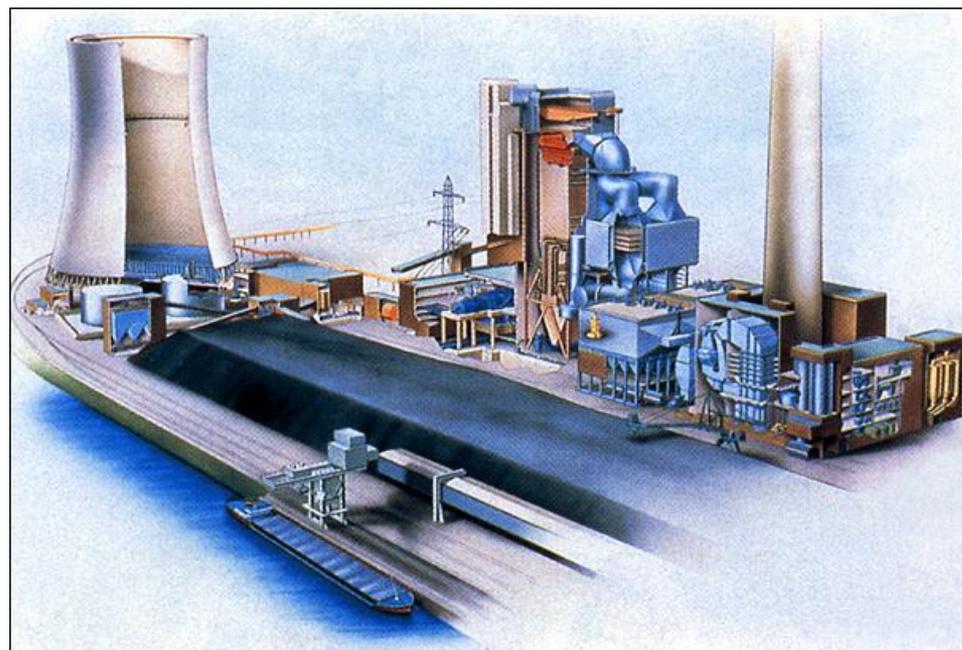


Природоохранные технологии на ТЭС (часть 4)

Курс – 4;
Семестр – 8;
Вид отчетности – зачет;

Лекций – 34 час.;
Практик – 17 час.;
Лаб. раб. – 17 час.;
РГР;
Контр. раб.



Слайд-конспект лекций для направления 140100 – теплоэнергетика

Автор: проф. П.А.Щинников, каф. ТЭС, НГТУ, г.Новосибирск, 2009

Сточные воды ТЭС и их очистка

Классификация сточных вод ТЭС

Сточные воды ТЭС – любые воды, выводимые из цикла электростанции

1

Вода систем охлаждения (техническая система циркуляции)

Оказывает тепловое воздействие на среду

2

Вода системы ГЗУ

Взвешенные вещества, минерализация, щелочность

3

Химическая промывка оборудования

Органические и неорганические кислоты, щелочи, трилон Б, ингибиторы, аммиак, нитриты, гидразин и др.

4

Водоподготовительные установки

Соли металлов (кальция, магния, натрия, алюминия, железа и др.)

5

Нефтепродукты

Мазут, масло, ГСМ, гараж и др.

6

Обмывка оборудования

Для мазутных ТЭС. Воды содержат соединения ценных редкоземельных металлов

Влияние сточных вод ТЭС на природные водоемы

- Воздействие на живые организмы – гидробионты (растения, бактерии) – в виде угнетения и, даже, гибели какого-либо вида. В результате – угнетение всего водоема.
- Температура влияет на скорость протекания всех реакций, поэтому несколько увеличивается рост растений.
- С увеличением температуры увеличивается восприимчивость живых организмов к токсичным веществам. Наблюдается гибель даже теплолюбивых рыб при повышении температуры на 6-9 °С.
- Нефтепродукты приводят к появлению у воды запаха керосина, образуют пленку и пятна, нарушают процесс газообмена, загрязняют берега, выделяются в виде отложений на дне, со временем разлагаются на углекислоту и воду.
- Кислоты и щелочи нарушают показатель pH.
- Соединения металлов могут образовывать как кислоты, так и щелочи, менять минерализацию. Обладают способностью накапливаться, меняют цвет и запах воды, обладают токсичными свойствами, поражают ткани, желудок, кишечный тракт и др.
- Нитриты и нитраты делают воду непригодной для питья, губят беспозвоночных.
- И т.д., и т.д., и т.д.

Процессы самоочищения водоемов

- осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- окисление (минерализация) органических примесей;
- окисление минеральных примесей кислорода;
- нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости воды водоема (щелочности), приводящая к изменению ее pH;
- гидролиз ионов тяжелых металлов, приводящий к образованию их малорастворимых гидроксидов и выделению их из воды;
- установление углекислотного равновесия (стабилизация) в воде, сопровождающееся или выделением твердой фазы (CaCO_3), или переходом части ее в воду.
- Некоторые др.

Снижение воздействия на водоемы обеспечивают

Мероприятия

Очистка
сточных вод
перед сбросом
и организация
контроля за
сбросами и
водоемами

Уменьшение
м количества
сточных вод
(вплоть до их
отсутствия)

Используй
вание
сточных
вод в
цикле
ТЭС

Усовершен
ствование
самой
ТЭС

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в водоемах

| Вещество | Для водоемов санитарно-бытового водопользования | | | Для рыбохозяйственных водоемов | |
|--|---|------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|
| | Лимитирующий показатель вредности | ПДК мг/дм ³ | Класс опасности | Лимитирующий показатель вредности | ПДК мг/дм ³ |
| Аммиак NH ₃ | санитарно-токсикологический | 2,0 | 3 | токсикологический | 0,05 |
| Ванадий V ⁵⁺ | то же | 0,1 | 3 | то же | 0,001 |
| Гидразин N ₂ H ₄ | то же | 0,01 | 2 | | |
| Железо Fe ²⁺ | органолептический (цвет) | 0,3 | 3 | то же | 0,005 |
| Медь Cu ²⁺ | органолептический | 1,0 | 3 | то же | 0,001 |
| Мышьяк As ²⁺ | (привкус) санитарно-токсикологический | 0,05 | 2 | то же | 0,05 |

| | | | | | |
|--|------------------------------------|--------|---|-------------------------------------|----------------|
| Никель Ni ²⁺ | то же | 0,1 | 3 | то же | 0,01 |
| Нитраты (по NO ₂ ⁻) | то же | 3,3 | 2 | то же | 0,08 |
| Полиакрилами д | то же | 2,0 | 2 | то же | 0,8 |
| Ртуть | то же | 0,0005 | 1 | то же | отсутст вие |
| Свицец Pb ²⁺ | то же | 0,03 | 2 | то же | 0,1 |
| Формальдегид | то же | 0,05 | 2 | | |
| Фтор F ⁻ | то же | 1,5 | 2 | то же | 0,05 |
| Сульфаты (по SO ₄) | органолептич еский (привкус) | 500 | 4 | санитарно- токсикологи ческий | 100 |
| Фенолы | органолептич еский (запах) | 0,001 | 4 | токсикологи ческий | 0,001 |
| Нефть и нефтепродукт | органолептич еский | 0,3 | 4 | рыбохозяйс твенный | 0,05 |

ОЧИСТКИ,

при различных методах химических промывок мг/л

| Компоненты | Соляно кисл отны й | Комплек сный | Аддитин ово- кисл отны | Фталево кисл отны й | Гидрази но- кисл отны | Дикарбо кисл отны й |
|---|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Хлориды Cl ⁻ | 2000 | - | - и | - | - и | - |
| Сульфаты SO ₄ | - | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Железо Fe ²⁺ , Fe ³⁺ | 300 | 250 | 230 | 230 | 300 | 230 |
| Медь Cu ²⁺ | 50 | 30 | - | - | - | - |
| Цинк Zn ²⁺ | 50 | 30 | - | - | - | - |
| Фтор F ⁻ | 250 | 200 | - | - | - | - |
| ОП-7, ОП-10 | 40 | 40 | 40 | 40 | - | 40 |
| ПБ-5, В-1, В-2 | 40 | - | - | - | - | - |
| Каптакс | - | 5 | 5 | 5 | - | 5 |
| Формальдегид | 200 | - | - | - | - | - |
| Аммонийные соединения NH ₄ ⁺ | 300 | 300 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Нитриты NO ²⁻ | 270 | 270 | - | - | - | - |
| Гидразин N ₂ H ₄ | - | - | 25 | 25 | 30 | 25 |
| Солесодержание | 2500 | 2000 | 1800 | 1800 | 2000 | 1700 |

Обработка сбросных вод

водоподготовительных установок

Методы очистки сточных вод подразделяются на:

1. механические (физические);
2. физико-химические;
3. химические;
4. биохимические.

