокоагуляцией

Таблица 21

Параметры горизонтального отстойника с тонкослойным модулем и взвешенным слоем

Lset, м	Hset, м	Wраб, м ³	Kset	Квых, мг/л	Э, %	totс, ч	Qmax, м ³ /ч	Q', м ³ /ч	n, шт.
30	4	1080	0,8	14,51	94,020	2	938,07	349,2	3

Окончание табл. 21

Расчёт снятых в отстойниках загрязнений без биокоагуляции

Рсух, т/сут	ΔКотс, мг/л	ΔLотс, мг/л	Len, мг/л	hср, м	Вос, %	γос, т/м ³	Зос, д.ед	Wос, м ³ /сут
6,965	228,20	164,305	165,035		95	1,030	0,280	135,2371

По результатам расчёта построили графики осветления сточных вод рис. 5.

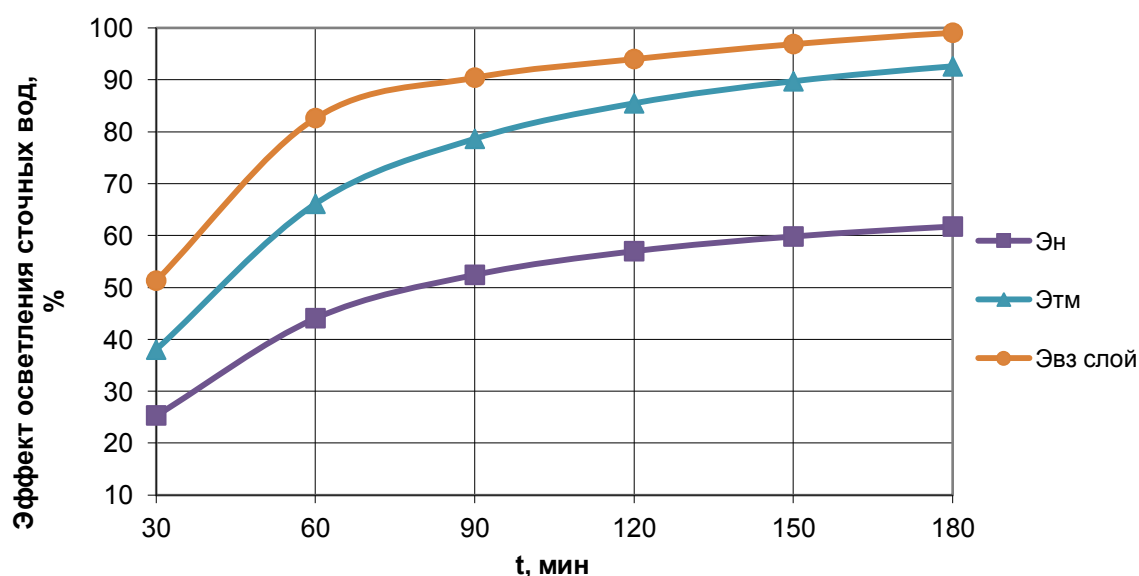


Рис. 5. Кривая зависимости эффекта осветления сточной воды от средней продолжительности отстаивания: Эн – в зоне отстаивания; ЭТМ- в отстойнике после тонкослойного модуля; ЭВз.слой – после взвешенного слоя

Рассчитаем основные параметры реконструкции: размеры отверстий, длину и высоту тонкослойного модуля. Расчёты выполним по методике [12, с. 55 – 56]- формулы 8 - 17 и сведём в табл. 22 и 23.

Площади живого сечения, м^2 , следует определять по формуле

$$\omega = \frac{q'_{mid}}{\nu} \quad (8)$$

где q'_{mid} - расход, $\text{м}^3/\text{с}$, на один отстойник;

ν - скорость в рассматриваемом сечении, $\text{м}/\text{с}$.

Ширину отверстий, камер, перепускных каналов следует определять по общей формуле

$$B = \frac{\omega}{B_{отс.}}, \text{ м.} \quad (9)$$

где ω - площадь живого сечения отверстий, камер, перепускных каналов, м^2 ;
 $B_{отс.}$ - ширина отстойника, м. Для нашего примера $B_{отс.} = 9$ м.

