

The background features a dense pattern of light blue water droplets of various sizes. At the top, there are stylized blue and white wavy lines that resemble water ripples or a sky horizon.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ТЭС

Расход воды на ТЭС

- Расход воды на ТЭС зависит
 - от ее типа, единичной мощности турбин и параметров пара,
 - вида применяемого топлива и района размещения,
 - специфики работы внешних потребителей тепловой энергии и др.
- Повышение единичной мощности турбин и параметров пара, использование газа вместо твердого топлива снижают удельный объем воды на выработку электроэнергии.
- Для КЭС на органическом топливе мощностью 1 млн. кВт полное водопотребление составляет около $0,9 \text{ км}^3$ воды в год.

- По данным РАО «ЕЭС», доля энергетики в общем объеме потребления пресной воды промышленностью страны составляет около 70 % (21 км³), из которых 90 % сбрасывается в поверхностные водоемы, в том числе 4 % загрязненных стоков.

КЛАССИФИКАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС

1. Нагретые воды систем охлаждения конденсаторов турбин и вспомогательного оборудования
2. Регенерационные и промывочные воды водоподготовительных установок (ВПУ) и конденсатоочисток (КО)
3. Замазученные и замасленные воды
4. Промывочные и консервационные воды
5. Воды обмывки наружных поверхностей нагрева котлов
6. Воды систем ГЗУ
7. Воды гидравлической уборки помещений топливоподачи
8. Коммунально-бытовые и хозяйственные воды
9. Поверхностные ливневые и талые воды

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Свежая (добавочная) вода** — это вода, поступающая в технологические системы ТЭС из водных объектов совместного пользования (природного источника, каналов, городского водопровода и др.) или очищенная сточная вода, подаваемая для восполнения безвозвратных потерь воды и потерь на продувку.
- **Безвозвратные потери воды** — это потери воды при производстве тепловой и электрической энергии в результате естественного и дополнительного испарения, уноса капельной влаги, утечек пара в паровом цикле и др.
- **Оборотная вода** — это вода, использованная в технологическом цикле электростанции и после охлаждения или очистки идущая на те же цели.

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Повторно используемая вода** — это вода, используемая в нескольких технологических системах электростанции после ее охлаждения или очистки, например очищенные нефтесодержащие стоки, применяемые для подпитки оборотных систем.
- **Последовательно используемая вода** — это вода, используемая поочередно в нескольких производственных процессах или агрегатах без промежуточного охлаждения или очистки, например охлаждающая вода, которая подается после конденсаторов турбин в систему гидрозолоудаления или водоподготовки.
- **Продувочная вода** — это вода, отбираемая из системы оборотного водоснабжения и заменяемая добавочной для поддержания солевого состава оборотной воды и загрязненности органическими веществами на определенном уровне.

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Водопотребление** – это потребление свежей (добавочной) воды из водного объекта или системы водоснабжения.
- **Полное водопотребление** – это сумма объемов свежей и оборотной воды.
- **Водоотведение** – это отведение вод, использованных электростанцией.
- Воды, отводимые после производственной и хозяйственно-бытовой деятельности электростанции, загрязненные и нагретые, называются **сточными**.
- Сточные воды могут сбрасываться в водоемы, закачиваться в подземные горизонты и бессточные скважины, частично или в полном объеме передаваться другим предприятиям.

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Нормативно чистые сточные воды** — это сточные воды, допустимые к сбросу без очистки, отведение которых в водные объекты не приводит к нарушению качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.
- **Нормативно очищенные сточные воды** — это сточные воды, отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.
- **Загрязненные сточные воды** — это воды, сброс которых вызывает нарушение норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** — концентрация веществ в воде, превышение которой делает ее непригодной для одного или нескольких видов водопользования.
- **Предельно допустимый сброс веществ в водный объем (ПДС)** — масса веществ в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечить нормы качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Основные термины по водопотреблению и водоотведению

- **Тепловое загрязнение** — поступление теплоты в водный объект, вызывающее нарушение норм качества воды.
- **Удельный сброс загрязняющих веществ** — количество загрязняющих веществ, сбрасываемых в водоем при производстве единицы продукции (для ТЭС — это отпуск электрической и тепловой энергии).

Классификация и характеристика сточных вод

В результате производственной и хозяйственно-бытовой деятельности электростанций образуются сточные воды, которые можно классифицировать следующим образом:

- ❖ нагретые воды систем охлаждения конденсаторов турбин и вспомогательного оборудования;
- ❖ регенерационные воды водоподготовительных установок (ВПУ);
- ❖ замазученные и замасленные воды;
- ❖ промывочные и консервационные воды;
- ❖ воды обмывки наружных поверхностей нагрева котлов;
- ❖ воды систем ГЗУ;
- ❖ поверхностные ливневые и талые воды.

Общий баланс воды на ТЭС

$$W^{\text{СВ}} = W^{\text{СТ}} + W^{\text{пер}} + W^{\text{ПОТ}}$$

- $W^{\text{СВ}}$ - свежей воды поступающей на ТЭС из источника водоснабжения
- $W^{\text{СТ}}$ — объем сточных вод
- $W^{\text{пер}}$ — объем воды, переданной другим потребителям
- $W^{\text{ПОТ}}$ — безвозвратные потери воды.

Полное водопотребление

$$W^{\text{В.П}} = W^{\text{СВ}} + W^{\text{Об}} + W^{\text{П.П}}$$

- $W^{\text{СВ}}$ - свежая вода
- $W^{\text{Об}}$ - оборотная вода
- $W^{\text{П.П}}$ - повторно или последовательно используемая вода

Основное количество воды 85-95 % на ТЭС используется для конденсации отработанного пара в конденсаторах турбин. Остальные 5 -15 % объема воды расходуются так: (3-8 %) на охлаждение масла и воздуха; (0,2-0,8 %) на восполнение потерь пара в основном паротурбинном цикле и подпитку теплосети; (2-5 %) на удаления золы и шлака, а также на вспомогательные процессы, связанные с промывкой оборудования, регенерацией и т. д.



Соотношение между расходом охлаждающей воды и отработанным паром

- Соотношение между расходом охлаждающей воды и отработанным паром, попадающим в конденсатор, называется кратностью охлаждения m
- В зависимости от типа конденсатора

$$m = 60 \div 100$$

- для конденсации 1 кг пара требуется 60 - 100 кг воды.

Характеристика показателя	Показатель	Система охлаждения				
		Прямоточная	Оборотная			
			С водохранилищем	С брызгальной установкой	С башенной градирней	С воздушно-конденсационной установкой
Расход природных ресурсов	Дополнительный удельный расход условного топлива, т/(ГВт·ч)	0	9	23	32	46
	Безвозвратное водопотребление, м³/(ГВт·ч)	1000	1400	2000	2200	50
	Отвод земли под водоохладители	0	570	60	5	7
Выброс в окружающую среду	Сброс тепла в атмосферу, Гкал/(ГВт·ч)	1380	1450	1520	1600	1730
	Сброс солей в водоисточники, т/(ГВт·год)	0,3	0,9	1,3	1,5	0,02
Экономические	Удельные капитальные вложения в ценах ., руб/ГВт уст. мощности	12	16	17	20	60
	Эксплуатационные затраты*, млн руб/(ГВт·год)	4,7	4,4	9,9	13,5	22,2
	Расход электроэнергии, ГВт·ч/год	0,05	0,04	0,07	0,1	0,09

Использование низкопотенциального тепла

- Важнейшим мероприятием для уменьшения количества тепловых сбросов является использование низкопотенциального тепла охлаждающей воды.
- Температура воды после конденсаторов не превышает 20-26°C зимой и 35-42°C летом. Такая вода может быть использована:
 - ✓ в тепловых насосах для теплофикационных целей;
 - ✓ для разведения рыбы;
 - ✓ для полива в теплицах и оранжереях;
 - ✓ в животноводческих комплексах;
 - ✓ для подогрева открытого грунта при производстве сельскохозяйственной продукции и дополнительного охлаждения технической воды;
 - ✓ для переработки отходов растениеводства и рыбоводства при производстве грибов и т.д.

Регенерационные сточные воды ВПУ

- Для поддержания оборудования ВПУ в состоянии, обеспечивающем требуемое качество добавочной воды, необходимы периодические промывки, регенерации и т. д., связанные с образованием сточных вод.
- При обработке воды на ВПУ образуются сточные воды двух основных типов:
 - ❖ воды, получающиеся на стадии предочистки воды при ее коагуляции и известковании и содержащие взвешенные вещества;
 - ❖ воды повышенной минерализации, образующиеся в процессе умягчения и обессоливания воды.

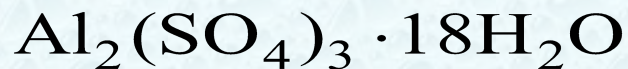
- В сточных водах предочистки в твердом виде содержатся
 - органические вещества, повышающие биологическое потребление кислорода водой,
 - грубодисперсные примеси исходной воды,
 - соединения железа и алюминия,
 - карбонат кальция,
 - гидроксид магния
 - «недопал» при известковании.
- Концентрация твердых частиц в шламовых водах от 5 до 50 кг/м³.
- При известковании вода, кроме того, имеет повышенное значение

pH(10,0 ÷ 10,4)

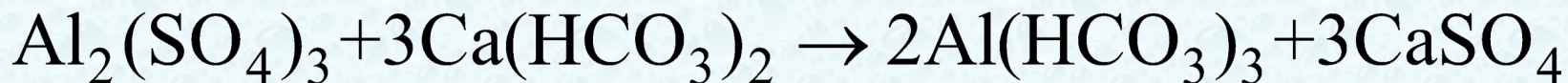
Сброс таких вод в водоемы запрещен

При обработке вод с пониженной щелочностью $\text{pH} \leq 6,5 \div 7,5$

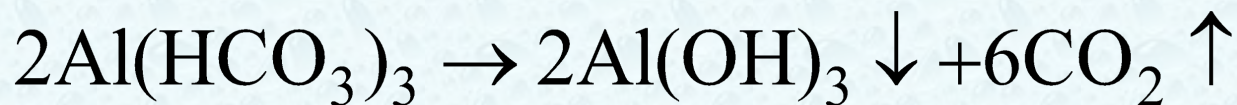
используют только коагуляцию. В качестве реагента-коагулянта наибольшее распространение получил сернокислый алюминий (глинозем)



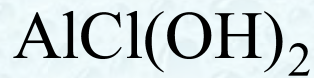
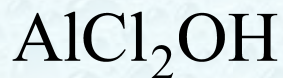
В общем виде процесс коагуляции воды сернокислым алюминием можно представить реакцией:



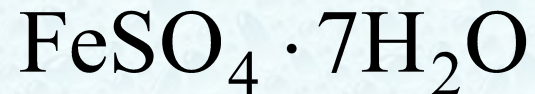
Образующийся бикарбонат алюминия неустойчив и разлагается с образованием хлопьев гидроокиси алюминия:



В последнее время начали использовать оксихлориды алюминия типа



При совмещении процессов коагуляции и известкования в качестве коагулянта используют сернокислое железо (железный купорос)



и хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

При умягчении воды известью образуются осадки, содержащие малорастворимые вещества: карбонат кальция, гидроксид магния, диоксид кремния, оксиды железа, оксиды алюминия и непрореагировавшую известь. Скоагулированные органические и неорганические загрязнения обычно составляют малую часть массы осадка. Содержание твердой фазы в осадках при известковании воды изменяется от 2 до 15 %.

