

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

к выполнению курсового проекта  
по учебной дисциплине

**«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД»**

*(для студентов дневной и заочной форм обучения  
специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия  
образовательно-профессиональной программы  
«Водоснабжение и водоотведение»)*

**Харьков  
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова  
2017**

Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по учебной дисциплине «Ресурсосберегающие технологии при очистке природных и сточных вод» (для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия образовательной профессиональной программы «Водоснабжение и водоотведение») / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова ; сост. С. С. Душкин. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 22 с.

Составитель            канд. техн. наук **С. С. Душкин**

Рецензент **В. А. Ткачев**, кандидат технических наук, доцент  
Харьковского национального университета городского хозяйства  
имени А. Н. Бекетова

*Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,  
протокол № 1 от 29.08.2017.*

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СТРУКТУРА И ОФОРМЛЕНИЕ .....	5
2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
3 РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
3.1 Пример разработки и обоснование технологической схемы очистки природных и сточных вод.....	8
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	15
4.1 Методика определения экономической эффективности принятых технологических решений.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	21

## **ВВЕДЕНИЕ**

*Целью* выполнения курсового проекта является рассмотрение путей решения проблем ресурсосбережения путем использования прогрессивных технологий в оптимальных технологических режимах.

*Основными задачами курсового проекта по дисциплине* «Ресурсосберегающие технологии при очистке природных и сточных вод» является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов по вопросам:

- изучение путей ресурсосбережения в системах водоснабжения;
- изучение путей ресурсосбережения в системах водоотведения;
- формирование у студентов навыков системного подхода к использованию ресурсосберегающих технологий в водопроводно-канализационном хозяйстве;
- технико-экономическое обоснование применения ресурсосберегающих технологий.

Методические указания предназначены для работы студентами над курсовым проектом, также указания могут быть полезны при выполнении магистерской работы.

При составлении указаний использованы разработки ведущих проектных и исследовательских организаций, а также результаты НИР выполненных в ХНУГХ им. А. Н. Бекетова.

## **1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СТРУКТУРА И ОФОРМЛЕНИЕ**

Вариант с индивидуальным заданием для выполнения курсового проекта студенты выбирают в соответствии со списком группы в журнале преподавателя. Исходные данные для выполнения курсового проекта приведены в приложении.

Курсовой проект (КП) состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. Записка должна содержать обоснование всех принятых технических решений, основные расчетные схемы и необходимые расчеты.

Расчетно-пояснительная записка состоит из 3-х разделов: теоретическая, расчетно-технологическая и экономическая части.

Графическая часть курсового проекта выполняется на стандартной чертежной бумаге формата А1 (594 мм × 841 мм).

Графические изображения, пояснения, шрифты подписей должны соответствовать ЕСКД.

Черчение выполняется при помощи компьютерных программ для черчения либо карандашом.

Пояснительная записка должна быть выполнена исключительно в печатном виде на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер 14, интервал 1,5, поля: 3 см – слева, 2 см – сверху и снизу, 1,5 см – справа, текст выравнивается по ширине листа, интервал «перед» и «после» равен 0 пт.

В конце пояснительной записки приводится список литературы, оформленный в соответствии с требованиями.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В теоретической части студент рассматривает ресурсосберегающие технологии по вопросам очистки природных и сточных вод, намечает пути повышения технико-экономических показателей по рассматриваемому вопросу.

Тематика теоретической части приведена в таблице 1.

Таблица 1

Номер варианта	Тематика теоретической части
1	Реагентные методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения.
2	Технологические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения.
3	Физические методы ресурсосберегающих технологий систем водоснабжения и водоотведения.
4	Технико-экономические оценки внедрения активированных растворов коагулянта сульфата алюминия при очистке природных вод.
5	Проведение учета и нормирование потерь воды в системе водоснабжения.
6	Ресурсосберегающие технологии при механической очистке сточных вод.
7	Повышение эффективности работы сооружений биохимической очистки сточных вод
8	Ретехнологизация сооружений очистки природных и сточных вод.
9	Ретехнологизация очистки сточных вод для удаления фосфора и биогенных элементов.
10	Ресурсосберегающие технологии, используемые при обработке сточных вод.

Студент может самостоятельно выбрать теоретическую часть курсового проекта, применительно к теме магистерской работы.

### 3 РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В расчетно-технологической части курсового проекта выполняется обоснование технологической очистки природных и сточных вод, производится расчет основных схемы сооружений в соответствии с принятым вариантом.