Непосредственное выделение примесей из сточных вод может быть осуществлено следующими путями (механические и физико-химические методы):

- механическое удаление крупных примесей (на решетках, сетках);
- микропроцеживание (мелкие сетки);
- отстаивание и осветление;
- применение гидроциклонов;
- центрифугирование;
- фильтрование;
- флотация;
- электрофорез;
- мембранные методы (обратный осмос, электродиализ).

Выделение примесей с изменением фазового состояния воды или примеси (физико-химические методы):

- примесь - газовая фаза, вода—жидкая фаза (дегазация или отгонка с паром);
- примесь - жидкая или твердая фаза, вода - жидкая фаза (выпаривание);
- примесь и вода - две жидкие не смешивающиеся фазы (экстракция и коалесценция);
- примесь - твердая фаза, вода - твердая фаза (вымораживание);
- примесь - твердая фаза, вода - жидкая фаза (кристаллизация, сорбция, коагуляция).

Методы очистки сточных вод путем превращения примесей с изменением их химического состава (химические и физикохимические методы) разделяются по характеру процессов на следующие группы:

- образование труднорастворимых соединений (известкование и др.);
- синтез и разложение (разложение комплексов тяжелых металлов при вводе щелочей и др.);
- окислительно-восстановительные процессы (окисление органических и неорганических соединений сильными окислителями и др.);
- термическая переработка (аппараты с погружными горелками, сжигание кубовых остатков и др.).

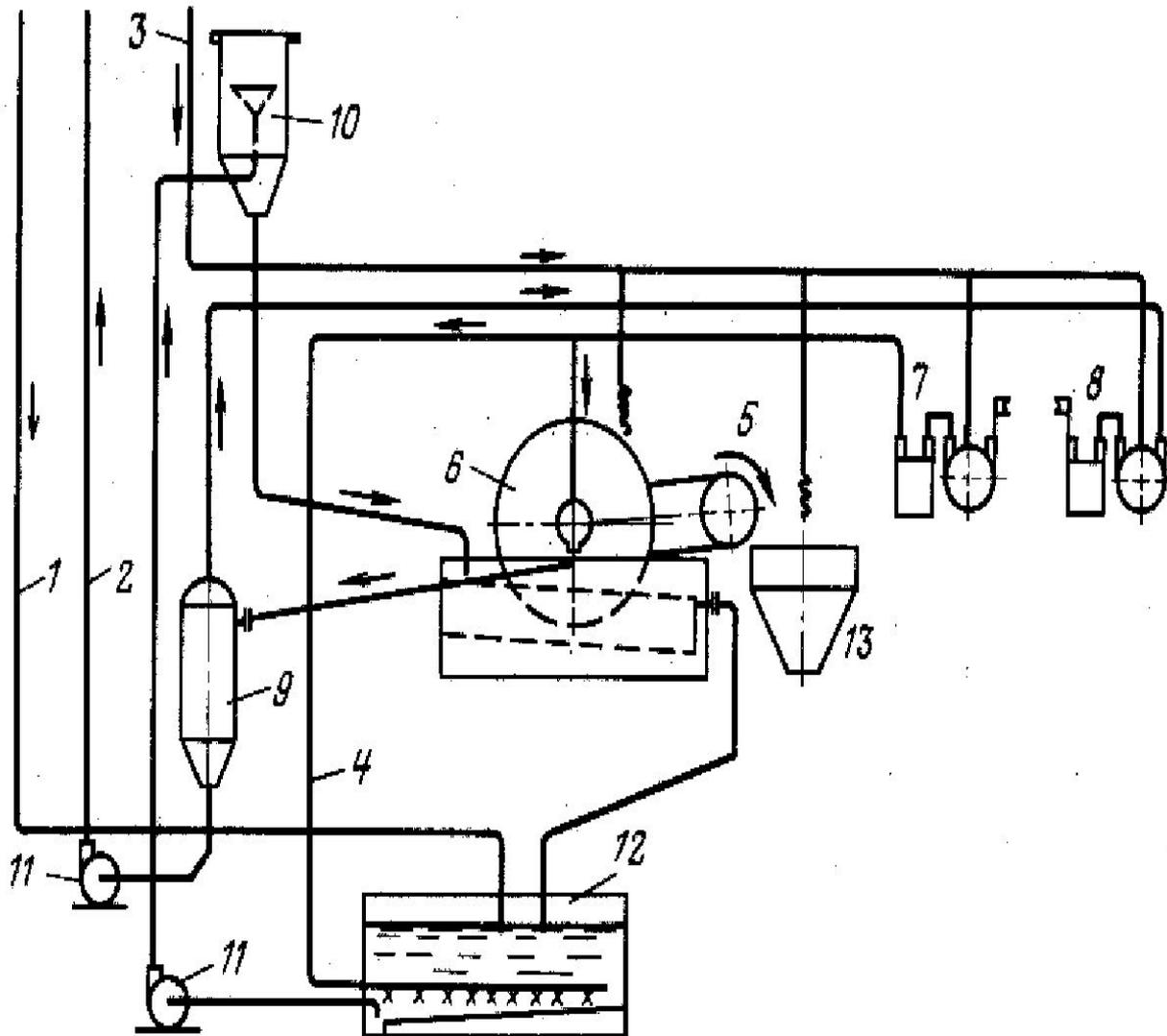
Наибольшее практическое значение при очистке сточных вод ТЭС имеют методы:

- отстаивание,
- флотация,
- фильтрование,
- коагуляция и сорбция,
- известкование,
- разложение и окисление веществ.

В соответствии с условиями сброса сточных вод технология их очистки состоит обычно из трех этапов:

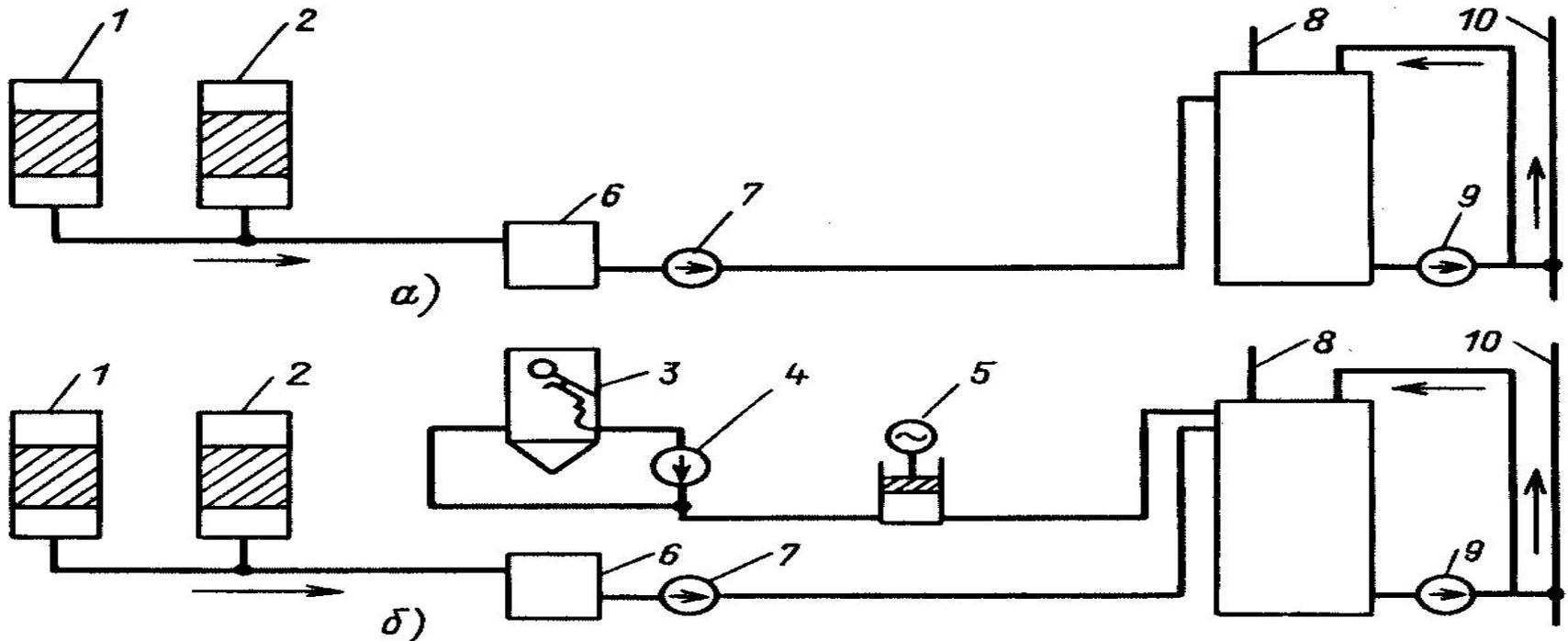
- сброса всех отработавших растворов и отмывочных вод в усреднитель;
- выделение из жидкости токсичных веществ второй группы с последующим обезвоживанием получающегося осадка; очистка от веществ третьей группы.

Принципиальная схема установки для обезвоживания шлама продувки осветителей:



- 1 - подвод шлама;
- 2 - осветленная вода на ВПУ;
- 3 - техническая вода;
- 4 - воздух;
- 5 - обезвоженный шлам;
- 6 - барабанно-вакуумный фильтр;
- 7 - воздуходувка;
- 8 - вакуум-насос;
- 9 - ресивер;
- 10 - бак постоянного уровня;
- 11 - насос;
- 12 - емкость;
- 13 - бункер для обезвоженного шлама

Схемы самонейтрализации (а) и нейтрализации (б) известью сточных вод водоподготовительных установок:



1—H-катионитный фильтр; 2—анионитный фильтр; 3—известковая мешалка; 4—насос известковой мешалки; 5—насос-дозатор известкового молока; 6—приямок сбора регенерационных вод; 7—перекачивающий насос; 8—бак-нейтрализатор; 9—насос перекачивания и сброса; 10—охлаждающая вода после конденсаторов турбин или водоисточник

Сброс сточных вод в водоем возможен при соблюдении определенных условий. Так, при кислых сточных водах необходимо выполнение следующего неравенства:

$$a_{Щ} Q > \frac{1}{20} (Q_{с.к.} - Q_{с.щ.})$$

а при щелочных:

$$a_{Щ} Q > \frac{1}{20} (Q_{с.щ.} - Q_{с.к.})$$

где a - коэффициент смешения на участке между выпуском сточных вод и расчетным створом ближайшего пункта водопользования;

Q - расчетный расход водоема, равный для незарегулированных рек наибольшему среднемесячному расходу воды 95%-ной обеспеченности;

$Щ$ - изменение щелочности воды, которое вызовет изменение рН исходной воды до предельно допустимого значения, мг-экв/кг;

$Q_{сщ}$ и $Q_{ск}$ - суточные сбросы щелочи и кислоты в сточных водах соответственно, г-экв.

Сбросы кислоты и щелочи определяются по следующим

выражениям:

$$Q_{сщ} = \frac{G_{сщ}}{40} \frac{(q_{щ} - 1)}{q_{щ}} 10^3$$

$$Q_{ск} = \frac{G_{к}}{40} \frac{(q_{к} - 1)}{q_{к}} 10^3$$

где $G_{щ}$ и $G_{к}$ - суточные расходы щелочи и кислоты соответственно, кг;
 $q_{щ}$ и $q_{к}$ - удельные расходы щелочи и кислоты при регенерации, г-экв/г-
ЭКВ.

Величина $Щ$ определяется по формуле:

$$Щ = \frac{(10 + \Delta pH - 1) Щ_0}{1 + K_1^{pH_d} + \sqrt{\mu}}$$

где $Щ_0$ - щелочность исходной воды водоема, мг-экв/кг;

pH_d - допустимый показатель pH воды после смешения сточной воды с
водой водоисточника (6,5 и 8,5);

$\Delta pH = pH_d - pH_0$ - величина, на которую допустимо изменять показатель pH
воды водоисточника;

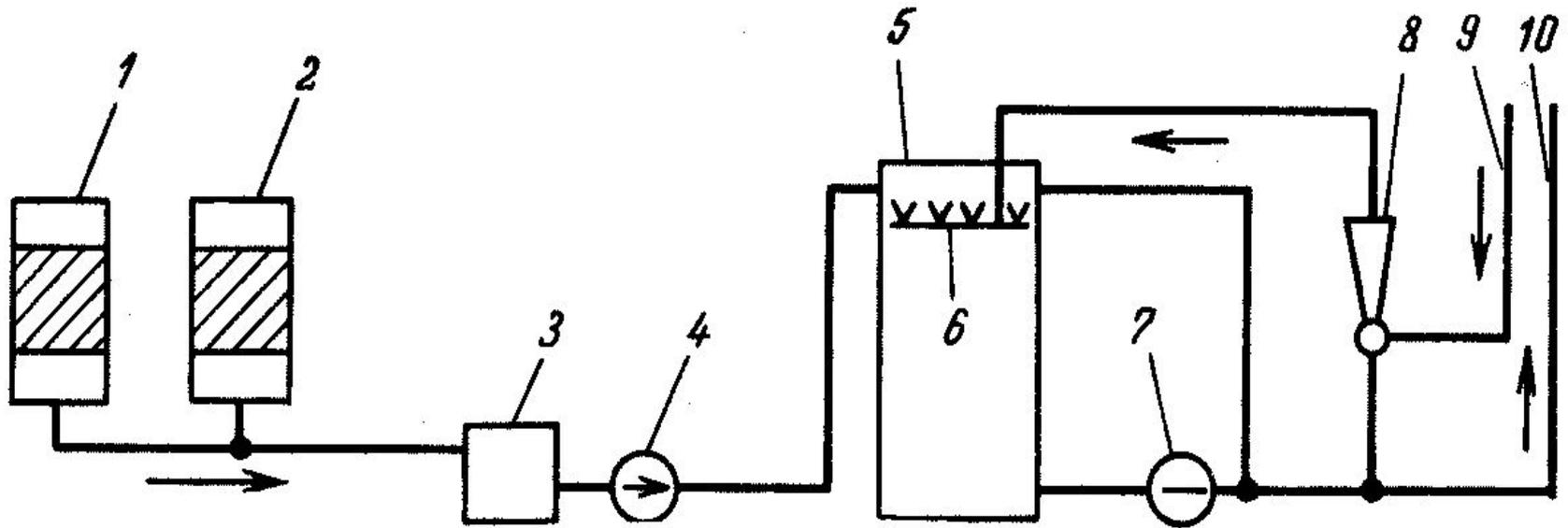
pH_0 - показатель pH воды при температуре водоема;

μ - ионная сила воды в водоеме;

K_1 - константа первой степени диссоциации H_2CO_3 при температуре
воды в водоеме.