- Шламы, образующиеся в осветлителе при коагуляции или коагуляции и известковании, выводятся с непрерывной и периодической продувкой и обычно подаются на специально сооружаемые **шламонакопители**, рассчитанные на 5–10 лет работы. Шлам в шламонакопителях оседает и уплотняется, а вода возвращается в осветлители. **Сброс таких шламов в водоемы запрещен.**
- В связи с тем, что вода после осветлителя содержит некоторое количество взвешенных веществ, ее доосветляют на механических (осветлительных) фильтрах, загруженных зернистым материалом (антрацитом, кварцевым песком, циолитом и др.). **Сточные воды, образующиеся при периодической взрыхляющей промывке этих фильтров, собирают и равномерно подают в осветлители.**

Процесс регенерации фильтров указанных выше установок **химического** обессоливания включает в себя три основные стадии:

- ✓ взрыхляющую промывку,
- ✓ ввод регенерационных растворов
- ✓ отмывку от продуктов регенерации.

- Регенерация Na -катионитных фильтров осуществляется обычно 4 %-ным раствором серной кислоты. Регенерацию анионитов осуществляют в основном 4 %-ным раствором едкого натра. При этом, чем выше минерализация исходной воды и больше ступеней обработки, тем больше расход реагентов, количество сточных вод и содержащихся в них солей.
- Воды взрыхления **возвращают в осветлители**, а минерализованные сточные воды после нейтрализации и разбавления водой до ПДК **сбрасывают в водоемы**.

Паропреобразовательные установки

- На ТЭЦ с промышленными отборами пара при дефиците исходной воды и повышенных потерях конденсата у потребителей целесообразно использовать паропреобразовательные установки для получения вторичного пара.
- При работе по такой схеме на ТЭС сохраняется весь конденсат греющего пара, отведенного от отбора турбины к паропреобразователю.
- Для сокращения количества сточных вод продувочные воды испарителей и паропреобразователей могут быть повторно использованы для нужд ВПУ.

Замазученные и замасленные ВОДЫ

- Загрязнение воды нефтепродуктами на ТЭС происходит:
 - в процессе эксплуатации и ремонта оборудования мазутного хозяйства
 - за счет утечек трансформаторного и турбинного масел из маслосистем турбин, генераторов и возбuditелей
 - аварийного разлива масла и мазута
 - утечек из систем охлаждения подшипников различных вращающихся механизмов (насосов, дымососов, вентиляторов, мельниц и др.)
 - от мойки автотранспорта.

Нормативный расход замазученных сточных вод

Общая производительность котлоагрегатов, т/ч	Количество сточных вод, м ³ /ч	
	Газомазутная ТЭС	Пылеугольная ТЭС
4200	5	3
8400	10	7
12600 и более	15	10

- Объемы вод, загрязненных нефтепродуктами, определяются по данным технических паспортов на оборудование, проектно-технической документации или СНиП и уточняются при проведении производственных испытаний.
- Количество постоянных замазученных сточных вод принимается в зависимости от общей паропроизводительности котлов ТЭС и вида сжигаемого топлива

- Сброс недостаточно очищенных от нефтепродуктов сточных вод представляет особую опасность для водоемов.
- Легкие нефтепродукты образуют пленки на поверхности воды, ухудшая условия аэрации водоемов.
- Тяжелые нефтепродукты, оседая на дне, губительно действуют на флору и фауну.
- Воздействие нефтепродуктов на водоемы имеет длительный характер, так как они являются слабо окисляющимися веществами.
- **Сточные воды этого типа после очистки должны использоваться на ТЭС повторно.**

Сточные воды химических промывок и консервации оборудования

- Для очистки внутренних поверхностей оборудования (в основном котлов) от отложений применяют промывки различными химическими растворами.
- Обязательными являются промывки впервые вводимого в эксплуатацию оборудования — предпусковые промывки и оборудования, выводимого из капитального ремонта.
- Эксплуатационные промывки проводят периодически, поэтому промывочные воды и воды консервации относятся к **периодическим**.

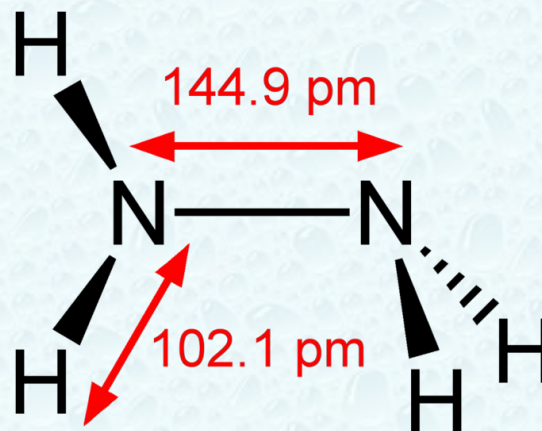
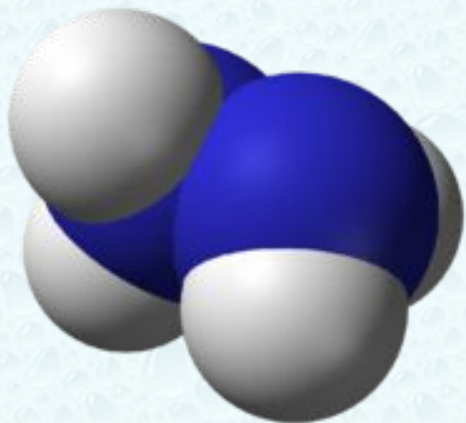
Технология промывок и состав реагентов

Технология промывок и состав реагентов зависят от состава отложений, удаляемых с поверхности нагрева, и типа оборудования. При химической очистке оборудования выполняются следующие технологические операции :

- ✓ водная промывка технической водой;
- ✓ обезжиривание внутренних поверхностей растворами щелочи или поверхностно-активных веществ (ОП-7, ОП-10);
- ✓ вытеснение раствора технической водой с последующей заменой ее на обессоленную;
- ✓ химическая очистка соответствующим раствором;
- ✓ пассивация очищенных поверхностей;
- ✓ дренирование или вытеснение пассивирующего раствора обессоленной водой.

- В результате химической очистки образуются сточные воды, содержащие как используемые реагенты, так и отложения, удаленные с поверхностей нагрева:
 - сульфаты и хлориды кальция, магния и натрия,
 - всевозможные токсичные соединения (соли железа, цинка, фторсодержащие соединения, гидразин).
- Кроме того, в сточных водах содержатся органические вещества (нитриты, сульфиды, аммонийные соли), для окисления которых необходим кислород.
- Наибольшую опасность на санитарный режим водоёмов оказывают присутствующие в этих сточных водах токсичные вещества и органические вещества, потребляющие кислород.

Гидразин (диамид) $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$



- Бесцветная, сильно гигроскопическая жидкость с неприятным запахом.
- Молекула n_2h_4 состоит из двух групп nh_2 , повернутых друг относительно друга, что обуславливает полярность молекулы гидразина.
- Смешивается в любых соотношениях с водой, жидким аммиаком, этанолом; в неполярных растворителях растворяется плохо.
- Гидразин и большинство его производных токсичны.

Концентрация веществ в сточных водах после химических очисток котлов, мг/кг

Компонент сточных вод	Способ очистки				
	Соляной кислотой	Комплексонами с добавлением кислот			Серной кислотой с фторидами
		серной	НМК	лимонной	
Хлориды Cl	4000	-	-	-	-
Сульфаты SO ₄ ²⁺	-	1800	-	-	3000
Фториды F	-	-	-	-	1300
Железо Fe ²⁺	780	780	780	780	780
Натрий Na ⁺	260	180	180	180	180
ОП-10 (ОП-7)	-	200	200	200	-
Формальдегид	320	-	-	-	200
Аммонийные соединения NH ₄ ⁺	720	720	720	720	1300
Каптакс	-	20	20	20	20
Гидразин	-	30	30	30	30
Минеральные вещества в сумме	8000	5100	6300	5100	5100
Органические вещества					
O ₂ по химическому потреблению	380	1800	4800	3200	450
O ₂ по биологическому потреблению	220	150	2700	1100	150

- Общее количество вод, сбрасываемых после химических промывок и консервации, велико и носит «залповый» характер, причем концентрации и состав примесей в воде меняется. Отработанные растворы от всех промывочных операций сливаются в баки - усреднители, объём которых должен быть рассчитан на весь объём сбрасываемой воды с учетом её трёхкратного разбавления.
- Содержащиеся в отработанной воде примеси можно разделить на три группы:
 - ✓ неорганические вещества - сульфаты и хлориды кальция, натрия и магния;
 - ✓ токсичные вещества в большом количестве - соли железа, меди, цинка, фторсодержащие соединения, гидразин;
 - ✓ органические вещества - аммонийные соли, нитриты.
- Обезвреживание промывочных вод должно заключаться в выделении веществ второй группы и окислении органических соединений. После выделения шламов, очищенную воду используются повторно для промывки оборудования, так **как сброс её в водоёмы недопустим.**

Сточные воды обмывки наружных поверхностей нагрева котлов

- Зольные частицы, образующиеся при сжигании мазута, обладают большой липучестью и оседают преимущественно на конвективных поверхностях нагрева котлов и в регенеративных воздухоподогревателях (РВП), что приводит к росту сопротивления газового тракта котла и повышению температуры уходящих газов.
- В состав золы входят оксиды и соединения ванадия, никеля, натрия, кальция, алюминия, железа и др.
- Обмывки РВП проводят через 15-20 суток эксплуатации котла.
- Объем водопотребления на промывку РВП и пиковых водогрейных котлов зависит от ряда факторов, в том числе от вида и качества сжигаемого топлива, типа и режима работы котлов, схемы очистки промывочных вод и устанавливается индивидуально для каждой ТЭС

Количество обмывочных вод

Поверхности	Расход воды	Продолжительность обмывки	Периодичность, обмывки
РВП	5 м ³ /м ² поверхности	1,0 час	1 раз в месяц
Конвективные поверхности нагрева котла, произв.300 т/ч и более	300 м ³ /ч	2,0 час	1 раз в год перед ремонтом
ПТВМ-50-1	на 1 обмывку	30 мин.	1 раз в 15 суток
КВГМ-100(ПТВМ)		- “ -	- “ -
КВГМ-180 (ПТВМ)		- “ -	- “ -

Средний состав обмывочных вод РВП мазутных котлов.

Примеси	Концентрация примесей в сточных водах, г/л
Механические	0,2 - 0,5
Кислотность	4,0 - 5,0
Железо	3,5 - 4,0
Никель	0,1 - 0,15
Ванадий	0,3 - 0,8
Медь	0,02 - 0,05
Сухой остаток	35 - 40

- Для пиковых котлов, оборудованных дробеструйной очисткой, периодичность обмывки принимается один раз в год

Продувочные воды оборотных систем ГЗУ

- Образующиеся при сжигании твердого топлива шлаки и уловленная в золоулавливающих установках зола обычно удаляются водой на золоотвалы.
- Используют **прямоточные и оборотные системы гидрозолоудаления (ГЗУ)**.
- Расход воды в них составляет 15–40 м³/т золошлака.
- В **прямоточных** системах грубодисперсные примеси отстаивают на золоотвалах, а осветленная вода сбрасывается в водоемы.
- Такие системы применяют, если в воде не растворяются токсичные примеси золы и шлака.