Варианты технологических схем очистки природных и сточных вод приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологическая часть

Номер варианта	Технологическая схема
1	Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров.
2	Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением осветлителей и фильтров.
3	Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением контактных осветлителей.
4	Схема осветления воды с вертикальным отстойником и скорыми фильтрами.
5	Схема очистных сооружений для механической очистки сточных вод.
6	Схема очистных сооружений для биохимической очистки сточных вод.
7	Технологическая схема аэрационных сооружений при очистке сточных вод.
8	Технологическая схема обработки осадков сточных вод.
9	Схема обеззараживания питьевой воды хлорированием с аммонизацией.
10	Схема обеззараживания питьевой воды диоксидом хлора и озоном.

Разработанная технологическая схема приводится в курсовом проекте с детальным описанием принципа работы и устройства отдельных сооружений. При разработке технологической схемы необходимо учитывать качественные показатели осветляемой воды, приведенные в приложении А (для природной воды см. табл. А.1, для сточной – А. 2).

Технологические расчеты должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГСанПиНа и ДБН.

В технологической части курсового проекта следует уделять внимание вопросам экономии коагулянта, повышению качества питьевой воды, увеличению производительности очистных сооружений и другим вопросам, которые позволяют снизить себестоимость очистки природных и сточных вод.

### **Пример разработки и обоснование технологической схемы очистки природных и сточных вод**

Распространение получили следующие технологические схемы очистки речной воды, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей.

На рисунке 1 показана схема глубокого осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды путем коагулирования и последовательного осветления воды в отстойниках и на фильтрах. Природная вода насосами первого подъема подается в смеситель, куда также подаются химические соединения, называемые реагентами. После смешения с реагентами вода поступает в камеру хлопьеобразования (камеру реакции), где происходит физико-химический процесс агломерации взвешенных и коллоидальных частиц в крупные хлопья. Затем вода поступает в отстойники, в которых движется с малой скоростью. При этом основная масса образовавшихся хлопьев отделяется от обрабатываемой воды и выпадает в осадок (на дно отстойников). Из отстойников воду подают на фильтры для глубокого осветления путем пропуска ее через толщу песчаной загрузки. В процессе очистки в толще фильтров накапливаются загрязнения, для удаления которых фильтры



выключают из работы, промывают и затем вновь включают в работу. Осветленную воду собирают в резервуарах чистой воды. Поскольку воду предназначают для хозяйственно-питьевых целей, то перед подачей в резервуары чистой воды ее подвергают обеззараживанию. Обеззараживание завершается в резервуарах чистой воды, где обеспечивается необходимый контакт воды с дезинфекторами (хлором и др.). Потребителям воду подают насосами второго подъема.

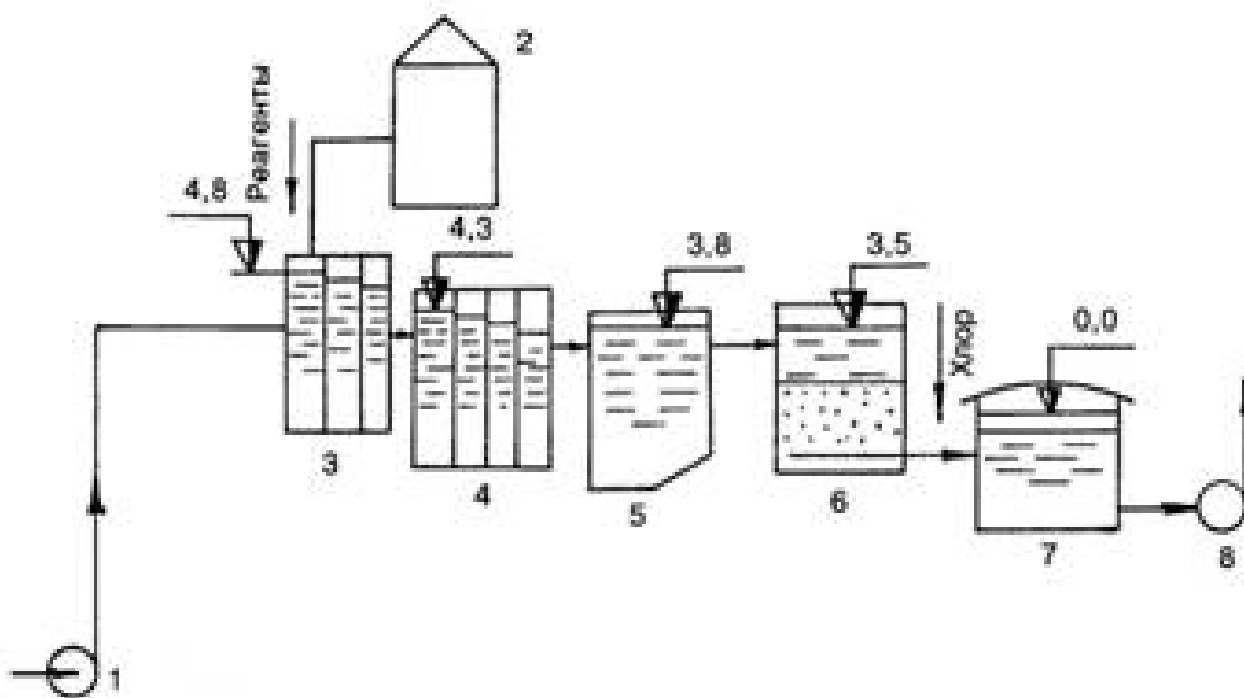


Рисунок 1 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров:

