

А. И. СОРОКИН

•
ОБОРОТНОЕ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
САХАРНЫХ
ЗАВОДОВ

А. И. СОРОКИН

**ОБОРОТНОЕ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
САХАРНЫХ
ЗАВОДОВ**

*Приложение к журналу "Сахарная свекла:
производство и переработка"*



**МОСКВА
ВО · АГРОПРОМИЗДАТ ·
1989**

ББК 36.84

С 65

УДК 664.1:62.1

Редактор Шарудина И. В.

Сорокин А. И.

С 65 **Оборотное водоснабжение сахарных заводов: Прил. к журналу "Сахарная свекла: производство и переработка". — М: Агрпромиздат, 1989. — 175 с.: ил.**

ISBN 5-10-000905-5

Описаны характерные для сахарных заводов системы производственного водоснабжения с оборотным использованием воды, а также смешанные системы.

Изложены методы измерения расхода воды в самотечных коллекторах и трубопроводах, в напорных трубопроводах.

Для инженерно-технических работников сахарных заводов.

С $\frac{4001060000 - 451}{035 (01) - 89}$ Подписное

ББК 36.84

ISBN 5-10-000905-5

© А. И. Сорокин, 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

На современном этапе экономического развития нашего государства подчеркивается необходимость создания и более широкого применения передовых технологий. В связи с этим указывается на необходимость сокращения темпов строительства водоохраных объектов, увеличения эффективности систем оборотного и повторного использования воды, создания на предприятиях замкнутых систем водопользования, улучшения охраны водисточников от истощения и загрязнения.

Курс КПСС на перестройку связан не только с разработкой и повсеместным внедрением новых технологических процессов, которые гарантируют удовлетворение потребностей страны в продукции высокого качества, но и в обеспечении комплексного использования природных ресурсов, резкого снижения уровня загрязненности окружающей среды.

Производство сахара из свеклы сопряжено со значительным расходом воды. Для производства 1 т сахара требуется более 200 м³ воды. Объемность свеклосахарного производства является одной из самых высоких среди других отраслей пищевой промышленности.

Современный свеклосахарный завод — это крупное предприятие, которое в сутки перерабатывает около 6 тыс. т свеклы и производит при этом около 700 т сахара. Для переработки такого количества свеклы требуется не менее 125 тыс. м³ в сутки воды различного качества.

Водное хозяйство современного свеклосахарного завода представляет собой сложный и очень важный участок производства, от правильной и эффективной эксплуатации которого в значительной степени зависит ритмичная работа завода, а также технико-экономические показатели производства.

Основными источниками водоснабжения сахарных заводов являются малые реки, озера, пруды и водохранилища, которые играют также и важную роль в области обводнения территории, регулирования поверхностного стока и ведения рыбного хозяйства. В ряде мест они служат источниками хозяйственного и питьевого водоснабжения прилегающих населенных пунктов.

Поэтому рациональное использование воды в производстве сахара из свеклы, а также снижение расхода свежей воды и количества сточных вод всегда актуально.

Одним из направлений в снижении расхода свежей воды и количества сточных вод в сахарном производстве является применение оборотного водоснабжения, которое позволяет повторно использовать отработавшие воды после соответствующей очистки на те же операции, технологические и теплотехнические процессы.

Основная цель книги — дать требования к качеству воды для различных технологических процессов; нормативные расходы воды и балансы воды в оборотных системах; методы очистки и кондиционирования воды в оборотных системах.

Автор выражает признательность за предоставленную возможность ознакомиться как с проектными материалами, так и с результатами научно-исследовательских работ, выполненными в различных организациях.

Глава 1

СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

СХЕМЫ И ВИДЫ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вода в сахарном производстве используется как хладоноситель при охлаждении продуктов через стенку, при конденсации водяных паров, которая происходит в результате охлаждения через стенку, или при непосредственном контакте, смешении. В значительных количествах вода также используется как среда, поглощающая и транспортирующая механические примеси.

В свеклосахарном производстве вода может применяться в качестве растворителя и химического реагента в технологических процессах (выщелачивание сахарозы из свеклы в диффузионном процессе, промывка фильтрационного осадка и сахара в центрифугах, гашение оксида кальция и приготовление известкового молока).

Кроме того, вода может использоваться в производстве сахара комплексно, т. е. быть средой, поглощающей и транспортирующей механические примеси, и одновременно служить хладоносителем.

Промышленные предприятия, в том числе и сахарные заводы, для обеспечения своих потребностей в воде применяют различные системы производственного водоснабжения. По характеру использования воды производственное водоснабжение подразделяется на прямоточное, последовательное, оборотное, смешанное. Последний вид использования воды включает как прямоточное и последовательное, так и прямоточное и оборотное использование воды на предприятии.

Прямоточное использование воды промышленным предприятием предусматривает сброс отработавшей в производстве воды в водоем.

Последовательное использование воды заключается в том, что вода, отработавшая в одном каком-либо производственном процессе или агрегате, передается для повторного использования в других производственных процессах и агрегатах (аппаратах) без промежуточной обработки и охлаждения, после чего она возвращается в тот же водоем. Примером такого использования воды может служить использование лаверных вод для гидротранспорта фильтрационного осадка. В этом случае лаверная вода без очистки и охлаждения направляется на разбав-

ление фильтрационного осадка после вакуум-фильтров и последующего его гидротранспорта в отвалы.

Примером последовательного использования воды может также служить использование барометрической воды на смыв фильтрационного осадка в дисковых фильтрах, а также использование барометрической воды на увлажнение жома после глубокого отжатия, направляемого в хранилище.