Схема нейтрализации щелочных

регенерационных вод дымовыми газами:



- 1 - Н-катионитный фильтр; 2 - анионитный фильтр;
3 - приямок сбора регенерационных вод; 4 - перекачивающий насос; 5 - бак нейтрализации; 6 - распределительная труба;
7 - насос перемешивания и сброса; 8 - эжектор; 9 - дымовые газы, очищенные от золы; 10 - охлаждающая вода после конденсаторов турбин

Суточный расход реагентов, необходимых для нейтрализации кислых вод, можно записать как

$$Q_{\text{ЩР}} = Q_{\text{СК}} - Q_{\text{С}}$$

а щелочных – как

$$Q_{\text{ЩР}} = Q_{\text{СК}} - Q$$

При нейтрализации известью суточный расход 100%-ного СаО составляет

$$Q_{\text{СаО}} = 28Q_{\text{СР}} * 10^{-3}$$

Необходимый объем дымовых газов V для нейтрализации суточного объема щелочных сточных вод определяется по формуле:

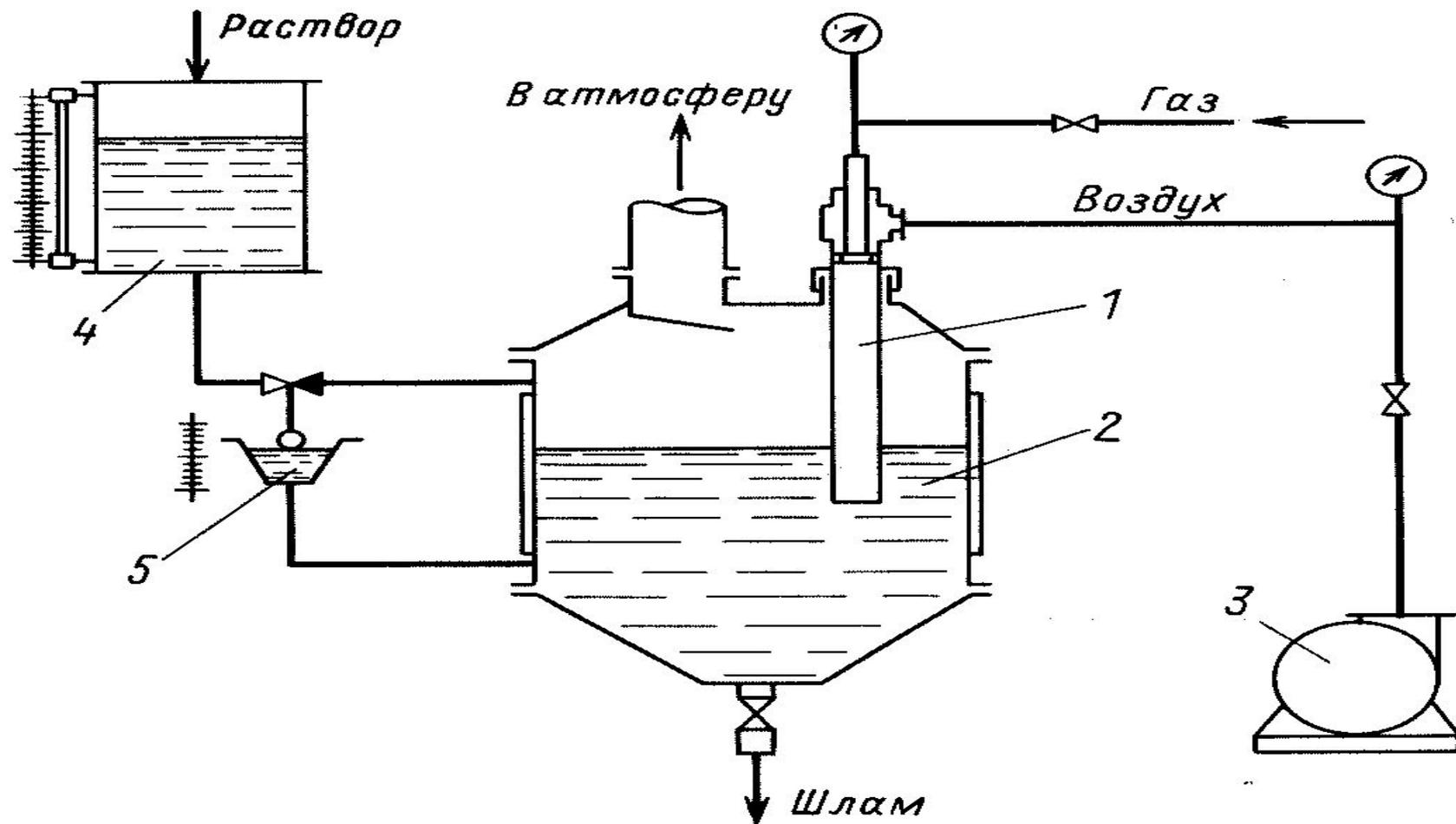
$$V = \frac{Q_{\text{СР}} V_{\Gamma}}{10^3 \left(\frac{2,92V_{\text{SO}_2}}{32} + \frac{1,965V_{\text{CO}_2}}{22} + \frac{2,05V_{\text{NO}_2}}{46} \right)}$$

где V_{Γ} - полный объем дымовых газов, образующихся при сжигании топлива, после золоуловителя, м³/кг или м³/м³;

V_{SO_2} ; V_{CO_2} и V_{NO_2} - объемы соответствующих газов, образующихся при сжигании топлива, м³/кг или м³/м³.

Аппарат погружного горения для выпаривания

СТОЧНЫХ ВОД:



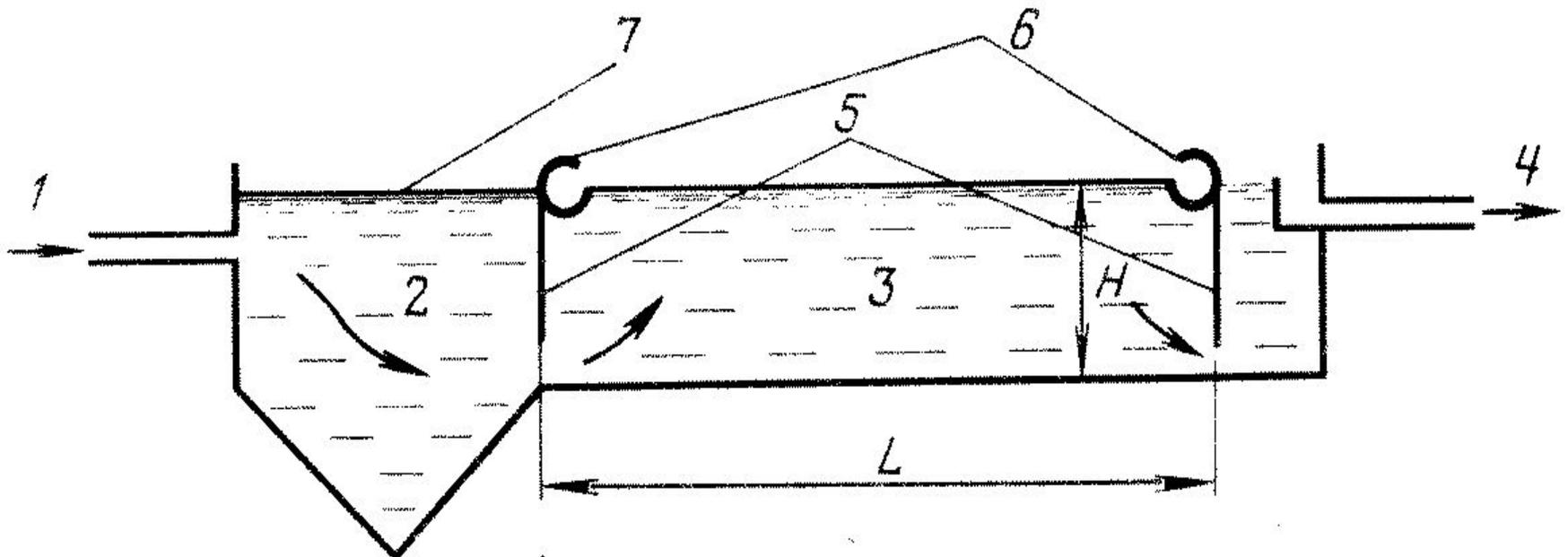
- 1 - погружная горелка; 2 - аппарат; 3 - вентилятор; 4 - бак;
5 - регулятор уровня