Наибольшее распространение получили **оборотные системы ГЗУ**. Осветленная вода с золоотвалов насосами осветленной воды возвращается для повторного использования.

В процессе эксплуатации системы в воде возрастает концентрация токсичных веществ присутствующих в золошлаковых материалах, таких как **ванадия, мышьяка, фтора, ртути и др.**

Кроме того, при мокром золоулавливании в воде растворяются оксиды серы, азота, углекислый газ.

Значение **рН** воды в оборотных системах гидрозолоудаления может быть от сильнокислотного до сильнощелочного.

Поверхностные ливневые и талые воды

- Качественный состав поверхностного стока электростанций определяется интенсивностью, повторяемостью и продолжительностью дождей, способом уборки снега, благоустройством территории.
- Поверхностный сток может содержать почти все загрязняющие вещества, имеющиеся в производственных сточных водах, однако основными загрязняющими компонентами этого типа сточных вод являются **нефтепродукты и взвешенные** вещества.

- Основная масса (до 90 %) взвешенных веществ в поверхностном стоке представлена мелкодисперсными частицами размером до 40 мкм, а остальное (до 10 %) – песком, размер частиц которого составляет от 0,1 до 3 мм.
- Разработаны методики расчета количества дождевых и талых вод в зависимости от региона расположения ТЭС и занимаемой территории.
- К ним обычно добавляются поверхностные стоки, образующиеся в процессе поливомоечных мероприятий, в том числе при мойке дорожных покрытий.

Нормирование загрязняющих веществ в сбросных водах ТЭС


- В настоящее время нормированию подлежат сбросы загрязняющих веществ следующих технологических схем ТЭС:
 - сбросные воды систем охлаждения: при прямоточной схеме; оборотной с прудом-охладителем; продувочные воды систем охлаждения с градирнями;
 - сточные воды водоподготовительных установок;
 - избыточные воды систем гидрозолоудаления (только для действующих ТЭС);
 - дождевые и талые воды – при отведении их в водоём через специальные выпуски.

Обязательный перечень нормируемых и контролируемых показателей состава сточных вод ТЭС

Показатель состава сточных вод	Источник сброса		
	ГЗУ	водоподготовка	Оборотная система охлаждения с градирнями
Взвешенные вещества	+	+	+
рН	+	+	+
Биологическое потребление кислорода	+	-	-
Солесодержание	+	+	+
Хлориды Cl^-	+	±*	±*
сульфаты SO_4^{-2}	+	+	+
Нефтепродукты	+	+	+
Кальций Ca^{+2}	+	-	-
Железо Fe^{+3}	+	±*	-
Алюминий Al^{+3}	+	±*	-
Медь Cu^{+2}	-	-	+

● * Контролируется в зависимости от применяемого реагента.

- Для сокращения водопотребления и сброса сточных вод наиболее перспективны следующие направления:
 - максимальное применение систем оборотного водопользования;
 - уменьшение потерь воды и повторно-последовательное использование её в нескольких технологических циклах;
 - применение современных методов обработки воды, в результате которых сточные воды не образуются вообще либо могут быть использованы в других циклах непосредственно или после соответствующей обработки;
 - выделение и использование ценных веществ, содержащихся в производственных сточных водах.



Методы очистки сточных вод, схемы очистки и утилизации очищенных вод

Механическая очистка СТОЧНЫХ ВОД

- На первой стадии очистки из воды удаляются крупные загрязнения. Для этого на очистных сооружениях устанавливаются *решетки*, установленные под углом 60° к горизонту и имеющие прорезы 16–20 мм, и **барабанные сита**, поверхность которых покрыта металлической сеткой.
- При вращении барабана уровень жидкости в нем повышается, что способствует его самоочищению. Для удаления из воды песка и других взвешенных частиц используются **песколовки**. Они бывают вертикальные, горизонтальные и тангенциальные.
- Для выделения из воды оседающих или плавающих веществ с размером частиц менее 0,1 мм применяются чаще всего отстойники.
- **Отстойники** являются наиболее простыми и надежными в эксплуатации очистными сооружениями. Для более тонкой очистки воды применяют **механические фильтры**.

Химическая очистка сточных

ВОД

- К химическим методам относятся **нейтрализация, окисление или восстановление**.
- Эти методы применяются для удаления растворенных веществ как перед подачей на биологическую очистку, так и в оборотных системах замкнутых системах водопользования.
- Сточные воды, содержащие кислоты и щелочи, нейтрализуют путем их смешивания с добавлением реагента. Количество реагента рассчитывается таким образом, чтобы очищенная вода была нейтральной

$$\text{pH}=6,5 \div 8,5$$

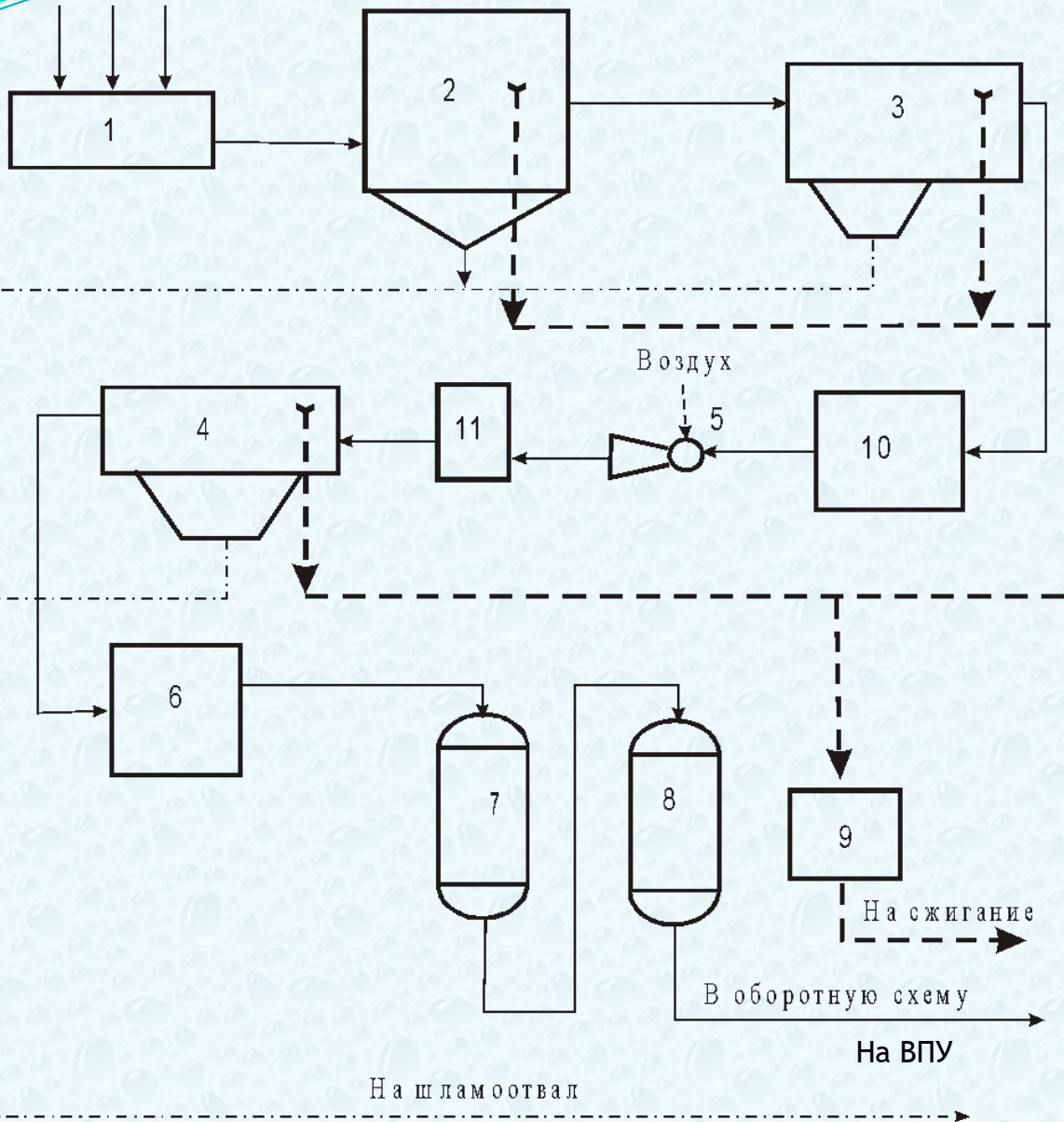
- В качестве реагентов-окислителей используют хлор, гипохлориты натрия и кальция, кислород, озон и др. В процессе окислительных реакций токсичные вещества переходят в менее токсичные.
- Следует отметить, что применение химических реагентов всегда дает хороший эффект.
- Однако их высокая стоимость препятствует их широкому внедрению.

Физико-химическая очистка СТОЧНЫХ ВОД

- Из физико-химических методов обработки сточных вод применяются:
 - ✓ коагуляция,
 - ✓ флотация,
 - ✓ адсорбция,
 - ✓ экстракция,
 - ✓ ионный обмен,
 - ✓ ультрафильтрация,
 - ✓ обратный осмос,
 - ✓ выпаривание и др.

Принципиальная схема очистки замазученных СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды



- 1 - сборный коллектор;
- 2 - бак-отстойник;
- 3 - нефтеловушка;
- 4 - флотатор;
- 5- эжектор;
- 6, 10 - промежуточный бак;
- 7 - механический антрацитовый фильтр;
- 8 - механический фильтр с активированным углем;
- 9 - сборный бак водно-мазутной эмульсии;
- 11 - напорный бак

- Сточные воды, загрязненные нефтепродуктами, собираются в распределительной камере 1, откуда подаются в резервуары-отстойники 2, которые имеют конические днища и устройства для сбора и отвода всплывших и осевших нефтепродуктов.
- Для улучшения процесса отстаивания сточные воды целесообразно подогревать до 40 °С. Вместимость резервуаров 2 рассчитана на прием четырехчасового поступления сточных вод.
- Остаточное содержание нефтепродуктов после них составляет 35—40 мг/кг.

- В качестве второй ступени рекомендуется применять малогабаритные тонкослойные многоярусные нефтеловушки 3, после которых вода собирается в баках 4. После нефтеловушек или вместо них можно использовать многокамерные флотаторы 11.
- Для насыщения воды воздухом перед флотацией применяют флотационные насосы или эжекторы 5. Далее вода выдерживается некоторое время в напорном баке и сбрасывается во флотатор. При сбросе давления воды во флотаторе происходит интенсивное всплывание пузырьков воздуха, которые перемещают частицы нефтепродуктов на поверхность воды.
- Образующаяся пена скребковым механизмом удаляется с поверхности воды. Остаточная массовая концентрация нефтепродуктов после флотаторов снижается до 10—15 мг/кг.
- Вода собирается в промежуточном баке 6 и подается на механические фильтры 7, загруженные антрацитом фракции 0,5—1,5 мм. Оптимальная скорость фильтрации равна 5,0—6,5 м/ч, а остаточная концентрация нефтепродуктов после этих фильтров обычно составляет 4 — 5 мг/кг.