Оборотное использование предусматривает многократное применение воды. Обратная вода перед каждым повторным использованием подвергается очистке и охлаждению, или только охлаждению, или только очистке. Системы оборотного водоснабжения в промышленности осуществляются в основном по трем схемам.

По первой схеме вода нагревается, не загрязняясь. В этом случае отработавшую воду подвергают только охлаждению, которое осуществляют на градирне, в брызгальном бассейне или пруду-охладителе. После охлаждения ее вновь направляют на использование.

По второй схеме вода только загрязняется, не нагреваясь. Здесь, для повторного направления отработавшая вода должна предварительно пройти специальную очистку. Методы очистки и аппаратура зависят от вида загрязнений и требований к качеству воды.

По третьей схеме вода нагревается и загрязняется. В этом случае отработавшую воду подвергают последовательной очистке и охлаждению, после чего она вновь используется.

Различают открытые оборотные системы водоснабжения и закрытые. Особенностью открытой системы является наличие устройств для испарительного охлаждения, к которым относятся градирни и брызгальные бассейны. В закрытых системах установки испарительного типа не применяются, в связи с чем потери воды на испарения ничтожно малые. В промышленности наиболее часто используют открытые оборотные системы с охладителями испарительного типа — градирнями. Особенностью открытой оборотной системы водоснабжения является необходимость сброса части воды из системы для стабилизации увеличения содержания и сбора других загрязнений в оборотной воде при ее рециркуляции.

Все оборотные системы подразделяются на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода используется в обороте после регенерации в одном или последовательно в нескольких технологических процессах. При централизованном водоснабжении вода после различных операций проходит обработку единым потоком, после чего возвращается в производство. При смешанном водоснабжении воды одной оборотной системы используются в другой оборотной системе (например, из охлаждающей — в экстрагенной, из экстрагенной — в транспортирующей).

Оборотные системы, работающие без вывода части оборотной воды,

называются замкнутыми. Свежая вода или вода из других систем используется в них только для восполнения потерь.

Особенностью замкнутой системы оборотного водоснабжения является исключение сброса оборотной воды из системы, а для стабилизации роста соледержания, сбора в оборотной воде других загрязнений часть воды выводится из системы и подвергается специальной обработке, например обессоливанию или фильтрации, после чего эта часть воды вновь направляется в оборотную систему. Большим резервом экономии свежей воды на промышленных предприятиях является применение взамен водяного охлаждения воздушного, а также других способов.

Применение на промышленном предприятии систем с последовательным использованием воды, особенно замкнутых оборотных систем водоснабжения, позволяет рационально использовать воду в производстве, снизить расходы свежей воды и количество сточных вод.

РАСХОД ВОДЫ В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Производство сахара из свеклы является одной из водоемких отраслей народного хозяйства. Так, для производства 1 т сахара из свеклы требуется более 200 м³ воды. Вода в свеклосахарном производстве используется для теплотехнических, технологических и механических процессов. Общий расход воды по заводу в значительной степени зависит от технологических схем завода, установленного оборудования и рационального использования ее на различные потребители, а также эффективности работы водоочистных сооружений и схем очистки воды.

Количество воды для теплотехнических нужд сахарного завода, таких, как конденсация вторичного пара в барометрических конденсаторах, отведение теплоты от продукта — охлаждение утфеля последнего продукта, а также охлаждение сатурационного газа, сублиматоров сернистых печей компрессоров сатурационного газа и вакуум-насосов, определяют из теплового баланса.

Значительная часть общей потребности в воде сахарного завода обеспечивается за счет систем оборотного водоснабжения и только незначительная часть за счет технически свежей (прудовой, речной) и питьевой воды, которая и составляет водопотребление завода. Использование потребителями сахарного завода вместо оборотной воды свежей ведет к росту водопотребления и соответственно к повышению количества сбрасываемых сточных вод.

БАЛАНС ВОДЫ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Функционирование оборотных систем водоснабжения возможно при условии, что баланс воды в системе поддерживается постоянным, то есть соблюдается равенство:

$$\Sigma W_{\text{пост}} = \Sigma W_{\text{убыль}} \quad (1.1)$$

где $\Sigma W_{\text{пост}}$ — количество воды, поступающей в оборотную систему, м³/ч;
 $\Sigma W_{\text{убыль}}$ — количество воды, убывающей из системы, м³/ч.

Виды потерь воды в открытых оборотных системах можно разделить на физические и технологические. Под физическими понимают неизбежные потери воды, которые являются минимально возможными для любой системы и определяют водно-химический режим оборотной системы. К ним относятся: потери воды на испарение ($W_{\text{исп}}$); потери воды, уносимой ветром в виде капель ($W_{\text{ун}}$); потери воды на фильтрацию из различных сооружений системы ($W_{\text{ф}}$).

Величины этих потерь в оборотной системе зависят прежде всего от теплового режима оборотной системы, климатических условий, а также конструктивных особенностей применяемого охладителя, очистных сооружений и ряда других факторов. Для конкретной оборотной системы их определяют на основании расчетов или на основании данных опытной эксплуатации.

Технологические потери воды в оборотных системах зависят прежде всего от специфики производства, применяемых технологических процессов и конструктивных особенностей оборудования, а также от степени упорядочения водного хозяйства предприятия. Они складываются из безвозвратного потребления и потерь в производстве. Это прежде всего сбросы воды из системы с целью ее обновления ($W_{\text{сбр}}$), унос воды с осадками при очистке воды, а также унос воды с готовой продукцией, полуфабрикатами и отходами ($W_{\text{отх}}$), объемы воды, передаваемые в другие оборотные системы ($W_{\text{пер}}$), а также отбор воды на хозяйственные нужды ($W_{\text{хоз}}$).