Очистка сточных вод, содержащих нефтепродукты

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов применяются методы:

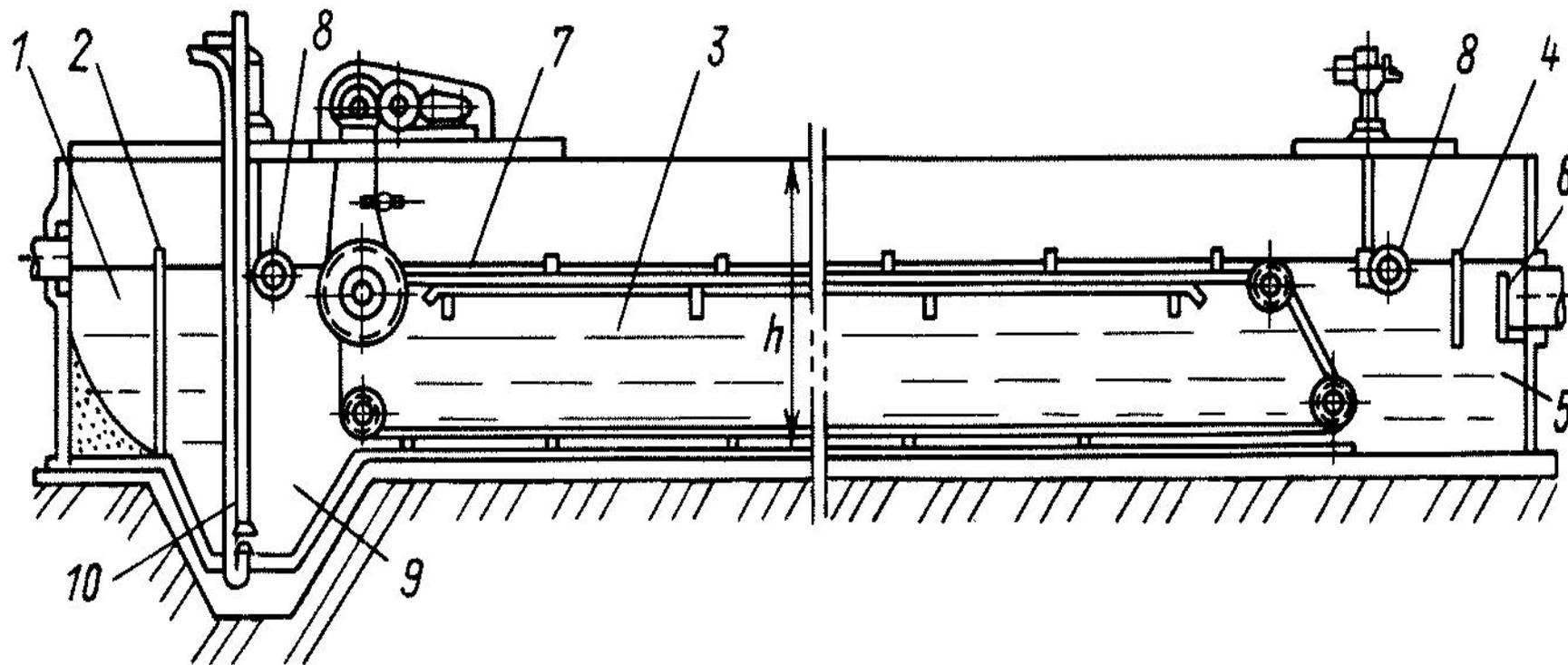
1. Отстаивания;
2. Флотации;
3. Фильтрования.

Схема типовой нефтеловушки



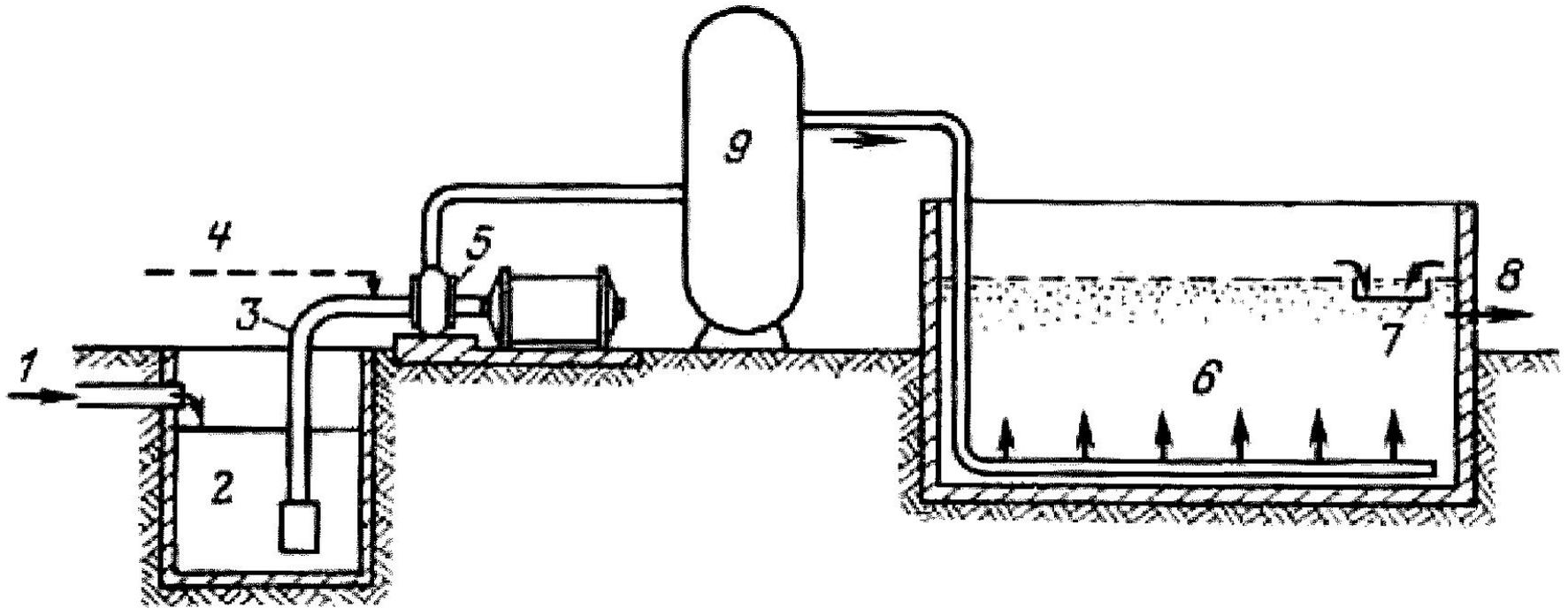
1—сточная вода; 2— приемная камера; 3—отстойная зона; 4—очищенная вода; 5— вертикальные полупогруженные перегородки; 6—нефтесборные трубы; 7—пленка всплывших нефтепродуктов

Нефтеловушка Гипроспецпромстроя со скребковым механизмом:



- 1 - приемная камера; 2 - перегородка; 3 - отстойная зона; 4 - перегородка; 5 - выпускная камера; 6 - переливной лоток;
- 7 - скребок; 8 - поворотные щелевые трубы; 9 - приямок; 10 – гидроэлеватор

Схема установки для напорной флотации:



1—вход воды;

3—всасывающая труба;

5—насос;

7—пеносборник;

воды;