- Завершающая стадия очистки осуществляется на фильтрах 8 с активированным углем. Возможно применение намывных фильтров с использованием в качестве фильтрующих материалов вспученного перлита, угольной пыли, а также их смеси.
- Скорость фильтрации принимается равной 5,0—6,5 м/ч, а остаточная концентрация нефтепродуктов в сточных водах после этих фильтров не превышает 1 мг/кг.
- Регенерация механических и угольных фильтров 7 и 8 осуществляется с использованием пара давлением 0,4—0,5 МПа и температурой 150—160 °С, а также сжатого воздуха, подаваемого со скоростью 15 м/ч в течение 20—30 мин.
- Образующиеся при отмывке сточные воды собираются в промежуточные емкости и после снижения температуры подаются в распределительную камеру 1.
- Отделенные нефтепродукты собираются в баке 9, откуда их подают в расходные баки мазутного хозяйства и сжигают в котлах. Осадки, выделившиеся при очистке воды, складировются на шламоотвале с водонепроницаемым основанием, рассчитанным на прием шлама в течение 5 лет.
- Вывоз осадка из шламонакопителя осуществляется по согласованию с санитарной инспекцией. Ведутся работы по переработке таких осадков, в том числе с получением торфа, используемого при озеленении территории

Степень очистки сточных вод

- Степень очистки сточных вод достигает 95 % и мало зависит от исходной концентрации нефтепродуктов, т.е. для получения остаточной концентрации 0,05 мг/кг (ПДК для рыбохозяйственных водоемов) на очистку должны поступать сточные воды с концентрацией нефтепродуктов не более 1 мг/кг, что практически не встречается в условиях работы ТЭС.
- При исходной концентрации нефтепродуктов 20 мг/кг ее можно снизить до 1 мг/кг и использовать повторно в схемах ВПУ, прежде всего при наличии известкования и коагуляции.
- Для снижения затрат на строительство очистных сооружений можно применить комбинированную установку, совмещающую процессы флотации и фильтрации.

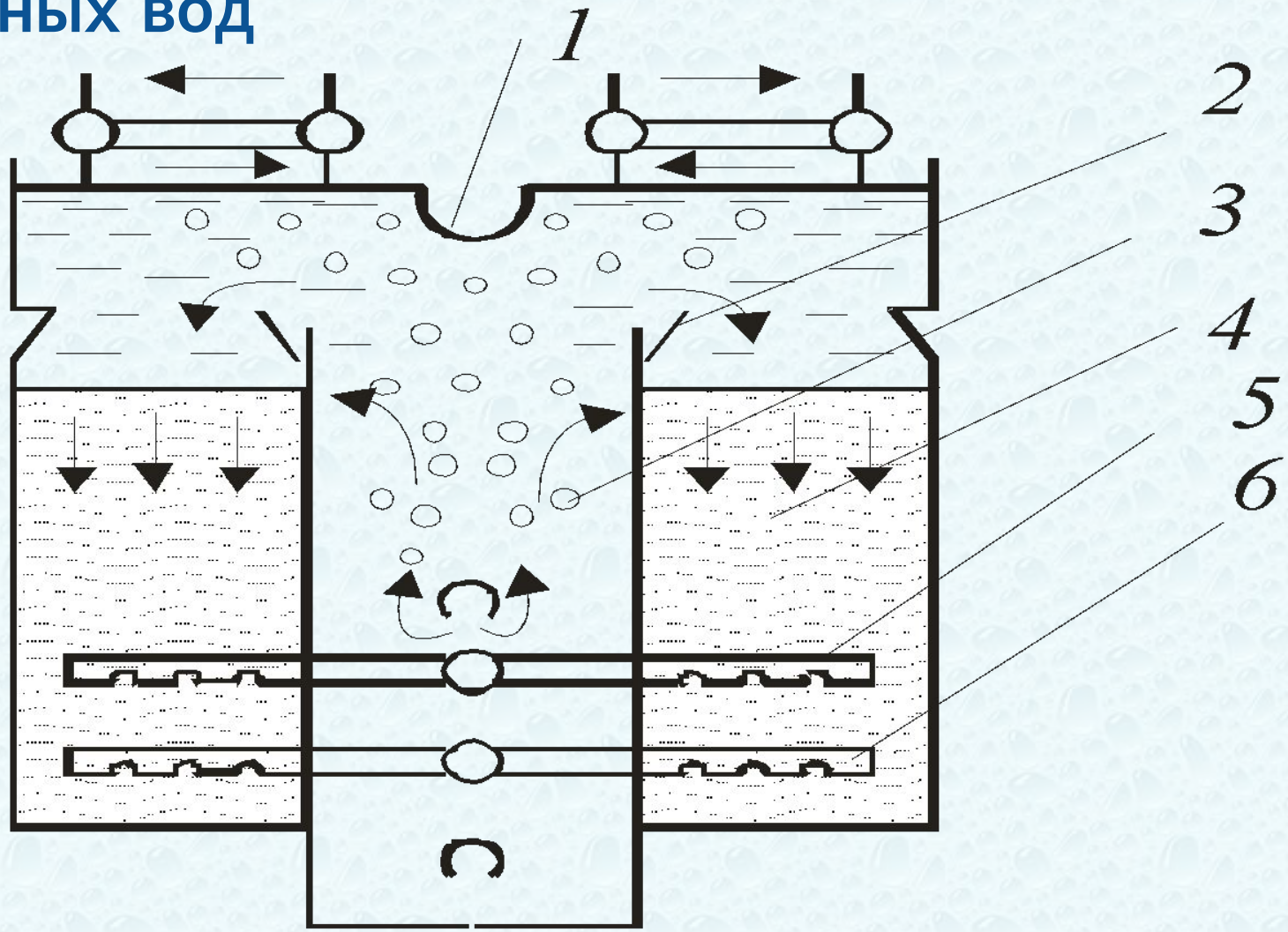
Флотация

- Флотация — метод отделения диспергированных и коллоидных примесей от воды, основанный на способности частиц прилипать к воздушным (газовым) пузырькам и переходить вместе с ними в пенный слой.
- Сущность этого процесса заключается в специфическом действии молекулярных сил, вызывающих слипание частиц примесей с пузырьками высоко диспергированного в воде газа (воздуха) и образованию на поверхности пенного слоя, содержащего извлеченные вещества.
- При сближении в воде газового пузырька с гидрофобной поверхностью частицы примеси разделяющий их тонкий слой становится неустойчивым и разрывается. Вследствие кратковременности контакта частицы и пузырька при их столкновении вероятность слияния определяется кинетикой образования краевого угла смачивания.



Флотатор Flotomax

Фильтр-флотатор для очистки замасленных сточных вод



- 1 - отвод масла; 2 - желоб-пескоуловитель; 3 - зона флотации;
4 - зона фильтрации; 5 - воздух на взрыхление; 6 - отвод фильтрата

Фильтр-флотатор для очистки замасленных сточных вод

- Объем над флотационным отсеком и фильтрами используется для отделения пузырьков воды.
- Нефтепродукты с поверхности воды собираются скребковыми транспортерами в лоток.
- Дренажные системы для отвода фильтрата и подачи воздуха расположены в нижней части фильтров и соединены с коллекторами, находящимися под коллектором подачи водовоздушной смеси на флотацию.

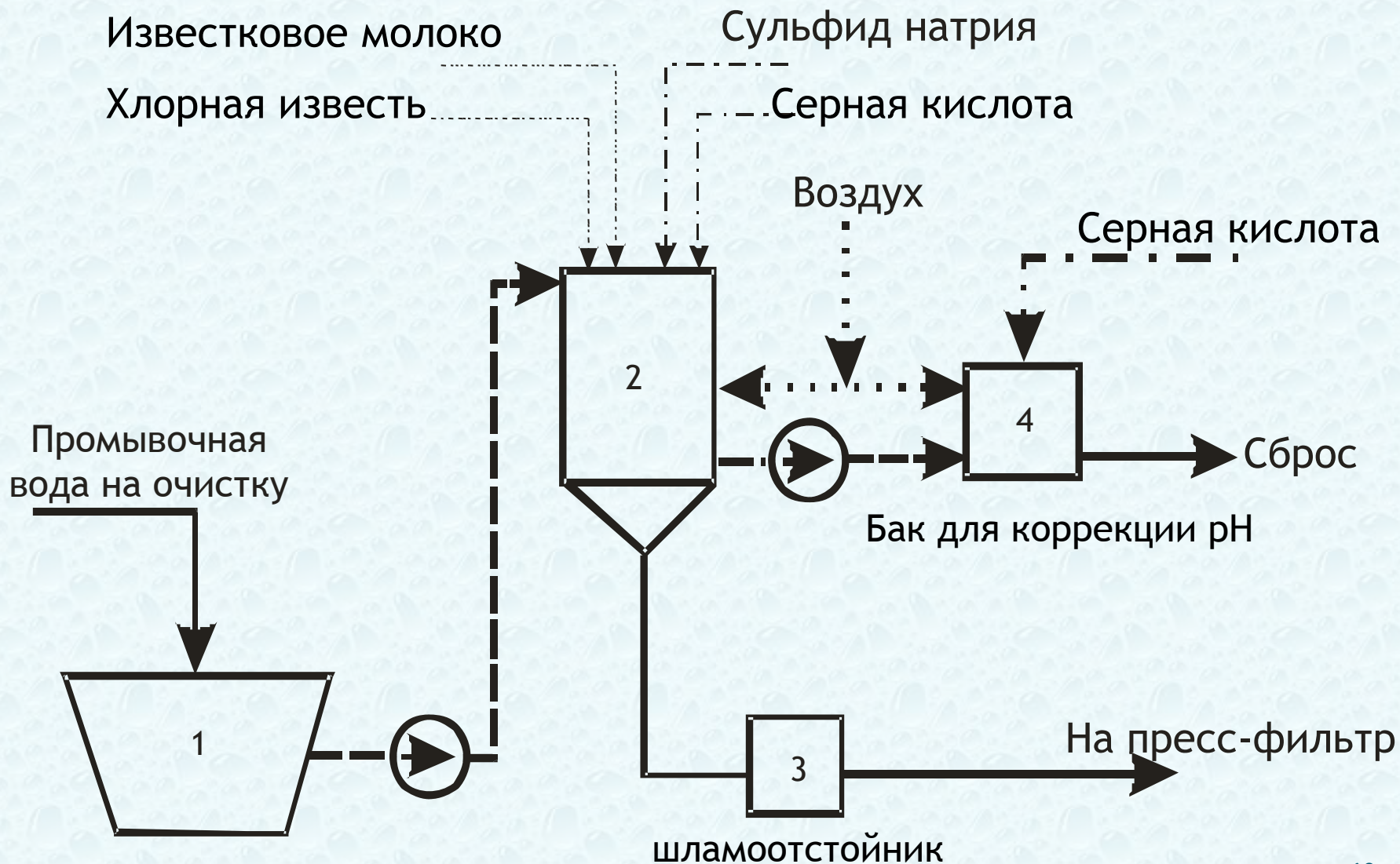
- Для сокращения объемов замазленных и замазученных вод следует вводить мероприятия по предотвращению попадания нефтепродуктов в сточные воды ТЭС.
- Прежде всего, рекомендуется создание маслоплотного оборудования (в том числе маслоохладителей), применение густых смазок, повышение культуры эксплуатации и ремонта оборудования, создание самостоятельных систем охлаждения такого оборудования.
- Следует предусматривать устройство защитных кожухов на масло- и мазутопроводах, обротовки и поддонов в местах установки маслонасосов и маслобаков, установку баков сбора масла из поддонов и от защитных кожухов и мазута от кожухов мазутопроводов, обротовку площадок ремонта оборудования, исключение попадания мазута в конденсат подогревателей, подачу обводненного мазута для сжигания в котлах без отделения содержащейся в нем воды, предотвращение фильтрации мазута в грунт из резервуаров и сливных лотков.