1 – насосы I подъема; 2 – реагентный цех; 3 – смеситель; 4 – камера хлопьеобразования; 5 – отстойники; 6 – фильтры; 7 – резервуары чистой воды; 8 – насосы II подъема

На рисунке 2 показана схема глубокого осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды. Отличие ее от ранее описанной схемы состоит в том, что в ней отстойники заменены осветлителями, при применении которых отпадает необходимость в устройстве камеры хлопьеобразования, так как процесс коагуляции взвесей и осветления воды происходит во взвешенном слое осадка.

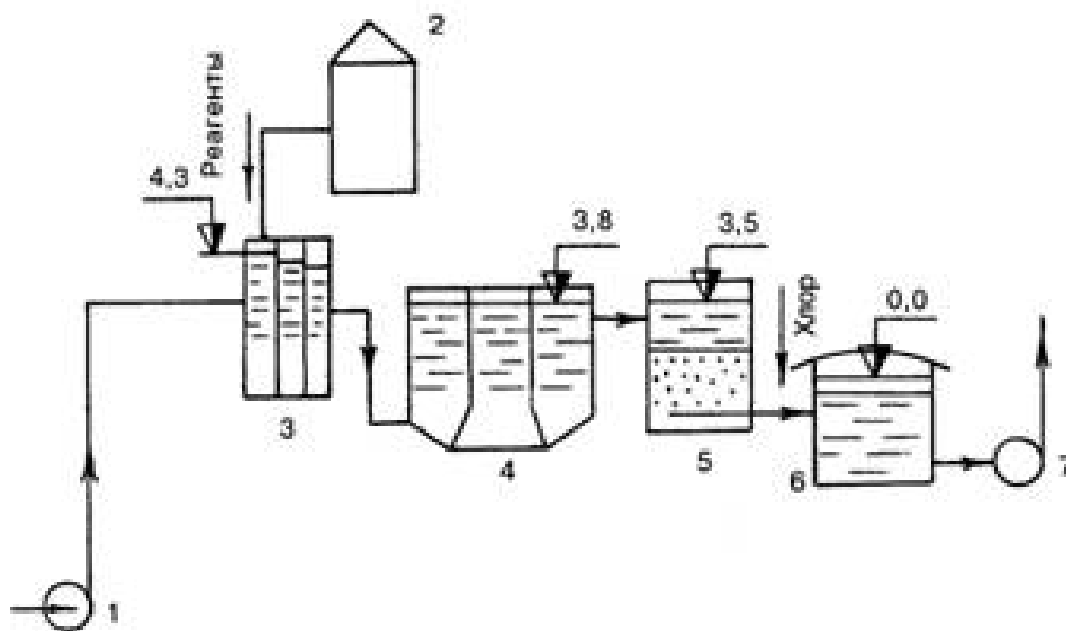


Рисунок 2 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением осветлителей и фильтров:

- 1 – насосы I подъема; 2 – реагентный цех; 3 – смеситель;  
 4 – осветлитель со взвешенным осадком; 5 – фильтры;  
 6 – резервуары чистой воды; 7 – насосы II подъема

Технологическая схема, представленная на рисунке 3, имеет лишь одно сооружение для осветления воды – контактные осветлители (песчаные фильтры с движением воды снизу вверх). В них коагуляция взвесей и осветление воды происходит одновременно. Укрупнение частиц в хлопья происходит не в свободном объеме, а на поверхности зерен фильтрующего материала, под действием сил прилипания (контактная коагуляция). Общий объем очистных сооружений по этой схеме значительно меньше, чем по предыдущим. Эту схему можно применять при малом содержании в воде взвешенных веществ – до  $150\text{--}200\text{ мг/дм}^3$ .