9—напорная емкость

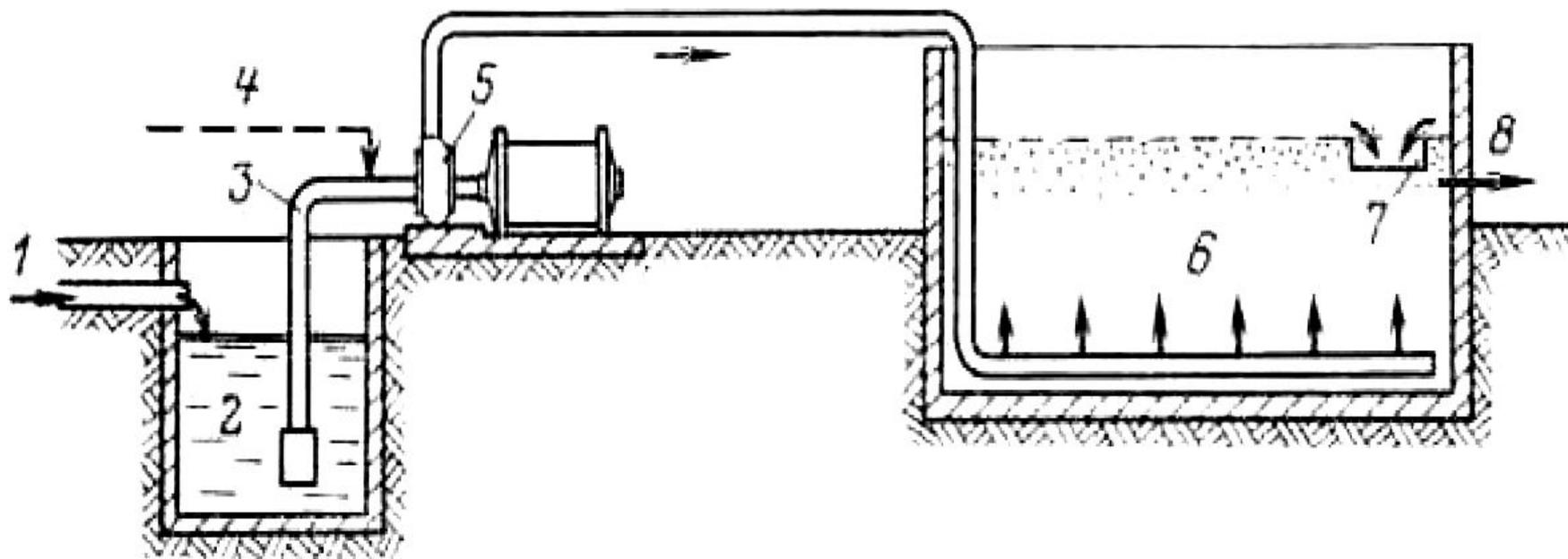
2—приемный резервуар;

4—воздухопровод;

6—флотационная камера;

8—отвод очищенной

Схема установки для безнапорной флотации:



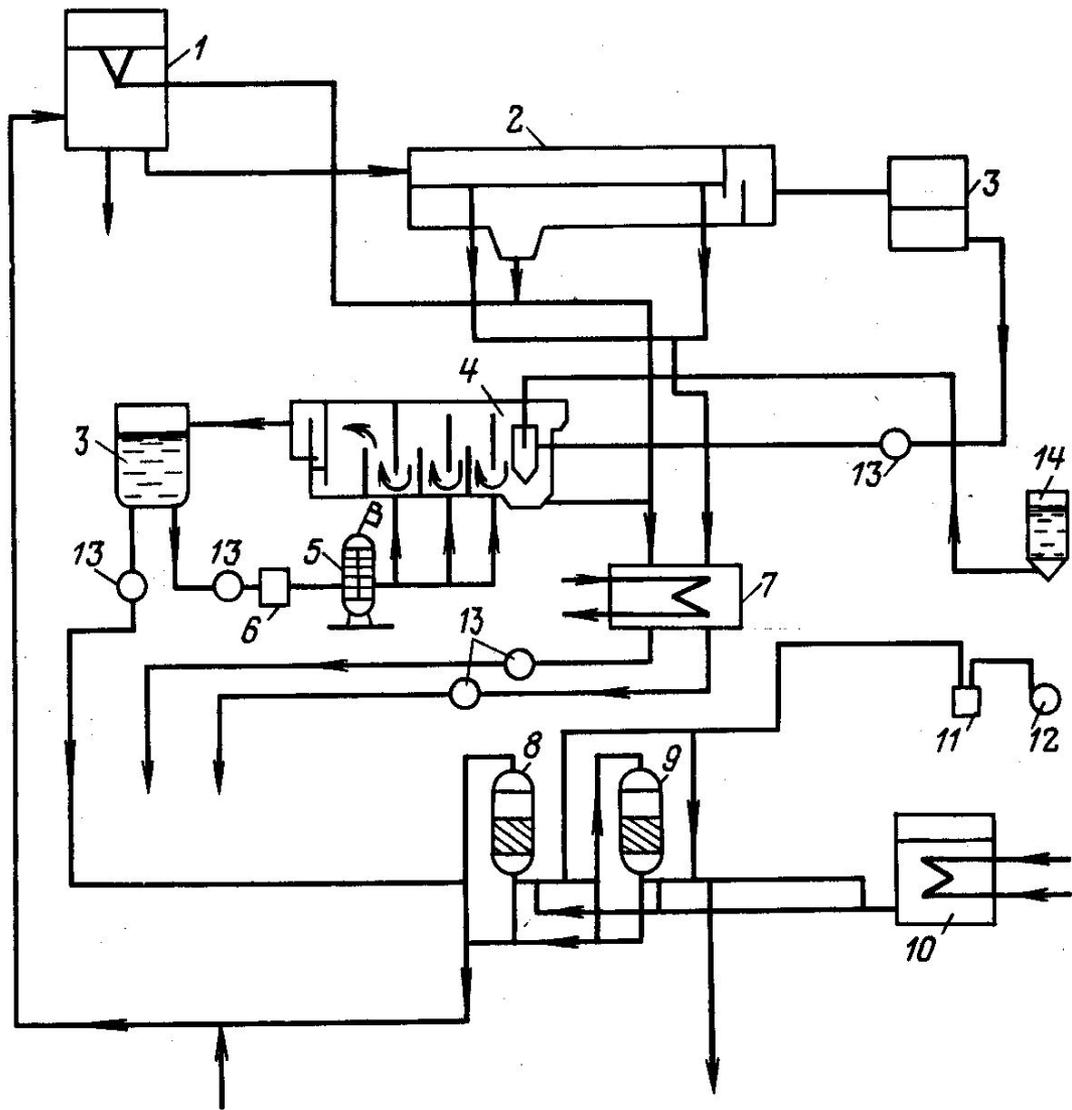
- 1- вход воды; 2—приемный резервуар; 3—всасывающая труба;
4—воздухопровод; 5—насос; 6—флотационная камера;
7—пеносборник; 8—отвод очищенной воды

Изменение концентрации мазута в конденсате во время пропаривания фильтра при регенерации фильтрующего материала