После очистки

- После очистки сточные воды необходимо использовать на технологические нужды электростанции вместо природной воды (водоподготовительные установки, подпитка систем оборотного водоснабжения и т.п.).
- Если для охлаждения вращающихся механизмов используется вода из СОО с градирнями, воду следует возвращать в систему охлаждения после очистки от нефтепродуктов
- Сброс сточных вод после очистных сооружений в водоемы не допускается, поэтому проектная схема должна исключать такую возможность.
- Допускается подача загрязненных нефтепродуктами сточных вод в систему хозяйственной фекальной канализации при наличии сооружений для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

- В систему отведения сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, необходимо направлять:
 - воды охлаждения подшипников и уплотнений сальников насосов и других вращающихся механизмов;
 - дренажные воды полов главного корпуса и вспомогательных помещений, которые могут содержать нефтепродукты;
 - сливы от сети аварийных маслостоков;
 - дождевые и талые воды от открытых складов масла, мазута, дизельного топлива и других территорий, загрязняемых в процессе эксплуатации;
 - конденсат с концентрацией мазута более 5 г/м^3 , отмывочные воды фильтров конденсатоочистки.
- Система отведения таких сточных вод должна быть полностью изолирована.

Схема очистки промывочных сточных вод



Сокращение количества и очистка сточных вод химических промывок и консервации оборудования

- Для сбора стоков от операции водных промывок, являющихся частью технологии химической очистки, сооружаются специальные открытые резервуары в виде бассейнов с двумя секциями: одна для отстаивания сточных вод от механических примесей, а другая для сбора полученной в первой секции осветленной воды, которую можно использовать повторно в циклах ТЭС.
- Осаждение соединений железа происходит при обработке известковым молоком до соответствующего значения
- растворов ($\text{pH} \approx 10$) содержащих соляную и серную кислоту с фторидами, до
- растворов после очистки композициями на основе комплексонов до $\text{pH} = 11,5$
- растворов после очистки фталевой кислотой до
- после их аэрации в течение не менее двух суток

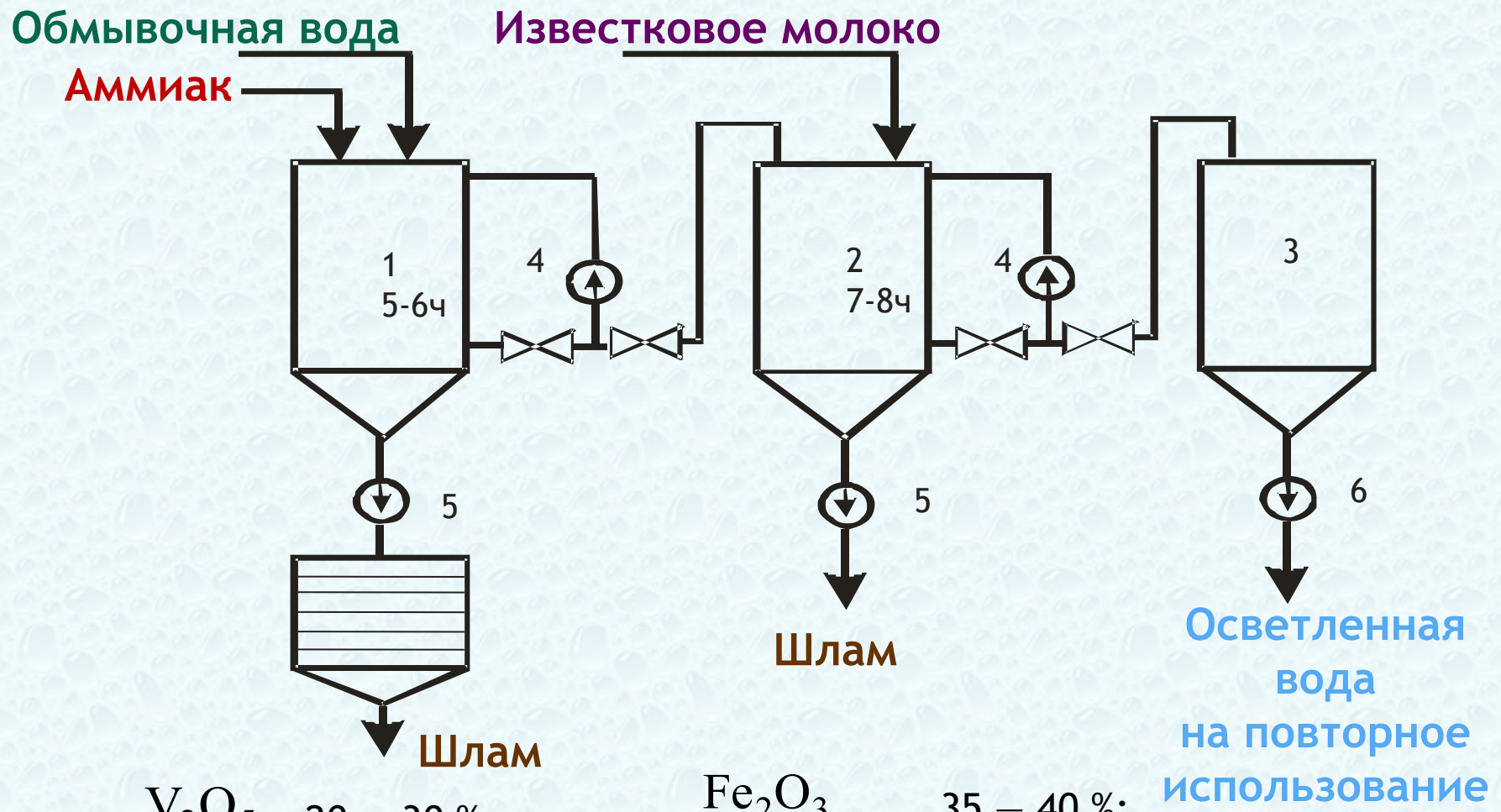
- Для осаждения **меди и цинка** из отработанных растворов, содержащих комплексоны, применяют сульфид натрия, который добавляется после отделения осадка гидроксида железа.
- При наличии **гидразина** раствор обрабатывают хлорной известью с расходом технического продукта около 1 кг/м^3 .
- Полученный шлам подается на нефилтруемыйшламоотвал, а осветленная вода подкисляется до $\text{pH}=6,5 \div 8,5$

Обезвреженная вода может быть использована

- ✓ на угольных ТЭС — подача воды из отстойников в систему ГЗУ, работающей по замкнутому оборотному циклу;
- ✓ на ТЭС любого типа — подача воды из отстойников на сжигание в топку котла через специально смонтированную форсунку;
- ✓ сброс в хозяйственно-бытовую канализацию (по согласованию с соответствующими органами), имеющую в своем составе сооружение полной биологической очистки, обеспечивающее доочистку этих вод от органических соединений.

- Значительное сокращение количества химических промывок, следовательно, и количества сточных вод этого типа, можно обеспечить путем подпитки котлов добавочной водой соответствующего качества.
- Так, подпитка котлов марки ТГМЕ-464 на Саранской ТЭЦ-2 дистиллятом испарителей обеспечила их эксплуатацию в течение свыше 15 лет без водно-химических промывок.

Схема установки для обезвреживания и нейтрализации в две стадии обмывочных вод котлов и РВП



V_2O_5 20 – 30 %;
 Fe_2O_3 40 – 60 %;
 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 8 – 10 %;

Fe_2O_3 35 – 40 %;
 NiO_3 2 – 3 %;
 CuO 40 – 55 %;
 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ %;

- При обработке обмывочных вод в две ступени на первом этапе добавляют гидроксид натрия до $\text{pH}=4,5 \div 5,0$
- Объем шлама после 5–6-часового отстаивания составляет в среднем 20 % объема обмывочной воды и содержит до 5,5 % твердого вещества, в том числе:

соединения ванадия	V_2O_5	20 – 30 %;
соединения железа	Fe_2O_3	40 – 60 %;
гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	6 – 10 %;
другие вещества		10 – 20 %.

- Осветленную воду перекачивают во второй бак-нейтрализатор и обрабатывают известковым молоком до $\text{pH}=9,5 \div 10,0$
- После 7—8-ми часового отстаивания объем шлама составляет около 25 % объема обработанной воды, а концентрация твердого вещества достигает 9 %.
- Основные компоненты этого шлама:

соединения железа	Fe_2O_3	35 – 40 %;
соединения никеля и меди	NiO_3 и CuO	2 – 3 %;
гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 – 55 %;
другие вещества		10 – 15 %.