Пополнение оборотной системы водой ($W_{\text{под}}$) для компенсации потерь осуществляется непосредственным добавлением свежей воды в систему ($W_{\text{св.воды}}$), а также может осуществляться за счет поступления в системы воды, содержащейся в исходном сырье, полуфабрикатах ($W_{\text{сыр}}$), за счет передачи части воды из других оборотных систем ($W_{\text{др.с}}$). Кроме этого, в ряде случаев компенсация потерь воды проводится за счет конденсата пара, который непосредственно поступает в оборотную воду ($W_{\text{конд}}$). В этом случае такой вид подпитки оборотной системы называется скрытый.

Для каждой оборотной системы характерны свои разновидности потерь воды и их компенсации. Для любой оборотной системы имеется равенство между суммарным количеством потерь воды в системе ($W_{\text{пот}}$) и суммарным количеством поступившей воды в оборотную систему ($W_{\text{под}}$), т. е.

$$\Sigma W_{\text{пот}} = \Sigma W_{\text{под}} \quad (1.2)$$

или

$$\begin{aligned}
 & W_{\text{исп}} + W_{\text{уп}} + W_{\text{ф}} + W_{\text{сбр}} + W_{\text{отх}} + W_{\text{пер}} + W_{\text{хоз}} = \\
 & = W_{\text{св.вод}} + W_{\text{сыр}} + W_{\text{др.с}} + W_{\text{конд.}}
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

Все виды потерь, которые характерны для оборотных систем, за исключением потерь на испарение, являются по отношению к системе продувкой ($W_{\text{пр}}$), так как эти виды потерь воды уносят также и все виды загрязнений, содержащиеся в циркуляционной воде.

Все виды пополнения оборотных систем водой являются по отношению к оборотной системе подпиткой. Тогда равенства (1.2) и (1.3) можно записать в следующем виде: $W_{\text{исп}} + W_{\text{пр}} = W_{\text{под}}$ (1.4).

При многократной рециркуляции воды в оборотной системе в ней накапливаются различные примеси. Их поступление происходит в основном при непосредственном контакте воды с транспортирующим сырьем, отходами, при переходе и утечке технологических растворов и других примесей в оборотные воды.

Примеси и взвешенные вещества могут накапливаться также вследствие биологических обрастаний охлаждающих поверхностей, контактирующих с оборотной водой, а также из-за взвеси, содержащейся в воде, используемой для подпитки оборотной системы.

Ухудшение качества оборотной воды в открытых оборотных системах происходит также и в результате увеличения соледержания воды из-за испарения части оборотной воды при охлаждении и поступлении солей в оборотную систему с подпиточной водой.

Для стабилизации качества оборотной воды и поддержания в ней необходимой концентрации какого-либо вещества прибегают к сбросу части оборотной воды ($W_{\text{сбр}}$) с заменой ее свежей водой в том же количестве $W_{\text{св.воды}} = W_{\text{сбр}}$. Определение количества воды, которое необходимо сбрасывать из системы, производят технологическим расчетом.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Техническое совершенство системы оборотного водоснабжения предприятия принято оценивать процентом использования оборотной воды:

$$P_{\text{об}} = W_{\text{об}} / (W_{\text{об}} + W_{\text{св.воды}}) \cdot 100.
 \tag{1.5}$$

Чем $P_{\text{об}}$ ближе к 100 %, тем совершеннее оборотная система. Для оборотной системы вод I категории главного корпуса сахарного завода этот показатель должен находиться в пределах 92–96 %. Однако на практике он значительно меньше из-за отбора воды из системы на другие потребители, добавки в систему свежей технической воды для снижения температуры оборотной воды и др. Среднее значение $P_{\text{об}}$ по стране составляет около 60 %, а на передовых предприятиях — 75–95 %.

Рациональность использования воды, забираемой из источника, характеризуется коэффициентом использования свежей воды:

$$K_{\text{св.воды}} = W_{\text{св.воды}} - W_{\text{сбр}} / W_{\text{св.воды}}, \quad (1.6)$$

который должен быть по возможности близким к 1. Среднее значение $K_{\text{св.воды}}$ по стране равно 0,27, а на передовых предприятиях — 0,75—0,84.

Процент безвозвратного потребления и потерь воды в системе оборотного водоснабжения от общего его расхода определяется по формуле

$$P = [(W_{\text{св.воды}} - W_{\text{сбр}}) / W_{\text{св.воды}} + W_{\text{посл}} + W_{\text{об}}] 100, \quad (1.7)$$

где $W_{\text{посл}}$ — количество воды, используемой последовательно, м³/ч.

Технико-экономическую оценку систем использования воды на предприятиях рекомендуется проводить в два этапа. На первом этапе осуществляется технико-экономическая оценка принятой технологии производства каждого продукта, технологической схемы (процесса) с учетом использования воды, очистки сточных вод и обработки осадков; на втором — технико-экономическая оценка принятой системы использования воды с учетом очистки сточных вод и обработки осадков всего предприятия в целом.

Оценка систем водного хозяйства осуществляется путем сравнения следующих показателей:

удельного расхода воды на единицу продукции, в том числе свежей; удельного расхода реагентов, электроэнергии и тепла на очистку сточных вод;

абсолютного количества отходов, образующихся при очистке сточных вод;

абсолютного количества товарного продукта, получаемого при очистке сточных вод, если таковой имеется;

себестоимости, рентабельности, фондоемкости, фондоотдачи;

годового экономического эффекта по приведенным затратам.