Длину камеры первичного отстаивания определяют по формуле

$$L_{предвар.отс.} = L_{тип} - (L_{расп.ус.} + B_{п.к.} + A + B_{шл.н.}), \text{ м} \quad (10)$$

здесь $L_{тип}$ - длина типового первичного отстойника, м. $L_{тип} = 30$ м;

$L_{расп.ус.}$ - длина распределительного устройства, м. $L_{расп.ус.} = 3$ м;

$B_{п.к.}$ - ширина перепускного канала, м. По табл. 22 $B_{п.к.} = 0,13$;

A - ширина зоны взвешенного осадка, м. По табл. 22 $A = 4,05$ м;

$B_{шл.н.}$ - ширина шламонакопителя, м. $B_{шл.н.} = 1,5$ м.

$$L_{предвар.отс.} = 30 - (3 + 0,13 + 4,05 + 1,5) = 21,32 \text{ м.}$$

Объём встроенных камер составит

$$W_{вс.к.} = (B_{пер.к.} + B_{шл.н.} + A) \cdot H_{раб.} \cdot B_{отс.}, \text{ м}^3 \quad (11)$$

где $B_{пер.к.}$ - ширина перепускного канала, м;

$B_{шл.н.}$ - ширина шламонакопителя, м;

$H_{раб.}$ - высота рабочей зоны, м. Из табл. 19 $H_{раб.} = 4$ м.

$$W_{вс.к.} = (0,13 + 1,5 + 4,05) \cdot 4 \cdot 9 = 204,48 \text{ м}^3.$$

Объём вихревой и успокоительной камер находится по формуле

$$W_{вих.+усп.} = L_{распр.уст.} \cdot H_{раб.} \cdot B_{отс.}, \text{ м}^3, \quad (12)$$

$L_{распр.уст.}$ - длина распределительного устройства, м.

$$W_{вих.+усп.} = 3 \cdot 4 \cdot 9 = 108 \text{ м}^3.$$

Фактический объём камеры первичного отстаивания определяется по формуле

$$W_{фак} = W_{раб.} - W_{вс.к.} - W_{вих.+усп.}, \text{ м}^3. \quad (13)$$

$$W_{фак} = 1080 - 204,48 - 108 = 767,52 \text{ м}^3.$$

Отдельно осуществляется расчёт тонкослойного блока:

Общая высота блока, м, определяется по формуле:

$$H_{bl} = H_{раб.} - H_1 - H_o; \quad (14)$$

где $H_{раб}$ – высота рабочей зоны отстойника, м. Принимается согласно типовым размерам. Из табл. 19 $H_{раб} = 4$ м.

H_1 – глубина слоя воды над верхней полкой, м. принимается больше $h_{пол.}$

$$H_1 = 0,1 \text{ м.}$$

H_0 – высота подъёма пластин в конце, м

$$H_0 = L_{bl.} \cdot \cos \alpha, \quad (15)$$

Здесь $L_{bl.}$ – длина блока полочного отстойника, м;

α – угол наклона полки к горизонту 60° (см. [12, рис.6.2]).

$$L_{bl.} = \frac{v_{т.м.} \cdot h_{пол.}}{U_0}, \quad (16)$$

где U_0 – гидравлическая крупность песка, м/с.

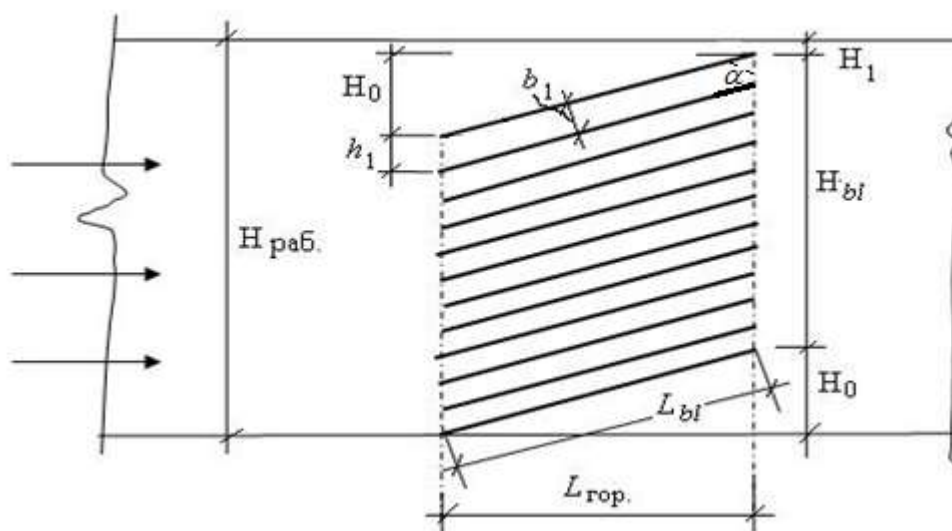


Рис.6. Расчётная схема полочного отстойника

Количество полок определяется по формуле

$$n_{пол.} = H_{bl.}/h_{пол.}, \text{ шт.}, \quad (17)$$

здесь $h_{пол.}$ – расстояние между полками тонкослойного блока, м. Рекомендуется принимать 0,06 – 0,07 м.