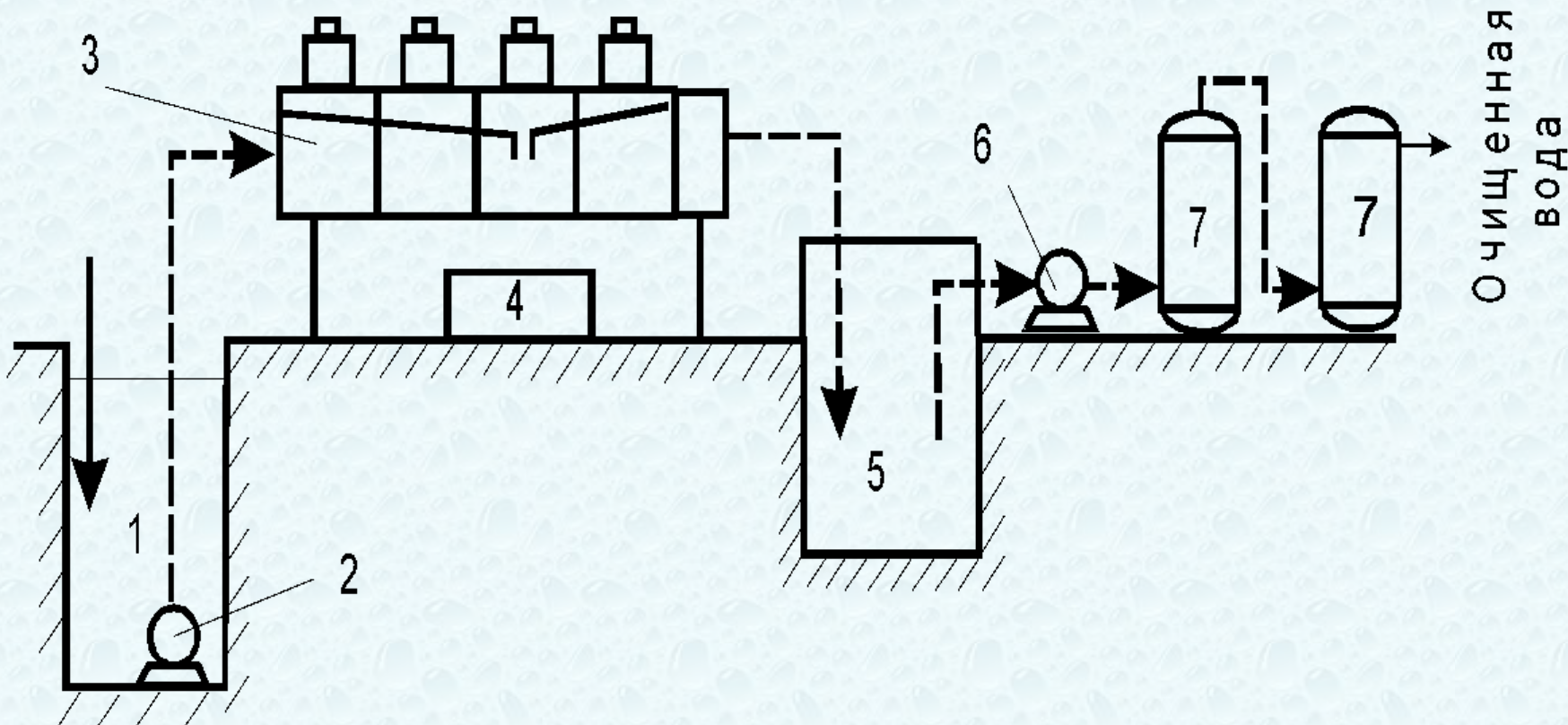
- Кроме того, в осадке содержится инертная часть известкового молока.
- Повышенное содержание ванадия в шламе, полученном на первой ступени, упрощает его использование в металлургии.
- Экспериментально отработана технология, включающая в себя нагрев воды до кипения при добавлении соды и окислителей ($\text{pH}=1,4 \div 2$). При этом концентрация V_2O_5 в осадке достигает 60 %.
- Шлам после второй стадии обработки направляется на шламонакопитель с противотрифильтрационным покрытием, объем которого рассчитывается на 10 лет работы ТЭС на полной проектной мощности. Осветленная вода после второй ступени обработки и из шламонакопителя используется снова для обмывки. Эти воды имеют обычно
- pH от 9,5 до 10,0 и содержат около 2 кг сульфата кальция на 1 м^3 . Концентрация ванадия, никеля, меди и железа в них обычно не превышает $0,1 \text{ г/м}^3$. Однако в связи с использованием едкого натра на первой стадии обработки в этих водах происходит накопление сульфата натрия

- Нейтрализованную воду и шлам допускается направлять в систему гидрозолоудаления при условии ее работы по замкнутой оборотной схеме и соблюдения водного баланса системы.
- Система отведения обмывочных вод должна быть полностью изолированной и не иметь связи с другими системами водоотведения и выпуском вод в водоисточник.
- При несоблюдении этих условий для хранения шламов сооружается отдельный недренируемый шламонакопитель.
- Недостаток существующих технологических схем — трудности соблюдения техники безопасности, что связано с повышенной токсичностью сточных вод и шламов.

Очистка поверхностных сточных вод ТЭС

- Технология обработки и пути утилизации таких сточных вод зависят от их количества и конкретного состава. Возможна их подача в системы ГЗУ или СОО, использование в качестве исходных на ВПУ; допускается сброс в водоемы, если их состав близок к составу воды в этом водоеме.
- Основные загрязнители этого типа сточных вод, – нефтепродукты и взвешенные вещества.
- В целях уменьшения выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком необходимо предусматривать различные организационные мероприятия:
 - исключение сброса в дождевую канализацию загрязняющих веществ;
 - организацию регулярной уборки территории;
 - проведение своевременного ремонта дорожных покрытий;
 - ограждение зон озеленения бордюрами, исключающими смыв грунта во время ливневых дождей на дорожные покрытия;
 - упорядочение складирования нефтепродуктов, кислот, щелочей, солей и других веществ, которые могут загрязнять поверхностный сток и др.
- Система отведения поверхностных сточных вод с территории электростанции должна быть, как правило, самостоятельной и не иметь связи с другими системами водоотведения (до очистки поверхностного стока).

Принципиальная схема очистки поверхностных СТОЧНЫХ ВОД



1 - резервуар грязной воды, 2 и 6 - перекачивающие насосы, 3 - флотатор, 4 - емкость для сбора пенопродукта, 5 - резервуар чистой воды, 7 - фильтры.

- Поверхностные сточные воды с производственных территорий, проходя через решетку, собираются в емкости-отстойнике 1, из которого насосами 2 откачиваются в верхнюю часть пневматической флотационной машины типа ПФМ-0,5 с тонкослойным блоком осветления.
- Вода собирается в резервуаре 5 и затем дочищается в механических фильтрах 7.

- **Сброс сточных вод после очистных сооружений в водоемы не допускается**, поэтому проектная схема должна предусматривать их использование для технологических целей ТЭС или сброс в городскую канализационную систему.
- На большинстве действующих ТЭС отсутствует система очистки этих сточных вод. На некоторых имеются типовые установки пруды-отстойники с хворостяными фильтрами.

- **Другой способ очистки сточных вод** – сбор в специальные емкости и очистка на установках, включающих в себя отстойники и фильтры, загруженные антрацитом или активированным углем.
- Отстойник должен быть оборудован устройствами для равномерного (по ширине) впуска и выпуска сточных вод, а также устройствами для задержания и периодического удаления всплывающих примесей (нефтепродуктов) и накапливающегося осадка.
- Всплывающие примеси отводятся в специальные сборники, где выдерживаются в течение нескольких суток для отделения нефтепродуктов. Нефтепродукты направляются на сжигание, а вода и шлам – обратно в отстойник.
- Удаление осадка из отстойника осуществляется с помощью гидроэлеваторной установки или насосами, предназначенными для перекачки шламов с высоким содержанием механических примесей.
- Обезвоживание осадка происходит на иловых площадках, которые разделяются на карты, оборудованные устройствами для отвода иловой воды.

Утилизация сточных вод ВПУ

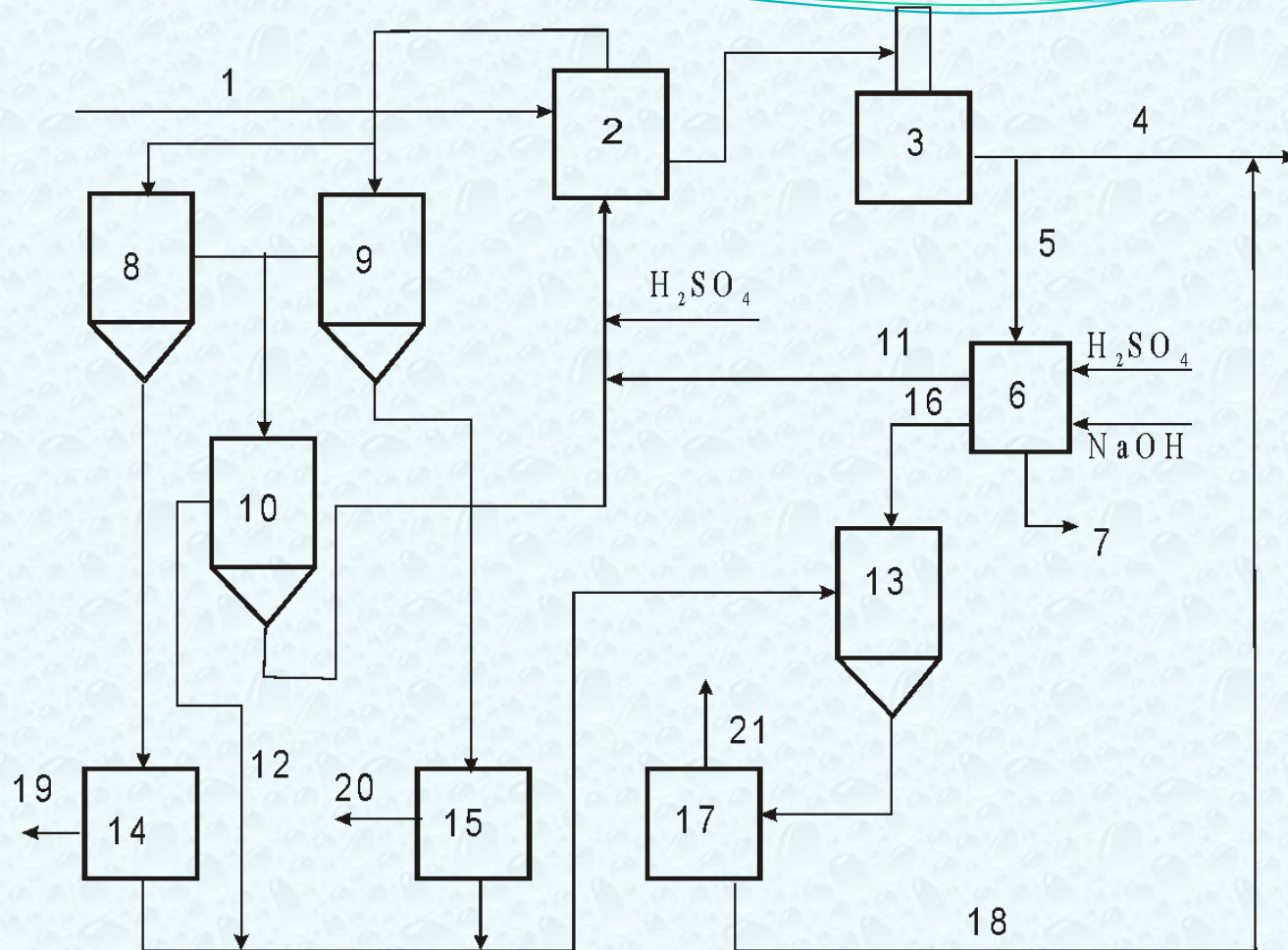
- Для утилизации сточных вод предочистки на ТЭС сооружают шламоуплотнительные станции, в которых шлам обезвоживается, а вода возвращается в технологический цикл.
- Обезвоженный шлам осветлителей, прежде всего известковый, используется для производства извести, в строительстве, для раскисления почв и т.п.
- Предлагается многократное использование регенерационных сточных вод в цикле ВПУ и применение более совершенных технологий ионного обмена.

Снижение расхода реагентов

- Эффективным методом снижения расхода реагентов и соответствующего уменьшения сброса сточных вод и минеральных примесей может стать замена традиционного для отечественной практики многоступенчатого прямоточного химического обессоливания на противоточное.
- Однако применение даже самых совершенных технологий ионного обмена не может исключить образования сточных вод повышенной минерализации.
- В связи с этим разработано большое число способов обработки и утилизации регенерационных сточных вод ВПУ, в том числе получение их в виде растворов, пригодных для применения в сельском хозяйстве (в виде удобрений).
- Применение мембранных установок для концентрирования сточных вод и их регенерации с получением исходных растворов кислоты и щелочи, сброс стоков в топки паровых котлов, впрыск стоков в дымоходы котлов перед электрофильтрами, вывоз продуктов упаривания стоков в моря и океаны и др.