C_m МГ/КГ



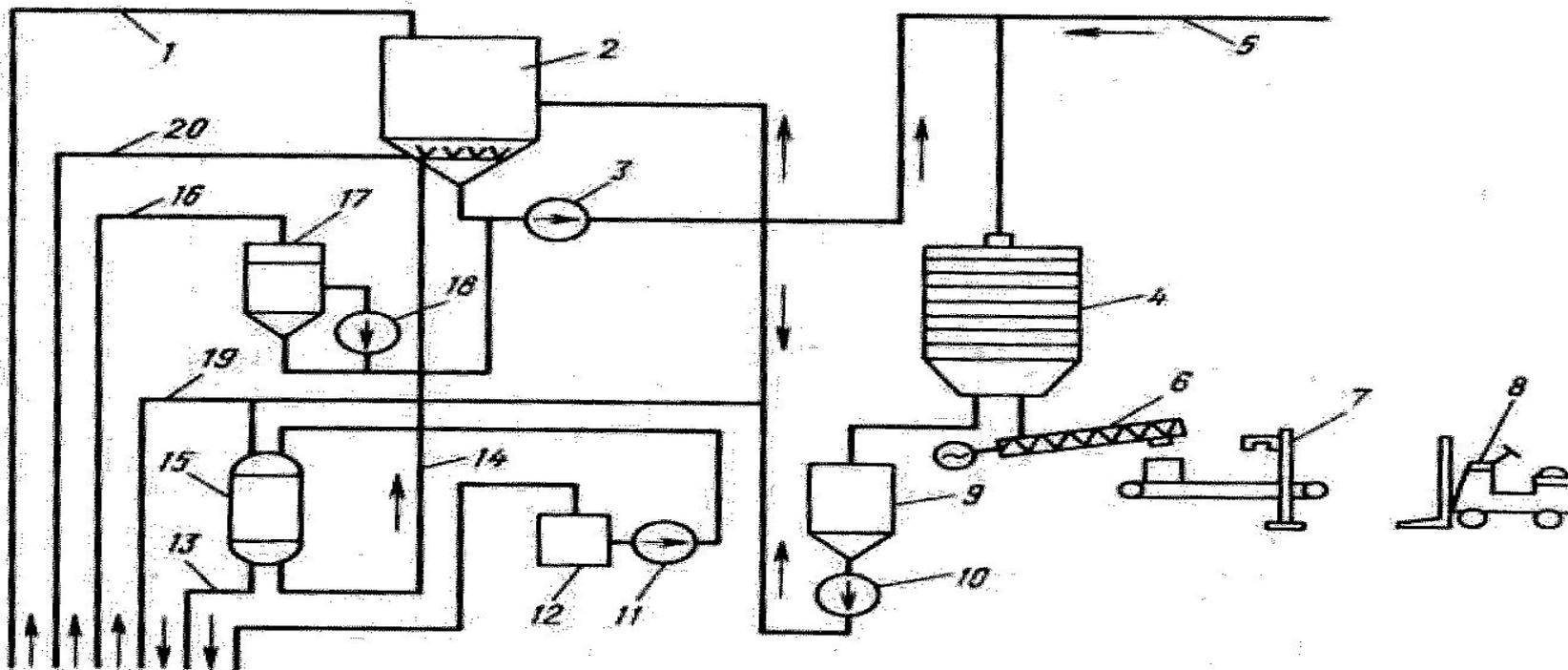
Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты:



- 1—приемный бак;
- 2—нефтеловушка;
- 3—промежуточные баки;
- 4—флотатор;
- 5—напорная емкость;
- 6—эжектор;
- 7—мазуприемник;
- 8—механический фильтр;
- 9—угольный фильтр;
- 10—бак промывочной воды;
- 11—ресивер;
- 12—компрессор;
- 13—насосы;
- 14—раствор коагулянта

Очистка обмывочных вод поверхностей нагрева котлов

Схема установки для обезвреживания и нейтрализации обмывочных вод котлов и



- 1—обмывочная вода; 2—бак-нейтрализатор; 3—насос;
4—фильтр-пресс; 5—техническая вода на промывку фильтровальной ткани;
6- шнековый транспортер; 7—машина для зашивания мешков; 8—погрузчик;
9—бак-сборник; 10—насос фильтрата; 11—насос раствора соли; 12—бак-мерник раствора соли; 13—фильтрат; 14—регенерационный раствор;
15—катионитный фильтр; 16—известковое молоко; 17—мешадка; 18

Очистка сточных вод химических промывок и консервации оборудования

Общее количество загрязненных стоков от одной химической промывки, подлежащих очистке, м³, можно определить из выражения

$$V=ka$$

где a —суммарный объем промывочных контуров, м³;

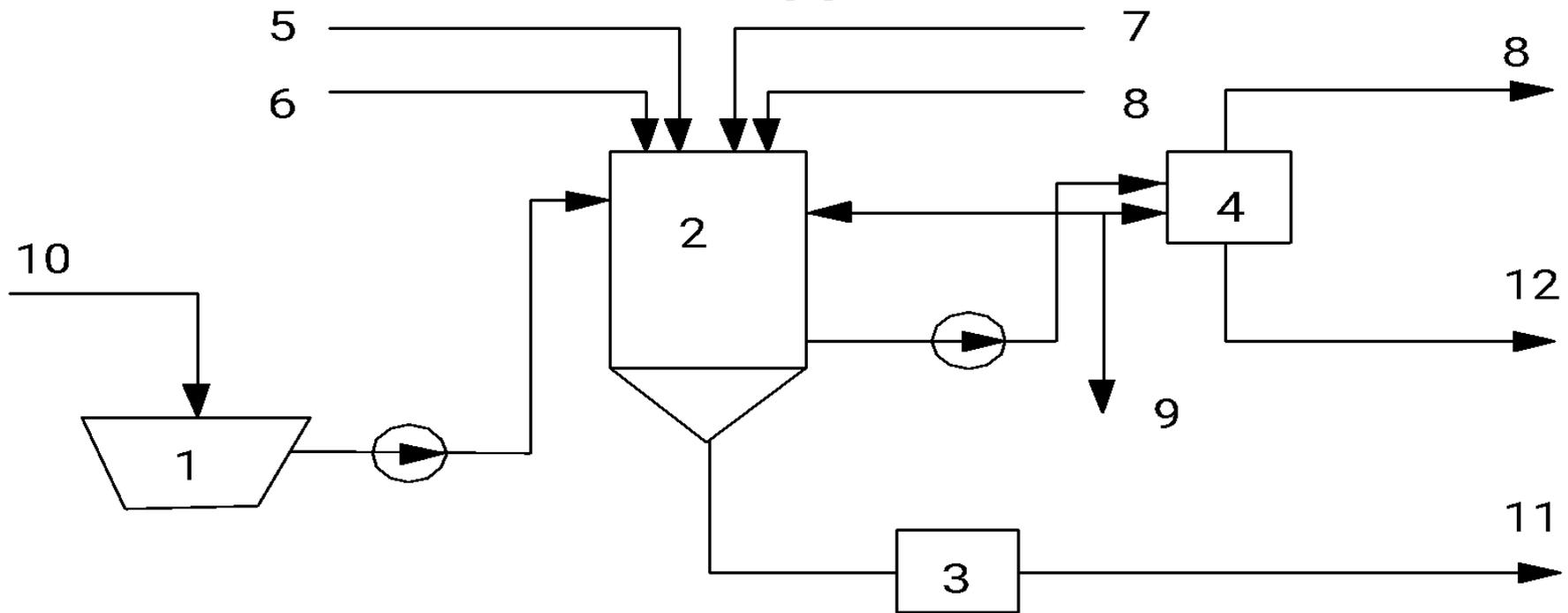
K —коэффициент, равный 25 для газомазутных ТЭС и 15 для пылеугольных, так как в последнем случае часть отмывочных вод с содержанием железа менее 100 мг/л может быть сброшена в ГЗУ.

Различают два основных варианта очистки отмывочных и консервационных вод:

1. на ТЭС, работающих на жидком и газообразном топливе, а также на угольных ТЭС с разомкнутой (прямоточной) системой ГЗУ;
2. на ТЭС, работающих на твердом топливе с оборотной системой ГЗУ.