Кроме того, необходимо учитывать экологические показатели — состояние источников водоснабжения, воздушного бассейна, флоры и фауны.

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ

Одним из условий поддержания нормативных расходов воды на различные потребители сахарного завода, а также поддержания основных параметров работы очистных сооружений оборотного водоснабжения является измерение расхода оборотных и сточных вод.

ВНИИСПом разработана система контроля расхода воды и количества сточных вод для сахарных заводов, предназначенная для измерения

и регулирования расходов разных видов воды, а также поддержания оптимального водопотребления и водоотведения. Для измерения воды этой системой предусматривается применение в основном расходомеров, устанавливаемых на напорных трубопроводах.

Расход оборотных и сточных вод на сахарных заводах измеряют как в напорных трубопроводах, так и в открытых лотках и каналах.

Для измерения расхода воды в напорных трубопроводах применяют различные устройства. Их принцип действия основан на измерении перепада давления, создаваемого сужающим устройством, установленным в трубопроводе; измерении числа оборотов рабочего органа, установленного в потоке жидкости; измерении ЭДС, индуцируемой в потоке электропроводной жидкости, пересекающей магнитное поле; измерении высоты положения чувствительного элемента, находящегося в потоке жидкости и создающего необходимое проходное сечение потока жидкости.

Расходомеры переменного перепада давления. Наиболее широкое применение для измерения расходов воды в оборотных системах водоснабжения сахарных заводов находят расходомеры переменного перепада давления. В них используется зависимость перепада, создаваемого неподвижным устройством, установленным в трубопроводе, от расхода жидкости, протекающей по трубопроводу. Основным типом таких расходомеров являются расходомеры с сужающими устройствами. Они состоят из трех элементов: сужающего устройства, дифференциального манометра для измерения перепада давления (дифманометра-расходомера) и соединительных линий с запорной и предохранительной арма-

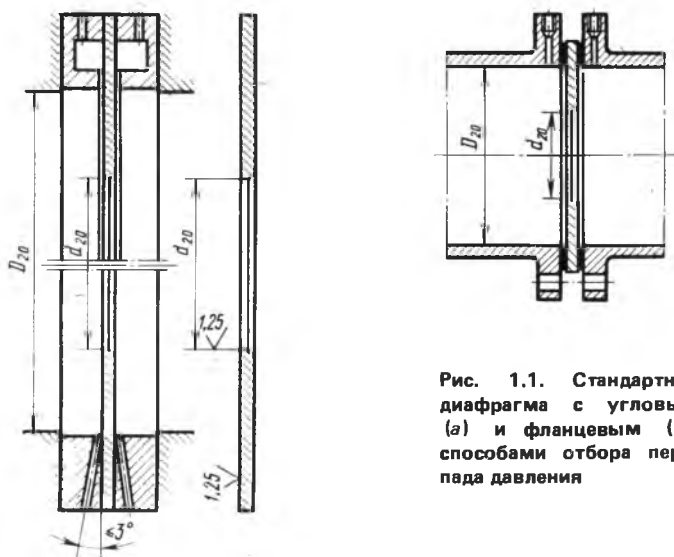
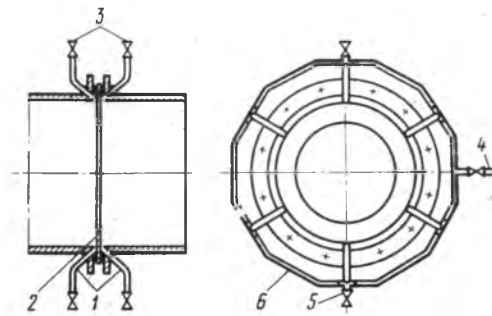


Рис. 1.1. Стандартная диафрагма с угловым (а) и фланцевым (б) способами отбора перепада давления

Рис. 1.2. Схема диафрагмы с камерами из кольцевой трубки:



1 — соединительные трубки; 2 — диафрагма; 3 — продувочный вентиль; 4 — соединение с дифманометром; 5 — спусковой вентиль; 6 — кольцевая трубка

турами. Из сужающих устройств применяют диафрагмы, сопла, сопла и трубы Вентури.

Сужающее устройство, установленное в трубопроводе, по которому протекает жидкость, создает местное сужение потока. Скорость в суженном сечении повышается, часть потенциальной энергии давления переходит в кинематическую, в результате чего статическое давление в этом сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность (перепад) этих давлений зависит от скорости движения (расхода) жидкости, протекающей по трубопроводу.

Диафрагмы. Стандартные диафрагмы могут быть с угловыми (рис. 1.1, а) или фланцевыми (рис. 1.1, б) способами отбора перепада давления.

Конструктивно диафрагмы могут быть выполнены камерными или бескамерными. В бескамерных диафрагмах отбор давлений осуществляется в отдельных точках с помощью отверстий в трубопроводе или фланцах. Кольцевые камеры предназначаются для осреднения и выравнивания давления по периметру сечения и повышения в результате этого точности измерения. Их выполняют в обоймах или ободах диафрагмы либо в кольцевой трубке, охватывающей трубопровод (рис. 1.2). Последнее исполнение применяют для труб диаметром больше 400 мм.

Соотношения основных размеров и технические условия изготовления камерных диафрагм регламентированы ГОСТ 14321—73 с изменениями "Диафрагмы камерные на P_y до 100 кгс/см² (10 МПа)". Камерные диафрагмы изготовляют для трубопроводов с условным переходом 50—500 мм на условные давления 0,6; 2,5; 4 и 10 МПа.