Принципиальная схема ВПУ с утилизацией сточных вод

Проект для ТЭЦ ОАО «Самараэнерго» $Q=6000 \text{ м}^3/\text{ч}$

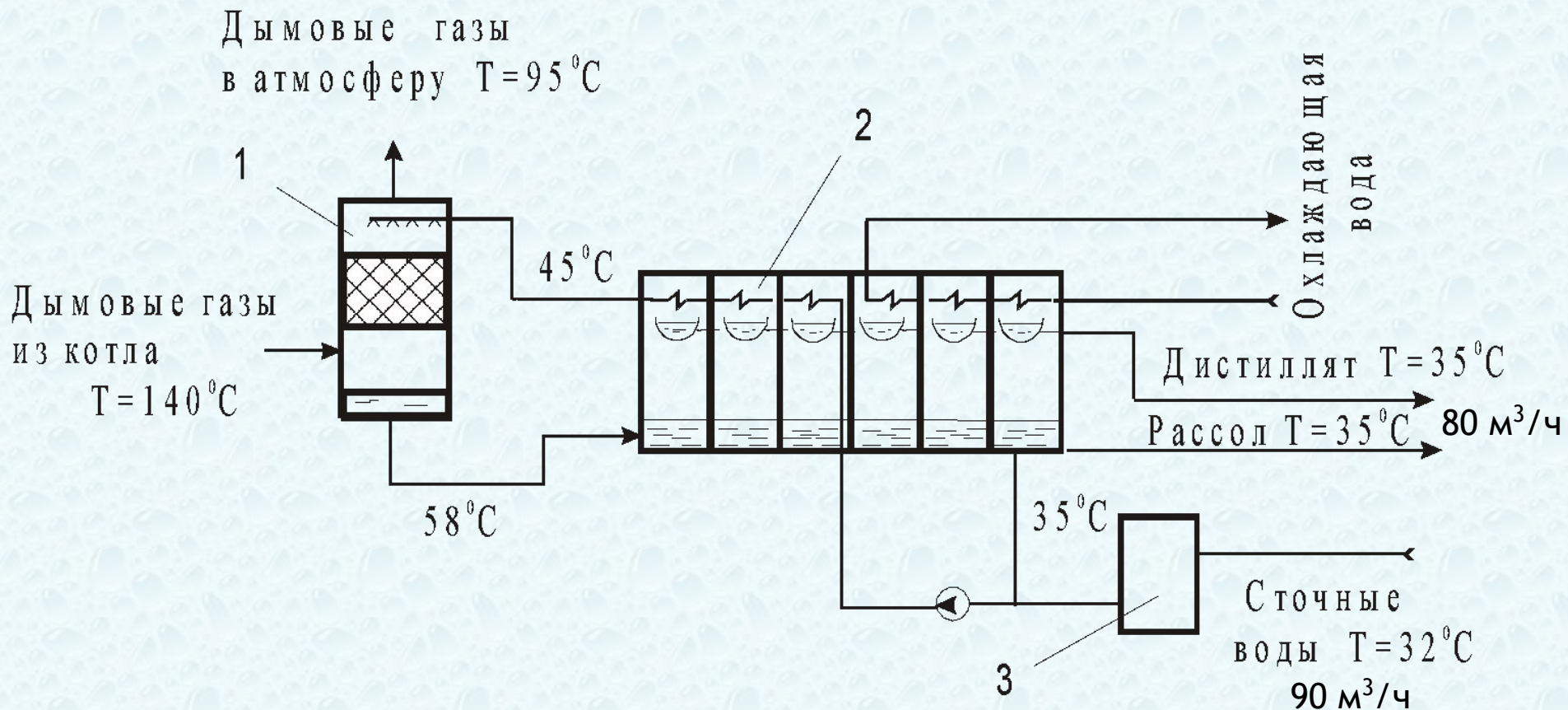


1 - исходная вода; 2 - Н-кат. фильтр; 3 - декарбонизатор; 4 - попитка теплосети; 5 - поток на ХОУ; 6 - хим.обессоливающая установка; 7 - подпитка котлов; 8 - отстойник; 9 - кристаллизатор; 10 - бак; 11 - кислые стоки ХОУ; 12 - осветленный раствор; 13 - реактор; 14, 15, 17 - шламоуплотнительная установка; 16 - щелочные стоки ХОУ; 18 - осветленная вода в теплосеть; 19, 20, 21 - обезвоженные осадки на использование или нашламоотвалы.

- Исходная водопроводная вода 1 поступает на Н-катионитные фильтры 2, а затем в декарбонизаторы 3. Основной поток декарбонизированной воды подается в теплосеть, а ее часть 5 поступает на ХОУ 6.
- Обессоленная вода 7 используется для подпитки котлов.
- Взрыхляющая вода и маломинерализованная часть отмывочных вод процесса регенерации фильтров 2 собираются в отстойнике 8.
- Пересыщенные по сульфату кальция сточные воды подаются снизу вверх в кристаллизатор 9, где во взвешенном состоянии находится ранее образовавшийся гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

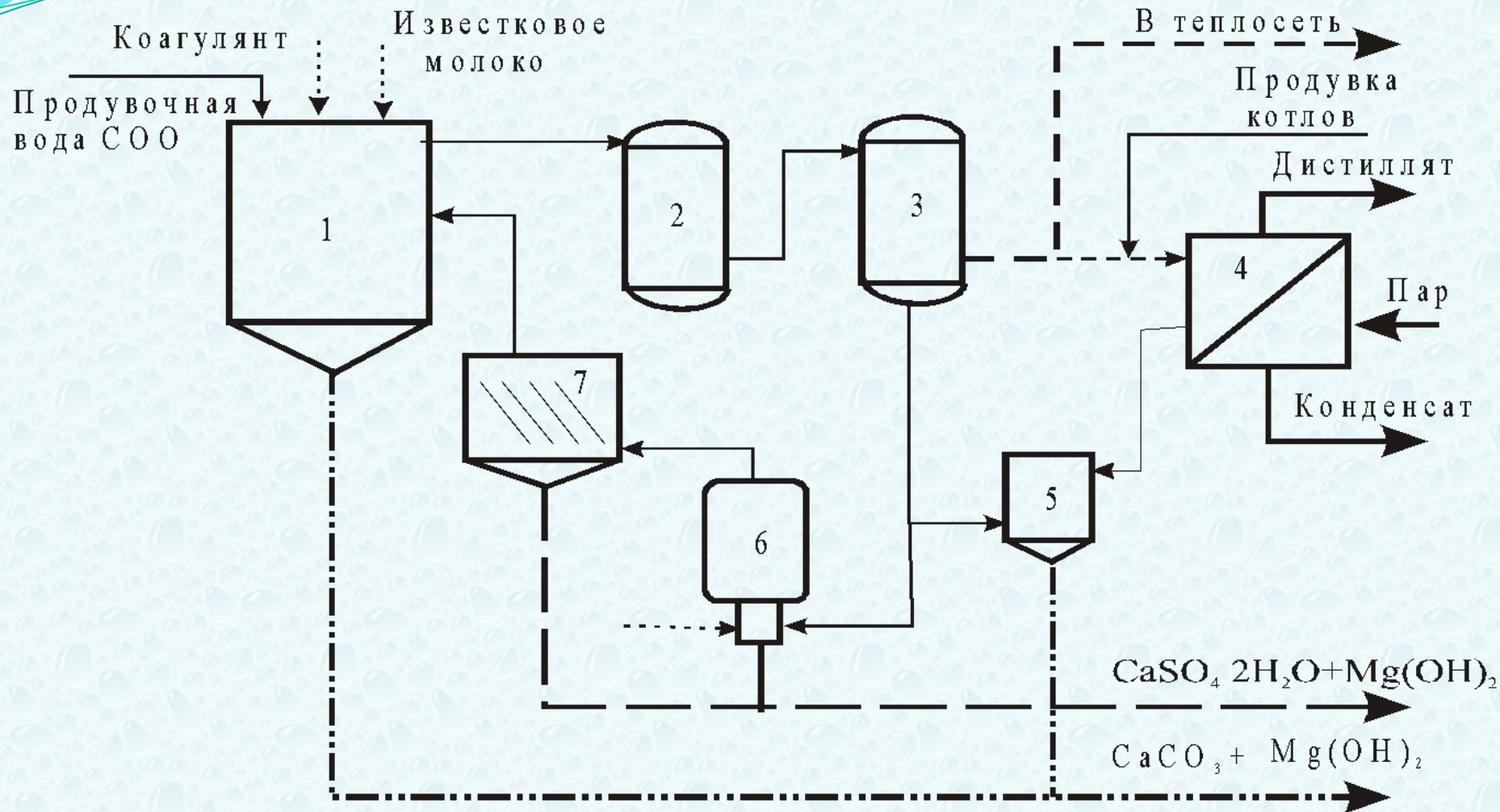
- Осветленная вода из аппаратов 8 и 9 собирается в баке 10 и используется при взрыхлении, регенерации и отмывке фильтров 2.
- Для регенерации этих фильтров применяются также кислые сточные воды 11 ХОУ 6.
- Избыток осветленного раствора 12 из бака 10 направляется в реактор 13.
- Осадки из аппаратов 8 и 9 подаются на ШУС 14 и 15.
- Фильтрат этих ШУС вместе с потоком 12 подается в реактор 13, где смесь обрабатывается отработанными щелочными растворами 16 ХОУ 6.
- В результате образуется осадок, основным компонентом которого является гидроксид магния.
- Осадок обезвоживается на ШУС 17, а осветленный раствор 18 смешивается с декарбонизированной водой 4, подаваемой в теплотель.
- Частично обезвоженные на ШУС осадки 19 и 21, содержащие соответственно продукты взрыхления фильтров 2, гипс и гидроксид магния пригодны для полезного использования либо длительного безопасного хранения.