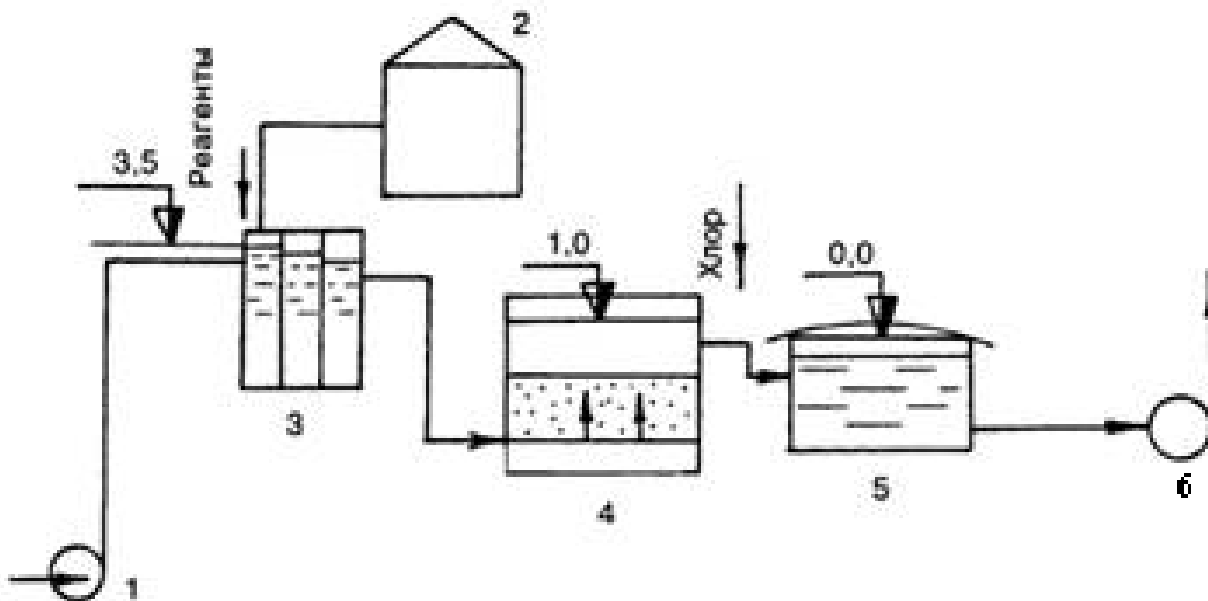


Рисунок 3 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением контактных осветлителей:

1 – насосы I подъема; 2 – реагентный цех; 3 – смеситель; 4 – контактный осветлитель; 5 – резервуар чистой воды; 6 – насосы II подъема

Взаимное высотное расположение сооружений предусматривают с таким расчетом, чтобы движение воды от сооружения к сооружению было самотечным (без дополнительной перекачки воды). Схемы, представленные на рисунках 1 и 2, составлены с учетом этого требования.

Расчет отметок уровней воды в сооружениях начинают с резервуаров чистой воды. Их проектируют заглубленными в землю, принимая отметку уровня воды в них на 0,5 м выше отметки поверхности земли. Разность отметок уровней воды в двух расположенных рядом сооружениях должна быть равна потерям напора при движении воды между сооружениями по трубопроводам и лоткам, а также в самих сооружениях. В схемах с фильтрами (рис. 1 и 2) наибольший перепад наблюдается между уровнями воды в фильтре и в резервуаре чистой воды. Это объясняется значительными потерями напора при движении воды через песчаную загрузку фильтров. В схеме с контактным осветлителем (рис. 3) наибольший перепад наблюдается между уровнями воды в смесителе и в контактном осветлителе. Это объясняется тем, что именно при

движении между этими уровнями вода преодолевает сопротивление загрузки контактного осветлителя.

Общие потери напора по технологической схеме обычно составляют 3,5–6 м, в связи, с чем очистные станции целесообразно располагать на местности с такими же перепадами в отметках земли. Плоская местность для их размещения менее пригодна, поэтому важно знать взаимное высотное расположение отдельных элементов технологической схемы. Это достигается построением высотной схемы (рис. 4) продольного профиля по воде в произвольном масштабе, на которой показывают все основные и вспомогательные сооружения и аппараты и проставляют отметки уровней воды в каждом сооружении и отметки дна сооружений.

При составлении высотной схемы необходимо обеспечить условия самотечного движения воды от контактной камеры или смесителя до резервуара чистой воды при одновременном соблюдении требований удобства эксплуатации. Для этого, прежде всего, необходимо знать максимально возможные потери напора во всех водоочистных сооружениях технологической схемы, потери напора в коммуникациях между сооружениями и потери напора в измерительной аппаратуре. В соответствии с ДБН величины перепадов уровней воды в водоочистных сооружениях и соединительных коммуникациях следует рассчитывать, однако для предварительного построения высотной схемы можно руководствоваться следующими данными потерь напора, (м): в контактной камере – 0,3–0,5; в устройствах ввода реагентов – 0,1–0,3; в микрофильтрах и барабанных сетках – 0,4–0,6; в гидравлическом смесителе – 0,5–0,6; в механическом смесителе – 0,1–0,2; в гидравлической камере хлопьеобразования – 0,4–0,5; в механической камере (флокуляторе) – 0,1–0,2; в осветлителе со взвешенным осадком – 0,7–0,8; в отстойнике – 0,7–0,8; во флотаторе – 0,5–0,7; в скорых фильтрах – 3,0–3,5; в медленных фильтрах – 1,5–2,0; в контактных осветлителях и префильтрах – 2,0–2,5; в трубопроводах от резервуара чистой воды до фильтровальных сооружений – 1,0–0,5; от фильтров до осветлителей или отстойников – 0,5–0,6; от камеры