Соотношения размеров и технические требования на изготовление бескамерных диафрагм регламентированы ГОСТ 14322—73 "Диафрагмы бескамерные на P_y до 40 кгс/см² (4 МПа)". Бескамерные диафрагмы изготовляют на условные давления 0,25; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4 МПа и условные проходы соответственно до 1400 мм.

Диски диафрагм должны изготавливаться из сталей марок Х17, Х18Н10Т или Х17Н13М2Т (по ГОСТ 5632—72 с изменениями). Воз-

можно изготовление также из других материалов, не корродирующих под действием измеряемой среды.

Потери давления в диафрагмах с угловым и фланцевым способами отбора давлений можно определить по формуле

$$P_{\Pi} = \Delta P (1 - \alpha m) / (1 + \alpha m), \quad (1.8)$$

где ΔP — перепад давления, Па; α — коэффициент расхода жидкости сужающего устройства; m — модуль сужающего устройства ($m = d/D^2$, здесь d — диаметр отверстия сужающего устройства, мм; D — внутренний диаметр трубопровода перед сужающим устройством, мм).

Сопла Вентури. Форма и соотношение основных геометрических размеров стандартных сопел приведены на рис. 1.3. Точность измерения соплами несколько выше, чем диафрагмами благодаря отсутствию дополнительной погрешности на недостаточную остроту входной кромки.

Потерю давления в соплах можно определить по формуле

$$P_{\Pi} = \Delta P (1 - 1,4m). \quad (1.9)$$

В качестве сужающих устройств для расходомеров сопла в сахарной промышленности большого распространения не получили, так как потери напора в них намного меньше, чем в диафрагмах, а изготовление значительно сложнее. Более высокой точностью измерений и меньшими потерями напора обладают сопла Вентури. Их особенностью является то, что устье стандартного сопла снабжено конусом, который служит для уменьшения потерь напора. Коэффициенты расхода, поправочные множители и условия установки сопел Вентури также регламентированы РД 50-213-80.

В зависимости от длины и центрального угла конуса различают длинные и укороченные сопла Вентури. Для измерения расходов сточных вод предпочтение отдают укороченным соплам Вентури.

ВНИИ ВОДГЕО разработал принципы нормализации сопел Вентури для их серийного изготовления. Нормальными предусмотрено изготовление сопел Вентури двух типов: для труб с условным проходом 50–200 мм и с условным проходом 250–1400 мм. Сопла Вентури первого типа (рис. 1.4, а) выполнены с чугунным корпусом и соплом из цветных металлов, сопла второго типа (рис. 1.4, б) имеют стальной сварной корпус без фланцев и чугунное сопло, покрытое антикоррозионным составом.

Потеря напора в соплах Вентури зависит от длины и центрального угла выходного конуса и может быть определена по формуле

$$P_{\Pi} = 0,22\Delta P (1 - m). \quad (1.10)$$

Для измерения расхода сточной жидкости следует применять сопла Вентури с малыми сужениями ($m \geq 0,4$), так как в торцовых частях сопел с большим сужением могут скапливаться отложения взвешенных

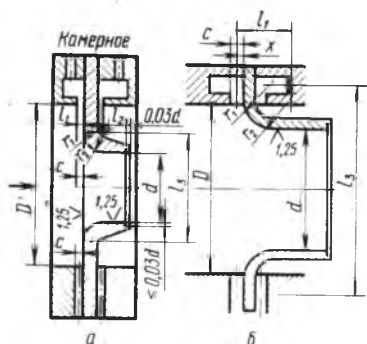
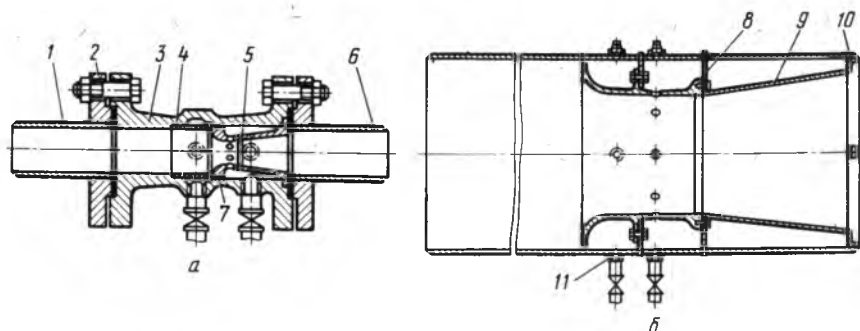


Рис. 1.3. Соотношения основных размеров стандартных сопел:

a — сопла с $m \leq 0,45$; b — сопла с $m > 0,45$;
 $x = 0,2d - \sqrt{0,75dD - 0,25D^2 - 0,5225d^2}$;
 $r_1 = 0,2d$; $r_2 = 0,333d$; $l_1 = 0,304d$; $l_2 = 0,3d$; $l_3 = 1,5d$; $E < 0,1D$; $L = 0,604d$;
 $3 \text{ мм} < C < 0,13d$

Рис. 1.4. Сопла Вентури:

1 — входной патрубок; 2 — фланец; 3 — корпус; 4 — вкладыш; 5 — сопло; 6 — выходной патрубок; 7 — резиновое уплотнительное кольцо; 8 — внутренний фланец; 9 — конус; 10 — ножки конуса; 11 — патрубок для отбора давления



частиц. При установке необходимо соблюдать соосность трубы и сопла, а также следить за тем, чтобы вблизи от сопла не было выступающих частей трубопровода, накладок или каких-либо дефектов в монтаже трубопровода, вызывающих искажение потока. Трубы для отбора давлений следует располагать в плоскости горизонтального диаметра трубы.