Таблица 22

Основные параметры горизонтального отстойника – осветлителя

Тип конструктивного элемента	v , м/с	ω , м ²	B , м
Тонкослойный модуль	0,004	29,17	3,24
Перепускной канал	0,3	0,39	0,04
Щель выхода из перепускного канала	0,2	0,58	0,06
Вход во взвешенный слой	0,1	1,17	0,13
Камера взвешенного слоя	0,0032	36,46	4,05

Таблица 23

Размеры тонкослойного блока

$h_{пол.}$, м	U_0 , м/с	$L_{пол.}$, м	H_0 , м	H_1 , м	$H_{bl.}$, м	$n_{пол.}$, шт.
0,064	0,0015	0,171	0,085	0,1	3,815	60

Выводы по реконструкции первичных отстойников

1. На городской станции очистки сточных вод проектной производительностью $Q = 25500 \text{ м}^3/\text{сут}$ произошли изменения технологических параметров. В настоящее время $Q = 30520,00 \text{ м}^3/\text{сут}$, исходные концентрации загрязнений по взвешенным веществам $K = 317,36 \text{ г/м}^3$, по БПК_{полн.} - $L = 367,54 \text{ г/м}^3$.
2. Расходы поступающих сточных вод превышают проектные в 1,2 раза.
3. Существующие песколовки не справляются с новыми нагрузками. Требуется либо строительство дополнительных ёмкостей первичных отстойников (но отсутствует место для этого), либо реконструкция их. Расчёты показали необходимость шести первичных отстойников (см. табл. 19) , при фактическом наличии трёх. Выбрали 2 вариант.
4. Реконструкцию первичных отстойников выполнили по патенту RU № 2191619, установили распределительное устройство на входе и тонкослойный блок по ширине отстойников.
5. В результате проведенных конструктивных изменений на станции прогнозируются следующие изменения:
 - съём загрязнений по взвешенным веществам в отстойниках составил до $14,51 \text{ г/м}^3$,
 - съём загрязнений по БПК составил до 165 г/м^3 ;
 - увеличилось количество задержанного осадка до $135,237 \text{ м}^3/\text{сут}$;
 - сократились концентрации загрязнений, поступающих на аэротенки.Поэтому следует изменить технологический режим их эксплуатации. Возможно можно будет отказаться от регенерации и освободить коридоры под увеличенные расходы.
6. Эти параметры свидетельствуют от эффективности принятых решений и позволяют сократить как капитальные, так и эксплуатационные затраты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При решении задач студент учится анализировать технологические параметры системы водоснабжения и водоотведения и предлагать эффективные методы улучшения их работы, знакомится с расчётами нестандартного оборудования. Для этого необходимо знать гидравлические законы расчёта напорных и безнапорных трубопроводов, гидравлических процессов в ёмкостях.

Для ускорения расчётов студентам предлагается использовать разработанные кафедрой программные ресурсы [2, 8, 11] и методические разработки [3, 4, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 20].