хлопьеобразования до смесителя – 0,3–0,5; от осветлителя со взвешенным осадком до смесителя – 0,3–0,4; от контактного осветлителя до смесителя или входной камеры – 0,5–0,7; в измерительной аппаратуре на входе и выходе из водоочистного комплекса – по 0,5; в индикаторах расхода на отстойниках, осветлителях, флотаторах, фильтрах и контактных осветлителях – по 0,2–0,3.

При проектировании высотной схемы максимальную отметку уровня воды в резервуаре чистой воды назначают на 0,25–0,5 м выше поверхности земли и принимают как исходную минимальную. Далее путем последовательного суммирования потерь напора определяют отметки уровней воды в остальных сооружениях. Определение потерь напора в коммуникациях связано с вычислением сечений соединительных трубопроводов и каналов между отдельными сооружениями технологической схемы. Для этого используют величины допустимых в них скоростей движения воды, м/с: от НС-1 подъема к смесителю – 1,0–1,2; от смесителя к камере хлопьеобразования или осветлителю – 0,6–1,0; от отстойников или осветлителей со взвешенным осадком к фильтрам – 0,8–1,2; от фильтровальных аппаратов к резервуарам чистой воды – 1,2–1,5; в трубопроводах подачи и отвода промывной воды – 1,5–2,0.

Компоновку технологической схемы очистки природных и сточных вод следует согласовать с руководителем курсового проекта.

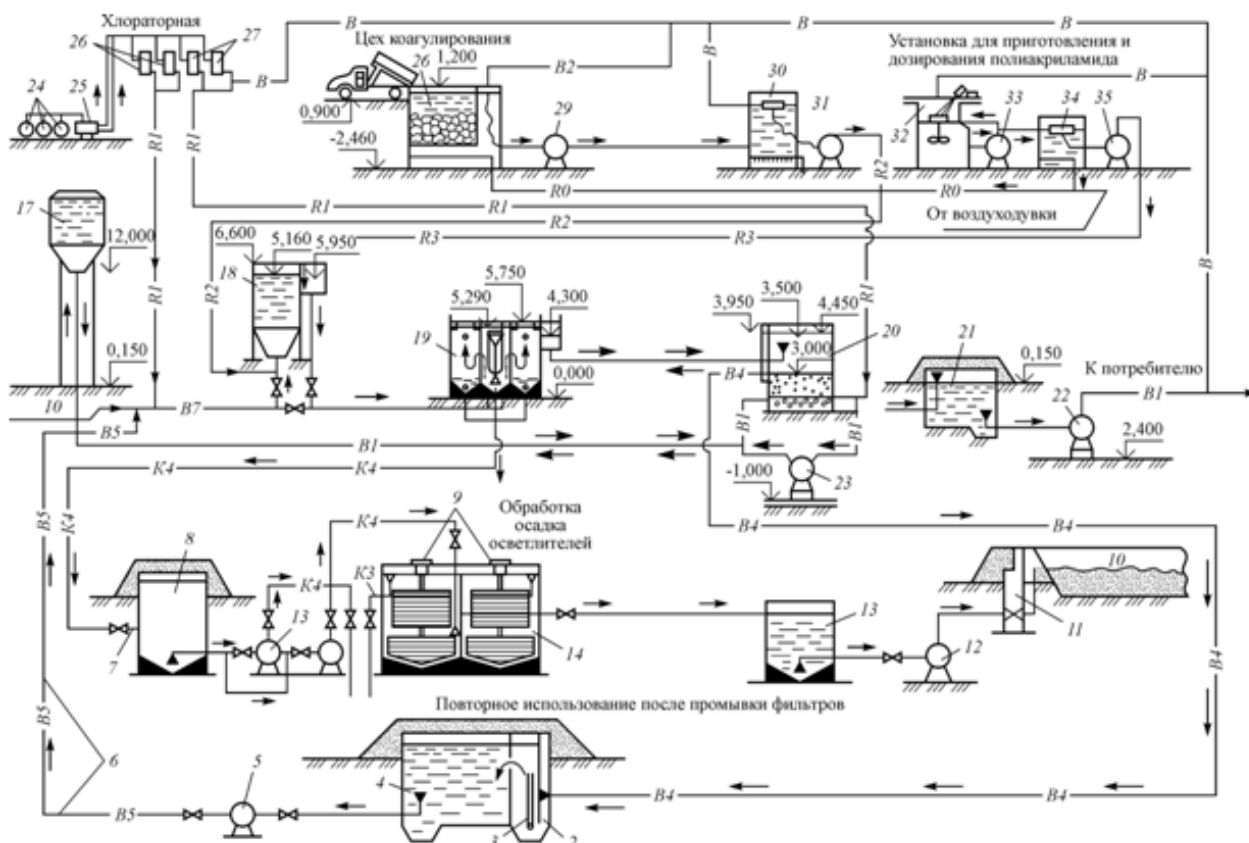


Рисунок 4 – Высотная схема водоочистного комплекса:

1 – подача промывной воды от фильтров; 2 – песколовка; 3 – гидроэлеватор; 4 – резервуар-усреднитель промывной воды; 5 – насос перекачки промывной воды; 6 – возврат промывной воды на очистную станцию; 7 – подача осадка от осветлителей; 8 – резервуар приема осадка; 9 – установка медленного перемешивания осадка; 10 – площадка обезвоживания осадка; 11 – колодец для напуска осадка; 12 – насос перекачки сгущенного осадка; 13 – емкость сгущенного осадка; 14 – осадкоуплотнитель; 15 – насосы перекачки сырого осадка; 16 – подача исходной воды; 17 – башня промывной воды; 18 – вихревой смеситель; 19 – осветлитель со взвешенным осадком; 20 – скорый фильтр; 21 – резервуар чистой воды; 22 – насос II подъема; 23 – насос подкачки промывной воды; 24 – бочки с хлором; 25 – испаритель; 26 – хлораторы первичного хлорирования; 27 – то же вторичного; 28 – растворно-хранилищный бак коагулянта; 29 – насос перекачки раствора коагулянта; 30 – расходный бак коагулянта, 31 – насос-дозатор раствора коагулянта; 32 – мешалка полиакриламида; 33 – насос для циркуляции и подачи полиакриламида в расходный бак; 34 – расходный бак раствора полиакриламида; 35 – насос-дозатор раствора ПАА

#### 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для определения экономического эффекта следует определить следующие показатели:

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД);
2. Индекс доходности (ИД);
3. Период окупаемости (ПО);
4. Внутренняя норма доходности (ВНД).

**Чистый дисконтированный доход** – это разница между приведенной к моменту путем дисконтирования суммы поступлений от реализации проекта и суммы инвестиционных и других дисконтированных затрат, возникающих в процессе реализации проекта за весь период его эксплуатации:

$$\text{ЧДД} = \text{ДГП} - (\text{ИБ} + \text{В}_{\text{др}}) \quad (1)$$

где ДГП – сумма дисконтированного денежного потока за весь период эксплуатации инвестиционного проекта;

$\text{ИБ} + \text{В}_{\text{др}}$  – сумма капиталовложений и других расходов по проекту инвестирования.

Дисконтированный денежный поток  $t$ -го года определяется по формуле:

$$\text{ДГП}_t = \text{ДГП}_t \cdot K_{\text{дт}} \quad (2)$$

Денежный поток  $t$ -го года ( $\text{ТГП}_t$ ) определяется по формуле:

$$\text{ТГП}_t = \text{П}_{\text{рт}} + \text{А}_t, \quad (3)$$

где  $\text{П}_{\text{рт}}$  – чистый доход (прибыль – превышение валовой выручки от реализации продукции/услуг над эксплуатационными расходами);

$\text{А}_t$  – амортизация на основные фонды (капиталовложения).

**Индекс доходности** – это соотношение суммы чистой приведенной стоимости доходов (дисконтированного чистого денежного потока и объема инвестиций).

$$\text{ИД} = \text{ДГП} / \text{ИБ}. \quad (4)$$

Индекс доходности показывает относительную прибыльность проекта, или дисконтированную стоимость чистого денежного потока от проекта.

**Период окупаемости** – это соотношение суммы инвестиций и среднегодовой суммы дисконтированного чистого денежного потока:

$$ПО = ИВ / ДГП_r, \quad (5)$$

где ДГП<sub>r</sub> – средняя за год сумма дисконтированного чистого денежного потока.

$$ДГП = ДГП/t, \quad (6)$$

где t – срок эксплуатации объекта инвестирования.

**Внутренняя норма доходности** (прибыльности) проекта – представляет собой такой размер ставки процента, при котором чистая приведенная стоимость проекта будет равняться нулю, т.е. приведенная стоимость ожидаемых поступлений денег равняется приведенной стоимости оттоков.

Снижение дозы коагулянта и концентрации раствора коагулянта в процессе очистки природных вод принимается в соответствии с приложением Б.

На основании исходных данных при расчете экономического эффекта от внедрения ресурсосберегающей технологии необходимо рассчитать следующие показатели по исходному и внедренному вариантам.