Трубы Вентури. Трубы Вентури были предложены ранее других сужающих устройств. Различают три конструктивных исполнения труб Вентури: А — стальные сварные из листового материала на $D_y = 200$ – 1400 , P_y = до $1,6$ МПа, Б — с литыми необработанными входными частями и обработанной горловиной на $D_y = 100$ – 800 мм, $P_y = 2,5$ МПа, В — с обработанным входным патрубком, конусом и горловиной на $D_y = 50$ – 250 мм, $P_y = 4$ МПа.

Наиболее простыми и удобными в изготовлении являются сварные трубы Вентури, для которых разработаны унифицированные типовые конструкции с учетом их установки на трубопроводах с условным проходом 200 – 1400 мм.

Трубы Вентури (рис. 1.5) состоят из следующих основных час-

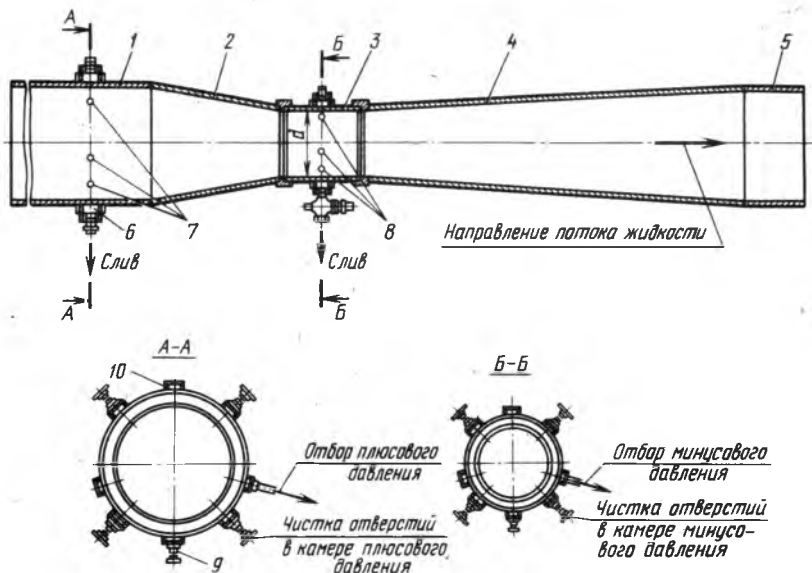


Рис. 1.5. Общий вид сварной трубы Вентури:

1 — входной цилиндр; 2 — сужающий конус; 3 — горловина; 4 — диффузор; 5 — выходной цилиндр; 6 — усредняющие камеры; 7, 8 — отверстия для отбора давления и для чистки; 9 — продувочный кран; 10 — смотровой люк

тей: входного цилиндра, сужающего конуса, горловины, расширяющего конуса (диффузора) и выходного цилиндра. Все части собираются путем сварки.

На входном цилиндре и горловине выполнены кольцевые усредняющие камеры. Они собираются с внутренними полостями входного цилиндра и горловины с помощью нескольких отверстий, которые при наличии взвешенных веществ в измеряемой жидкости прочищаются специальными приспособлениями. В нижней части кольцевых камер устанавливают пробковые краны для спуска жидкости.

В трубах Вентури с условным проходом более 500 мм, выпускаемых по ГОСТ 23720—79, на выходном диффузоре предусмотрены люки для осмотра и контроля размеров горловины труб Вентури в процессе их эксплуатации.

Трубы Вентури присоединяются к стальным трубопроводам сваркой. В некоторых случаях, например при установке внутри-насосных станций, допускается присоединение на фланцах.

Потери напора в трубах Вентури зависят от расхода воды, модуля и верхнего предела измерения принятого дифманометра-расходомера.

Типоразмер трубы Вентури (D_y и $d_{горл}$) выбирают с учетом максимального расчетного расхода сточной воды $Q_{р.макс}$ верхнего предела

измерения имеющегося дифманометра, значения условного прохода существующего трубопровода, который должен приближаться к условному проходу трубы Вентури и допустимых потерь напора h в трубе Вентури.

Расход жидкости ($\text{м}^3/\text{ч}$), протекающей через трубу Вентури, определяется по формуле

$$Q = 0,01252\alpha\epsilon K d_{\text{горл}}^2 \sqrt{\Delta P/\rho}, \quad (1.11)$$

где α — коэффициент расхода трубы Вентури; ϵ — поправочный множитель на расширение измеряемой сточной воды ($E = 1$); $d_{\text{горл}}$ — диаметр горловины трубы Вентури (при $t = 20^\circ\text{C}$), мм; ΔP — величина перепада давления, замеренная дифманометром, Па; ρ — плотность измеряемой сточной воды, $\text{кг}/\text{м}^3$; K — термический коэффициент расширения материала трубы Вентури при ($t = 20^\circ\text{C}$, $K = 1$).

При определении расхода агрессивных сточных вод и стоков, содержащих значительное количество взвешенных веществ (ила, осадков), необходимо защищать дифманометр и соединительные линии от попадания в них грязи или агрессивной жидкости. Для этого соединительные линии непрерывно промывают чистой водой или на них устанавливают отстойные сосуды.

Открытые лотки и каналы. В практике эксплуатации очистных сооружений сахарного завода часто возникает необходимость в определении расходов воды, протекающих по открытым лоткам и каналам.