В методических указаниях показано как применять программные ресурсы и методические ресурсы на практике, а главное, анализировать полученные результаты и делать по ним выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Википедия (свободная энциклопедия) <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%E5%EA%E6%ED%F1%F2%F0%F3%EA%F6%E8%FF>.
2. Журавлева, И.В. Таблицы расчёта водопроводной сети города [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201550059 от 17.02.2015.
3. Компьютерное моделирование технологических процессов систем водоснабжения и водоотведения: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» профиля «Водоснабжения и водоотведения»/Воронежский ГАСУ, состав. И.В. Журавлева. - Воронеж, 2015. - 34 с. (№ 898).
4. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения: метод. указ. К выполнению курсовых работ и проектов/Воронежский ГАСУ, состав. И.В. Журавлева. – Воронеж, 2015. – 18 с. (№ 1014).
5. Шевелёв, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб/ Ф.А. Шевелёв. – М.: АСВ, 2014. -145с.
6. Журавлева И.В. Расчёт систем водоснабжения и водоотведения на ЭВМ: учеб. пособие/ И.В. Журавлева; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. – 2012. – 130с.
7. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации /А.К. Перешивкин, А.А. Александров и др. - <http://www.agrovodcom.ru/biblio/biblio18.php>.
8. Журавлева, И.В. Таблицы проектирования водоотводящей сети [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201450763 от 20.11.2014.
9. Журавлева И.В. Проектирование наружных водоотводящих сетей: учебно-методическое пособие/ И.В. Журавлева, А.В. Куралесин; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. – 2012. – 86с.
10. Журавлева И.В. Проектирование сооружений для очистки городских сточных вод: механическая очистка и обработка осадков: учеб.-метод. пособие к курсовому и дипломному проектированию/ И.В. Журавлева, Воронеж. гос. арх.-строит. университет. – Воронеж, 2009. – 115с.
11. Журавлева, И.В. Проектирование станции очистки сточных вод [программа для ЭВМ]. Инвентарный № ВНТИЦ 50201450764 от 20.11.2014.
12. Журавлева И.В. Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие/ И.В. Журавлева; Воронежский ГАСУ. – Воронеж. – 2011. – 146с.
13. Журавлев В.Д. Механическая очистка городских сточных вод: учеб. пособие/В.Д. Журавлев, И.В. Журавлева; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2008. – 220с.

14. Проектирование сооружений биологической очистки сточных вод на станциях водоотведения: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию, практическим занятиям/ Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; Сост.: И.В. Журавлева.- Воронеж. 2012.-42с.
15. Проектирование сооружений доочистки и дезинфекции сточных вод: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию/ Воронежский ГАСУ, Сост.: И.В. Журавлева. - Воронеж. 2013.-34с.
16. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Росстандарт –92с.
17. СП 31.13330.2012. Водоснабжение, наружные сети и сооружения Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84/ Росстандарт – М.: ГУП ЦПП, 2012. – 92с.
18. Федоров, Н.Ф. Гидравлический расчёт канализационных сетей: расчётные таблицы/ Н.Ф. Федоров, Л.Е. Волков. – <http://www.twirpx.com/file/108047/> скачать.
19. <http://www.findpatent.ru/patent/205> - фонд патентов.
20. Трубников И.А. Расчёт и проектирование водопроводной насосной станции второго подъёма: метод. указания для студ. спец. «Водоснабжение и водоотведение»/Воронеж. гос. арх-строит. акад,- Воронеж, 1999.-53с.
21. <http://www.razym.ru/naukaobraz/uchebnik/55879-nn-abramov-vodosnabzhenie.html>. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е. перераб. и доп. М., Стройиздат.- 480 с. (открыто 25.12.2016)
22. Патент RU № 2157345. [C02F3/10](#) [C02F1/52](#) Головин В.Л., Головин С.В., Марченко А.Ю. Государственное предприятие "Дальневосточный научно- исследовательский институт гидротехники и мелиорации" <http://www.findpatent.ru/patent/215/2157345.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Задача расчёта водопроводной сети при изменении её параметров	3
2. Задача расчёта реконструкции водоотводящей сети	3
3. Задачи по реконструкции элементов станции водоподготовки	4
3.1. Замена однослойной загрузки фильтров на двухслойную.	4
3.2. Реконструкция камеры хлопьеобразования и осветлителей	6
4. Задачи по реконструкции элементов станции очистки сточных вод	10
4.1. Расчёт реконструкции решёток	11
4.2. Расчёт реконструкции песколовков	18
4.2.1. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды	18
4.2.2. Горизонтальные песколовки с круговым движением воды	21
4.3. Расчёт реконструкции отстойников	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

Журавлева Ирина Владимировна

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

методические указания к практическим занятиям
для студентов всех форм обучения, обучающихся
по направлению 08.03.01 «Строительство»
профиля «Водоснабжения и водоотведения»
и 08.04.01 «Строительство»
профиля «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения»

Подписано в печать 20.01.2017 г. Формат 60х84 1/16.
Уч.изд.л. 2,12. Усл.печ.л. 2. Бумага для множит. аппаратов
Тираж 50 экз. Заказ №

Отпечатано в типографии ВГТУ
394006, г. Воронеж, ул.20-летия, 84