Схема очистки промывочных сточных

ВОД:



1 - бак; 2 - бак-нейтрализатор; 3 - шламоотстойник; 4 - бак для коррекции рН;

5 - подача известкового молока; 6 - подача хлорной извести;

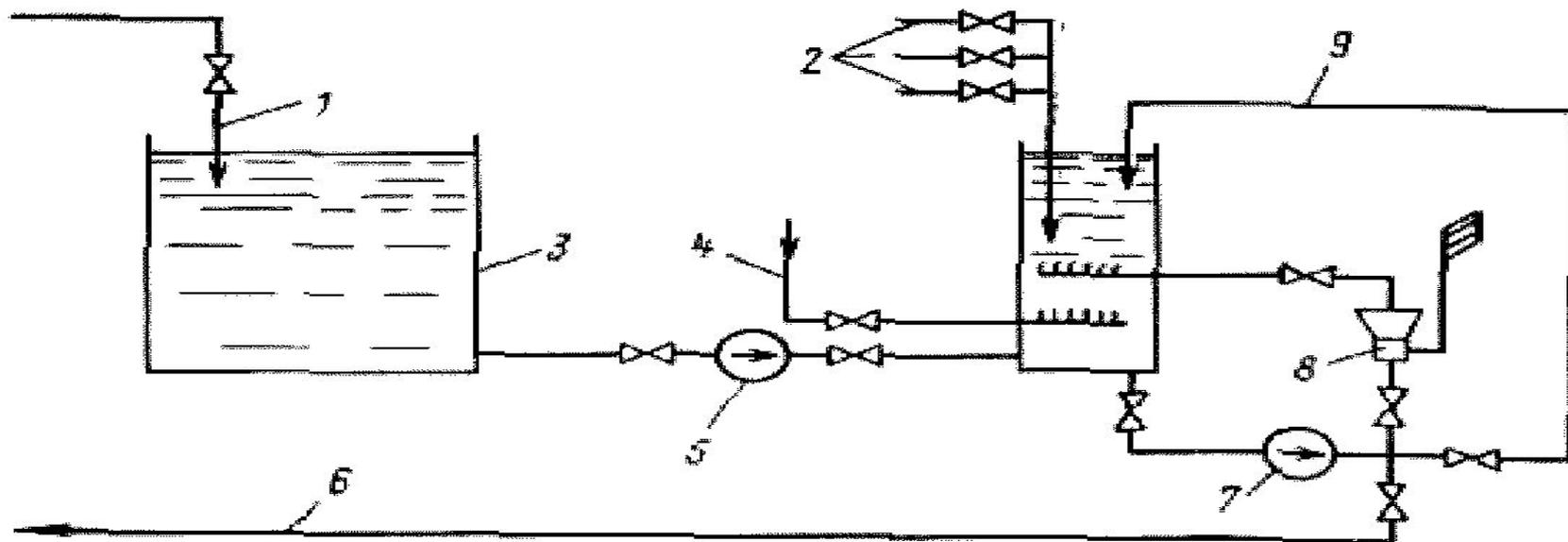
7 - подача сульфида натрия (Na_2S); 8 - серная кислота; 9 - подача воздуха;

10 - вода на очистку; 11 - вода на фильтр-пресс; 12 - сброс

**Максимально допустимые
концентрации веществ в воде,
направляемой на биологическую
очистку, составляют, мг/кг:**

- гидразина 0,1;
- железа сернокислого 5;
- хлора активного 0,3;
- фталевого ангидрида 0,5.

Схема узла очистки консервирующих растворов:



1 - сброс консервирующего раствора; 2 - подвод реагентов;
3 - бак сбора консервирующего раствора; 4 - подвод греющего пара; 5 - насос; 6 - сброс обезвреженного раствора;

7 - циркуляционный насос; 8 - ожектор;

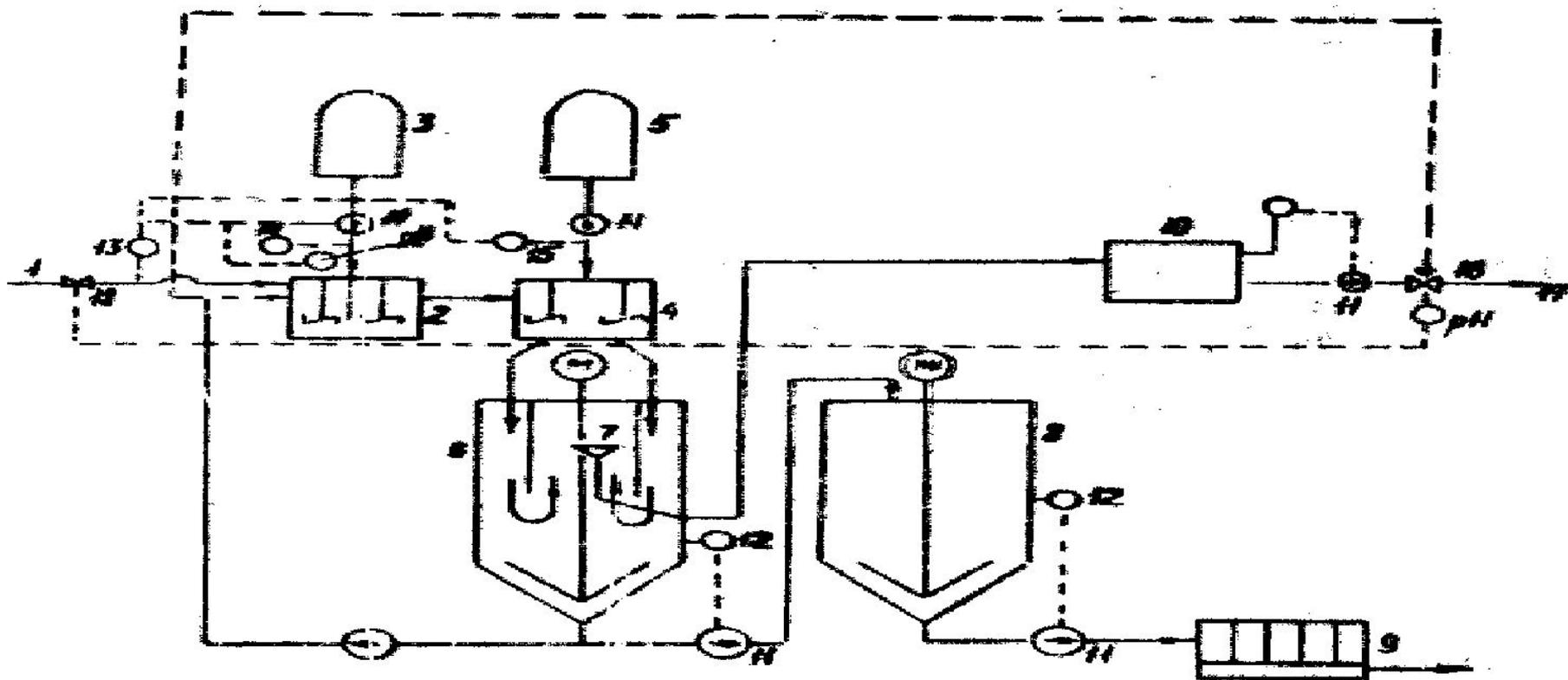
Обезвреживание сточных вод систем гидрозолоудаления

Основные методы обезвреживания:

- осаждение примесей;
- сорбция примесей на различных сорбентах, в том числе на золе;
- предварительная обработка с применением окислительно-восстановительных процессов.

Очистка сточных вод сероочистных установок

Схема установки очистки сточных вод на блоке 750 МВт ТЭС Бергкамен:



- 1 - загрязненная вода; 2 - двухкамерный резервуар; 3 - емкость едкого натра;
- 4 - резервуар; 5 - емкость флокулянта; 6 - осветлитель; 7 - сборное устройство осветлителя; 8 - шламонакопитель; 9 - фильтр-пресс; 10 - бак сбора чистой воды; 11 - насос; 12 - уровнемер; 13 - клапаны; 14 - расходомер и регулирующий клапан; 15, 16 - регулирующий клапан; 17 -

Химический состав исходной и очищенной воды после сероочистной установки

| Показатель | Сточные воды | |
|---------------------------|--------------|---------------|
| | до очистки | после очистки |
| рН | 6...7 | 9 |
| Взвешенные вещества, мг/л | 150 | 0,1 |
| ХПК, мг/л | 130 | 130 |
| Кадмий, мг/л | 0,05 | 0,03 |
| Ртуть, мг/л | 0,06 | 0,05 |
| Хром, мг/л | 0,5 | 0,5 |
| Никель, мг/л | 0,5 | 0,5 |
| Цинк, мг/л | 1,8 | 0,7 |
| Свинец, мг/л | 0,4 | 0,4 |
| Медь, мг/л | 0,5 | 0,02 |
| Сульфиты, мг/л | 20 | 20 |
| Фториды, мг/л | 80 | 15 |
| Сульфаты, мг/л | 2000 | 1700 |