Применительно к условиям измерения расхода в общем случае уравнение расхода Q при течении жидкости через водослив или лоток имеет вид:

$$Q = A_n c b \sqrt{2g h^n}, \quad (1.12)$$

где A_n — постоянный множитель; C — коэффициент расхода; b — приведенная (расчетная) ширина сужающего устройства; g — ускорение свободного падения, $\text{см}/\text{с}^2$; h — расчетный напор над гребнем водослива или дна лотка.

Значения постоянного A_n и показателя степени n зависят от типа (формы) водослива или лотка. Так как коэффициент расхода в общем случае зависит от нескольких независимых факторов, его представляют в виде произведения $C = C_e C_v C_f$. Коэффициент истечения C_e характеризует форму и состояние водосливной кромки (поверхности) водослива или лотка. Влияние скорости в подводящем канале характеризует коэффициент C_v , а коэффициент C_f учитывает влияние формы сужающего устройства, и его применяют при расчете сужающих устройств специальной формы, например лотков Вентури с горловиной U-образного поперечного сечения.

Общая формула вычисления расхода через водосливы и лотки имеет вид:

$$Q = A_0 C_e C_v b h^n, \quad (1.13)$$

где $A_0 = A_n \sqrt{2g}$.

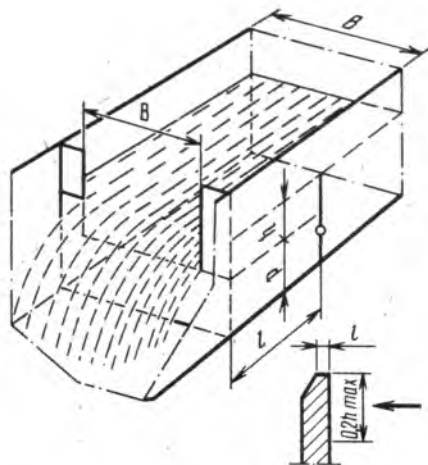


Рис. 1.6. Прямоугольный водослив с тонкой стенкой

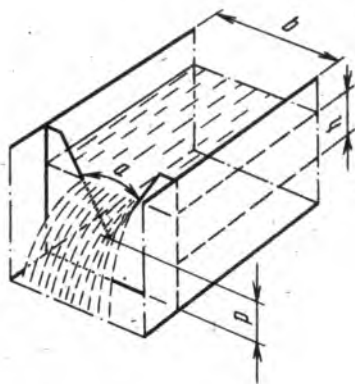


Рис. 1.7. Водослив с треугольным вырезом в тонкой стенке (треугольный водослив)

Прямоугольные и треугольные водосливы с тонкой стенкой. Тонкостенные прямоугольные водосливы (рис. 1.6) и тонкостенные треугольные водосливы (рис. 1.7) получили широкое распространение. К ним предъявляются требования как к измерительным устройствам, которые необходимо соблюдать при изготовлении и установке. Стенка водослива выполняется из материала, не корродирующего в измеряемой жидкости, или имеет защитное антикоррозионное покрытие. Поверхность, обращенную к верхней стороне, делают гладкой. Верхняя грань порога водослива строго горизонтальна, ее толщина (величина e на рис. 1.6) равна 1–2 мм; кромка, образованная этой гранью с вертикальной плоскостью, -- острая; боковые грани строго вертикальны и обработаны. Высота порога $P \geq 100$ мм, ширина прямоугольного выреза $b \geq 150$ мм ($(B-b)/2 \geq 100$ мм, минимальное значение $h = 30$ мм, а максимальное значение $h/P = 2$).

Створ для измерения уровня под гребнем водослива (величина l на рис. 1.6) расположена на расстоянии $3h_{\text{макс}}$ от порога водослива.

Прямоугольные водосливы бывают двух основных типов: с боковым сжатием ($b < B$) и без бокового сжатия $b = B$, т. е. $b/B = 1$.

Стенку водослива устраивают съемной, прикрепленной болтами к рамке или закладным деталям канала. При этом верхняя плоскость стенки водослива должна быть ровной, без выступающих деталей и других крепежных деталей.

Тонкостенные водосливы с треугольным вырезом — так называемые

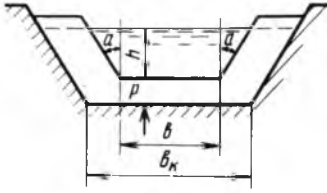


Рис. 1.8. Схема трапецидального водослива

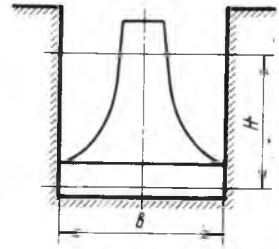


Рис. 1.9. Схема пропорционального водослива

мые треугольные водосливы — нашли широкое применение для измерения небольших расходов в естественных руслах, а также для исследований в гидравлических лабораториях. Правила устройства и установки таких водосливов те же, что и прямоугольных.

Трапецидальные водосливы. Тонкостенные трапецидальные водосливы (рис. 1.8) предназначены для измерения расхода жидкости, не содержащей значительного количества крупных взвешенных частиц. Требования к кромке и поверхностям водослива такие же, как для прямоугольного и треугольного водосливов. Основные размеры трапецидальных водосливов должны удовлетворять условиям:

$$h_{\text{макс}} = 1 \text{ м}; h_{\text{мин}} = 0,05 \text{ м}; B_{\text{к}} \leq 4; P \geq 0,3 \text{ м}.$$

Кроме того, $0,1 B \leq h_{\text{макс}} \leq B/3$ и $B \leq B_{\text{к}} \leq 2h_{\text{макс}}$. Стандартизованы два значения: $\text{tg}\alpha = 0,25$ — водослив Чиполетти и $\text{tg}\alpha = 1$ — водослив САНИИРИ.