Необходимые исходные данные для расчета экономической эффективности при использовании активированного раствора коагулянта сульфата алюминия от внедрения ресурсосберегающей технологии приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

Показатели	Символ	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2
Средняя доза коагулянта	Д	г/м <sup>3</sup>		
Производительность	П	м <sup>3</sup> /сут.		
Удельные капиталовложения	К <sub>уд</sub>	тыс. грн/т/ч		
Мощность активатора	N	кВт/час		
Расход электроэнергии	М <sub>н</sub>	кВт/час/кг		
Нормативная численность раб.	Ч <sub>р</sub>	чел./смену		
Часовая тарифная ставка	Т <sub>с</sub>	грн.		
Цена коагулянта	Ц <sub>к</sub>	грн/т		
Затраты на охрану труда	З <sub>о</sub>	грн/чел		
Тариф за потребленную энергию	Т <sub>э</sub>	грн/кВт. час		
Премия	З <sub>пр</sub>	%		
Коэф. экон. эффективности кап. вложений	Е <sub>н</sub>			



#### 4.1 Методика определения экономической эффективности принятых технологических решений

Производственные исследования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на очистных сооружениях водоснабжения показали, что осветление воды с помощью активированного раствора коагулянта позволяют снизить дозы коагулянта, повысить качество осветления воды и производительность очистных сооружений, а также уменьшить объем реагентного хозяйства.

Исходные данные для расчета экономического эффекта от внедрения активированного раствора коагулянта на очистных сооружениях водопровода г. Краматорска приведены в таблице 4.

Технологическая схема очистных сооружений городского водопровода по базовому варианту включает реагентное хозяйство, смесители, горизонтальные отстойники и скорые фильтры.

Стоимость коагулянта сульфата алюминия, электроэнергии, стоимость активатора реагентов, включая монтаж, приняты на основании данных КПП «Краматорский водоканал» по состоянию на 1.01.2014 г.

Экономический эффект от внедрения активатора раствора коагулянта на очистных сооружениях КПП «Краматорский водоканал» производили по формуле:

$$\mathcal{E} = C_k' - C_k'' - C'_э - C_a, \quad (7)$$

где  $C_k'$  – затраты на приобретение коагулянта по базовому варианту, грн;

$C_k''$  – затраты на приобретение коагулянта по внедренному варианту, грн;

$C'_э$  – затраты на электроэнергию, грн;

$C_a$  – стоимость активатора, включая монтаж, грн.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета экономического эффекта от внедрения активированного раствора коагулянта на очистных сооружениях КПП «Краматорский водоканал»

№ п/п	Вид показателя	Условные обозначения	Единица измерения	Базовый вариант	Внедренный вариант
1	Производительность очистных сооружений	$Q$	тыс.м <sup>3</sup> /сут	50	50
2	Средняя доза коагулянта на товарный продукт	$D_k$	г/м <sup>3</sup>	80 23 по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65 19 по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3	Планируемый расход коагулянта	$P$	т	736	598
4	Стоимость коагулянта Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	$C_k$	грн/т	2450	2450
5	Мощность активатора реагентов	$N$	кВт·ч	-	2,9
6	Стоимость электроэнергии	$C_э$	грн/ кВт·ч	-	1,0324
7	Стоимость активатора, включая монтаж	$C_a$	грн	-	10550

Затраты на приобретение коагулянта по базовому варианту:

$$C_k' = C_k \cdot P, \quad (8)$$

где  $C_k$  – стоимость коагулянта Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, грн;  $P$  – планируемый расход коагулянта Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> в зимне-весенние периоды.

$$C_k' = 2\,450 \cdot 736 = 1\,803\,200 \text{ грн.}$$

Затраты на приобретение коагулянта по внедренному варианту:

$$C_k'' = 2\,450 \cdot 598 = 1\,465\,100 \text{ грн.}$$

Расход электроэнергии для питания активатора коагулянта:

$$N_э = N \cdot t \cdot T, \quad (9)$$

$$N_э = 2,9 \cdot 24 \cdot 184 = 12\,806,4 \text{ кВт·ч}$$

где  $N$  – мощность активатора коагулянта, кВт·ч;

$t$  – время работы активатора коагулянта в течение суток, ч;

$T$  – количество суток работы активатора реагентов.

Затраты на электроэнергию:

$$C_э = c_э \cdot N_э, \quad (10)$$

$$C_э = 1,0324 \cdot 12\,806,4 = 13\,221,3 \text{ грн.}$$

где  $C_э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, грн;

$N_э$  – расход электроэнергии для питания активатора коагулянта.

Экономический эффект от внедрения активатора раствора коагулянта на очистных сооружениях КПП «Краматорский водоканал» составляет:

$$\mathcal{E} = 1\,803\,200 - 1\,465\,100 - 13\,221,3 - 10\,550 = 314\,328,7 \text{ грн.}$$

Таким образом, экономический эффект от внедрения активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на очистных сооружениях водопровода КПП «Краматорский водоканал» составляет 314 328,7 грн.