Принципиальная схема выпарной установки на сточных водах



1 -скруббер; 2 - многоступенчатый испаритель мгновенного вскипания; 3 - узел подготовки исходной воды(фильтрация, нейтрализация, деаэрация);

Установка для переработки сточных вод Саранской ТЭЦ-2



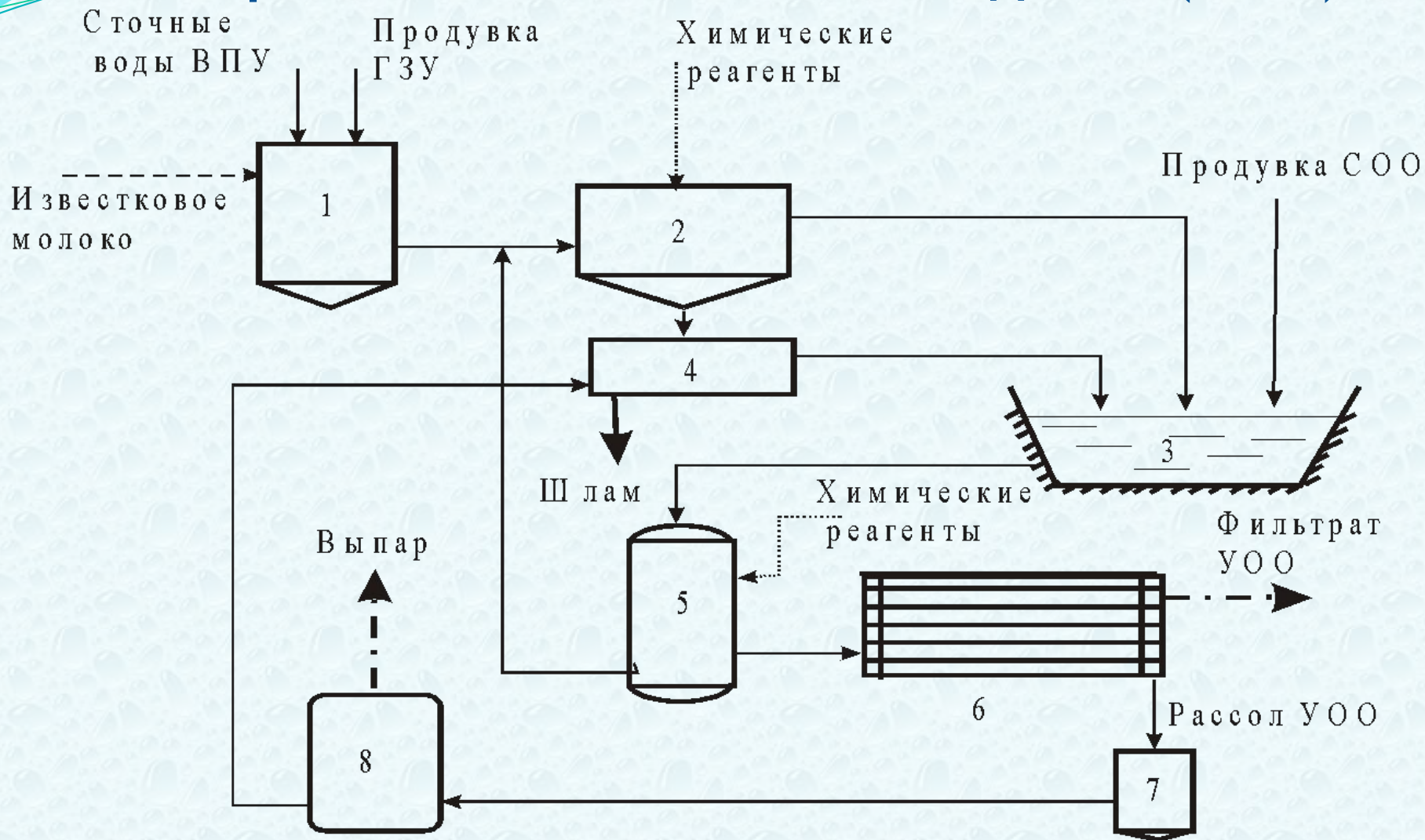
1 - осветлитель; 2 - механический фильтр; 3 - двухступенчатая Na-катионитовая установка; 4 - испарительная установка; 5 - узел приготовления регенерационного раствора; 6 - кристаллизатор; 7 - пластинчатый осветлитель

- По этой схеме продувочная вода COO направляется в осветлитель 1, где обрабатывается раствором извести и коагулянтами.
- Далее вода очищается в механических фильтрах 2 и поступает на Na -катионитовые фильтры 3.
- Часть умягченной воды направляется на подпитку теплосети, а другая часть смешивается с продувкой котлов и направляется на многоступенчатую испарительную установку 4.
- Полученный дистиллят направляется в цикл паротурбинной установки на восполнение потерь пара, а продувка испарителя используется для приготовления регенерационного раствора для ионообменных фильтров в баке-реакторе 5.
- Избыток отработанного регенерационного раствора поступает на кристаллизатор 6, где нагревается паром.

Безреагентные методы обработки СТОЧНЫХ ВОД

- В мировой практике широкое распространение получили мембранные методы обработки исходных и сточных вод с целью снизить негативное воздействие ВПУ на окружающую среду.
- В последнее время и в нашей стране возобновились работы по использованию в системах водоподготовки установок *обратного осмоса (УОО)* и *электродиализных установок (ЭДУ)*.
- Проводится промышленная апробация УОО производительностью 50 м³/ч на ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго».
- На Нижнекамской ТЭЦ-1 запущена в опытную эксплуатацию импортная УОО производительностью 170 м³/ч.
- Обе установки включены перед установками химического обессоливания (ХОУ).
- Полученные результаты подтвердили высокое качество фильтрата, которое позволяет значительно сократить расход реагентов на его последующее дообессоливание.
- При работе по такой схеме сброс сточных вод может быть полностью исключен, а расход хлорида натрия сведен до минимума. Однако достигается это использованием более дорогой соды С, а также извести И.

Комбинированная технология по переработке минерализованных сточных вод ВПУ (США)



- 1 - бак-нейтрализатор; 2 - осветлитель; 3 - пруд-отстойник; 4 - шламоуплотнитель;
5 - бак предварительной очистки; 6 - мембранная установка обратного осмоса (УОО);
7 - бак для сбора рассола; 8 - испаритель

- Продувочные воды ГЗУ подаются в бак-нейтрализатор 1, где обрабатываются известковым молоком. Затем они направляются в осветлитель 2 и обрабатываются химическими реагентами.
- Осветленная вода сбрасывается в пруд-отстойник 3, куда поступает продувка СОО.
- После обработки химреагентами в баке предварительной очистки 5 стоки проходят через мембранную установку обратного осмоса 6. Фильтрат после ионообменного дообессоливания используется для восполнения потерь пара и конденсата в котлах ТЭС.
- Рассол УОО собирается в баке 7, затем подвергается дополнительному концентрированию в испарителях 8. Осадок после обезвоживания в шламоуплотнителе 4 сбрасывается на шламоотвал, а дистиллят испарителей используется в схеме ТЭС.

СХЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС С ПОЛНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ СТОЧНЫХ ВОД

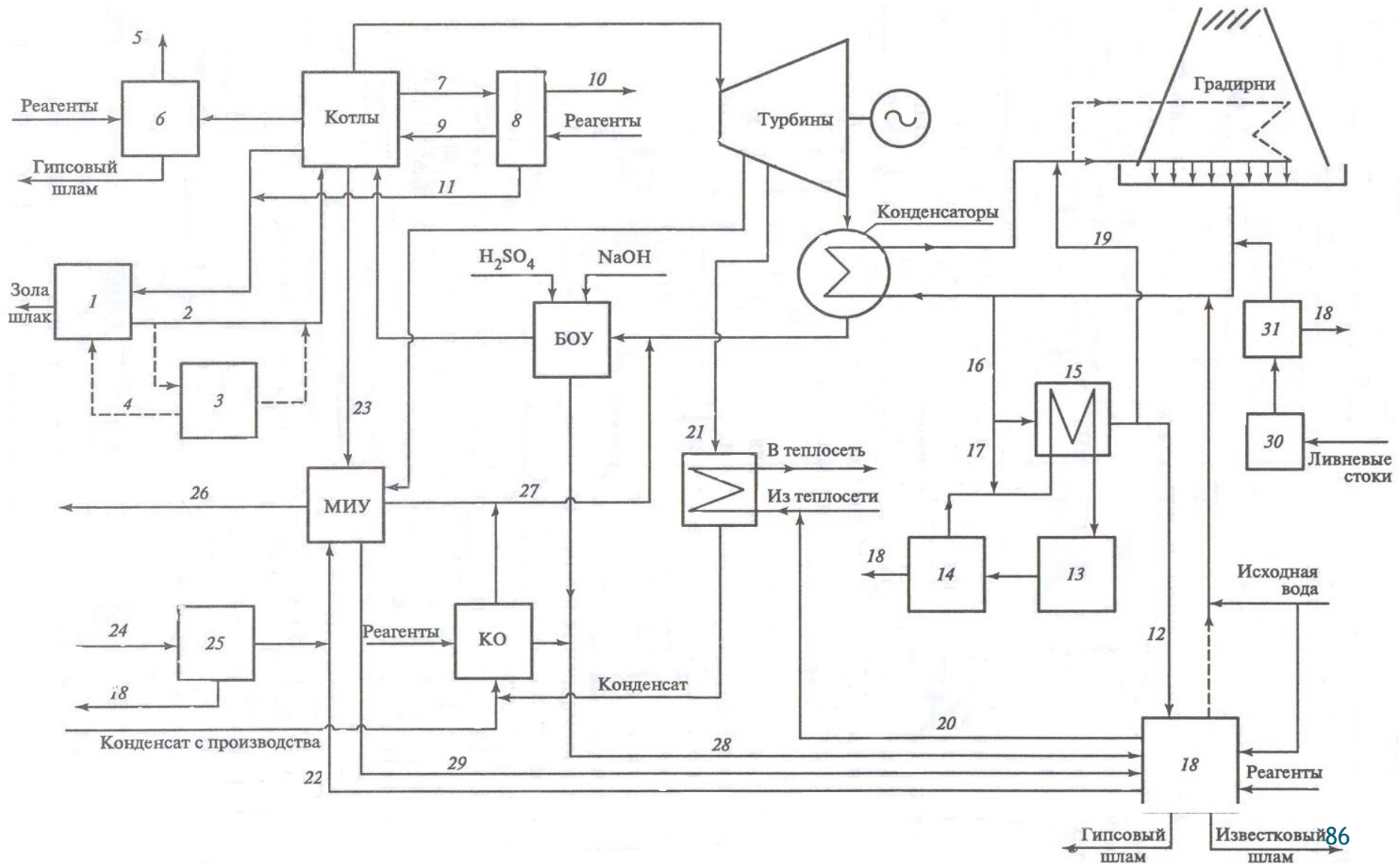


СХЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС С ПОЛНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ СТОЧНЫХ ВОД

- 1 - золоотвал; 2 - осветленная вода; 3 - установка локальной очистки во ГЗУ; 4 - твердые отходы на ЗО; 5 - дымовые газы в атмосферу; 6 - газоочистное оборудование;
- 7 - промывочные и обмывочные сточные воды; 8 - установка очистки сточных вод; 9 - повторное использование очищенных вод; 10 - ванадийсодержащий шлам; 11 - шламовые воды; 12 - продувочные воды ССО;
- 13 - масло- и газоохладители; 14 - оборудование, использующее масло и нефтепродукты; 15 - теплообменники; 16 - охлаждающая вода маслоохладителей; 17 - восполнение потерь свежей водой в системе маслоохладителей; 18 - уловленные нефтепродукты на сжигание в котлах; 19 - сброс в СОО;
- 20- умягченная вода на подпитку теплосети; 21 - сетевой подогреватель; 22 - умягченная вода на испарители; 23 - продувка котлов; 24 - конденсат мазутного хозяйства; 25 - мазутоочистка; 26 - пар на мазутное хозяйство; 27 - дистиллят на подпитку котлов; 28 - сточные воды КО и БОУ; 29 - продувка МИУ; 30 - приямок для сбора ливневых вод; 31 - узел очистки ливневых вод.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