Экономический эффект от внедрения принятой при курсовом проектировании ресурсосберегающей технологии может быть рассчитан по другой методике при согласовании с руководителем курсового проекта.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : затверджено наказом МОЗУ 12.05.2010 № 400. Зареєстровано в МЮУ 01.07.2010 № 452/17747 : чинний з 15.08.2011 (наказ №505) [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10/page>.
2. Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць. Затверджено наказом МОЗУ 17.03.2011 № 145. Зареєстровано в МЮУ 05.04.2011 № 457/19195 [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11>.
3. Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой вод : монография / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная. – Харьков : ХНАГХ, 2009. – 95 с.
4. Хомуцька Т. П. Енергоощадне водопостачання / Т. П. Хомуцька. – Київ : Аграрна наука, 2016. – 304 с.
5. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів / О. А. Ткачук. – Рівне : НУВГП, 2008. – 301с.
6. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод : монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко. – Харьков : ХНАГХ, 2011. – 146 с.
7. Мешенгиссер Ю. М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. – М. : ООО Изд. дом «Вокруг цвета», 2012. – 211 с.
8. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / А. А. Василенко, П. А. Грабовский, Г. М. Ларкина и др. – Киев – Одесса : КНУСА, ОГАСА, 2007. – 307 с.
9. Водоподготовка и процессы микробиологии : учеб. пособие / С. С. Душкин, Л. И. Дегтерева, Л. В. Крамаренко, А. Л. Яровинская. – Киев : ИСМО, 1996. – 164 с.
10. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Под ред. С. В. Яковлева. – М. : Стройиздат. – 1990. – 224 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Качественные показатели осветляемой воды

Таблица А.1 – Характеристика природной воды

Номер варианта	Исходные данные					
	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /сут	Цветность, град ПКШ	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	Температура, °С	Общая жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>
1	15,5	45	25	2	1,5	3,3
2	29,4	50	30	15	7,0	2,5
3	12,0	60	28	14	6,8	2,6
4	35,5	80	35	7	7,0	3,2
5	30,0	75	18	10	6,5	3,6
6	27,0	80	32	12	6,6	3,0
7	40,0	55	26	25	7,2	2,6
8	45,0	85	42	23	7,0	3,5
9	42,5	70	27	21	7,0	2,7
10	50,0	90	33	4	7,1	2,1

Таблица А.2 – Характеристика сточной воды

Название показателя	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
Среднесуточный расход сточных вод, Q <sub>ср.сут</sub>	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000
K <sub>сут</sub>	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1
БПК <sub>полн</sub> :					
– в СВ, поступающих на ОС ;	340	335	345	360	350
– в СВ, прошедших механическую очистку;	220	215	225	210	230
– в СВ, прошедших полную биологическую очистку;	20	20	20	20	20
– в СВ, прошедших доочистку	5	5	5	5	5
Содержание мг N-NH <sub>4</sub> /NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> в литре сточных вод:					
– поступающих на биологическую очистку;	20/0,4/ 1,5	20/0,3/ 1,4	21/0,5/ 1,3	22/0,4/ 1,5	21/0,4/ 1,6
– после нитрификации;	3	3,3	3,2	3,4	3,1
– после денитрификации;	5,5	6	6,2	5,8	5,6
– прошедших полную биологическую очистку.	1,8/0,8 /21	1,9/0,7 /20	1,6/0,6 /19	1,7/0,7 /21	1,5/ 0,5/19
pH	7,2	7,4	7,3	7,1	7,4
1,8/0,8/21					
Плановое изменение эффективности очистки, %	–	–	–	7,5	10
Запланированное увеличение пропускной способности, %	15	10	10	–	–

*Размеры отдельных сооружений технологической схемы осветления воды принимаются согласно расчету.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Экономическая часть

Номер варианта	Концентрация раствора коагулянта сульфата алюминия	Снижение дозы коагулянта
1	10,0	20
2	5,0	32
3	5,0	25
4	10,0	22
5	10,0	35
6	15,0	31
7	5,0	26
8	10,0	25
9	15,0	30
10	5,5	20

Примечание: Снижение дозы коагулянта принимается в соответствии с принятой технологической схемой.

*Виробничо-практичне видання*

**ДУШКІН** Станіслав Сергійович

Методичні рекомендації  
до виконання курсового проекту  
з навчальної дисципліни

**«РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД»**

*(для студентів денної і заочної форм навчання  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення»*

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск *Д. В. Сталінський*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2016, поз. 132 М

---

Підп. до друку 13.11.2017. Формат 60 × 84/16  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,0  
Тираж 50 пр. Зам № .

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.