Пропорциональные водосливы. В практике измерения расхода сточных вод нашли применение также и функциональные водосливы, форма отверстий которых обеспечивает заданную линейную зависимость $Q = f(h)$. Линеаризация показаний расходомера осуществляется определенной профилировкой сужения. Такие водосливы получили название пропорциональных. По этому принципу построены так называемые щелевые расходомеры.

Во ВНИИ ВОДГЕО разработана методика расчета пропорциональных щелевых водосливов для установки в прямоугольных лотках. В таких водосливах фигурная щель в нижней части имеет прямоугольный вырез по всей ширине лотка (рис. 1.9). Подобная конфигурация позволяет применять эти водосливы для измерения расхода сточных вод, загрязненных значительным количеством взвеси.

Основное уравнение расхода (в $\text{м}^3/\text{с}$) через пропорциональный водослив имеет вид:

$$Q = cb \sqrt{2ga} (H - aa), \quad (1.14)$$

где c — коэффициент расхода; b — ширина лотка, мм; a — высота прямоугольного выреза, мм; g — ускорение свободного падения, см/с²; H — напор над дном лотка; α — коэффициент, определяющий положение плоскости отсчета напора относительно дна лотка.

Конструктивно пропорциональные водосливы выполняются в виде рамы, на которой укреплен лист с соответствующим вырезом. Рама после сборки устанавливается в паз лотка или канала.

Водосливы с порогом треугольного профиля. Эти водосливы относятся к простым и точным водомерным устройствам, которые можно использовать и для измерения сточных вод (за исключением вод, несущих большое количество тяжелых механических примесей). Схема такого водослива показана на рис. 1.10.

Лотки Вентури. Лотки Вентури представляют собой сооружения, вызывающие сжатие потока и перепад уровней воды (рис. 1.11). Измерения проводят при критической скорости в горловине, когда расход зависит только от уровня воды в верхнем бьефе, т. е. когда лоток работает со свободным истечением (не затоплен).

Наибольшее распространение получили лотки Вентури для каналов прямоугольного поперечного сечения с боковым сжатием (рис. 1.11, а).

Конструктивно лотки Вентури выполняют из монолитного железобетона и каркасными. Железобетонные лотки Вентури сооружаются одновременно с каналом. Недостатком их конструкции является сложность выполнения с заданными размерами горловины и других частей.

Каркасные лотки лишены указанных недостатков. Внутренние (рабочие) поверхности их могут быть выполнены из материалов, не корродирующих в измеряемой жидкости (винипласт, обрешиненный металл и др.). Кроме того, их легко устанавливать в существующих каналах.

Лотки Паршалла. Лотки Паршалла были предложены в 1932 г. Они предназначались в первую очередь для измерения расхода воды в ирригационных системах и до недавнего времени находили свое применение для измерения расхода сточной жидкости.

Схема и соотношения основных размеров лотков Паршалла приведены на рис. 1.12.

Соотношения размеров и расчетная формула лотков Паршалла определяют фиксированное для каждой ширины канала сужение (отношение b/B),

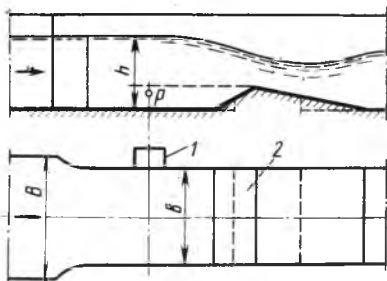


Рис. 1.10. Схема водослива с порогом треугольного профиля:

1 — успокоительный колодец; 2 — порог

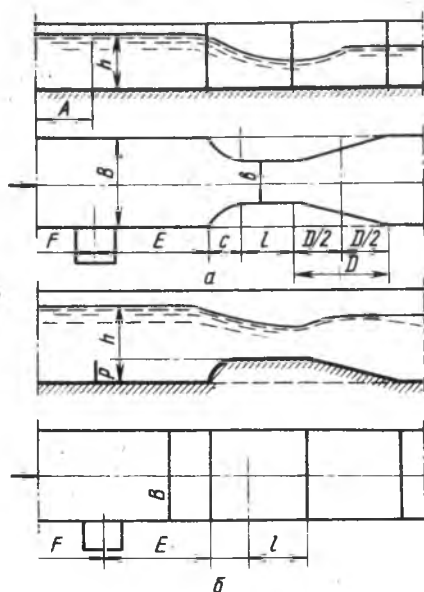
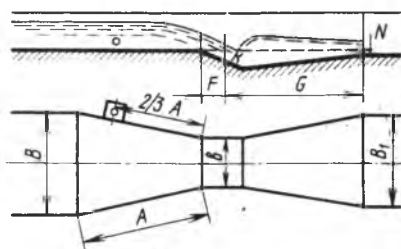


Рис. 1.11. Схема лотков Вентури:

a – с боковым сжатием; *б* – с донным порогом, $E = 3 \dots 4h_{\max}$; $l > > 1,5h_{\max}$; $D = 3(B - b)$; $R_1 = = 2(B - b)$; $C = 1,32(B - b)$; $F = = 6B$ или $F = 8B$

Рис. 1.12. Схема лотка Паршалла:

$B = 1,2b + 0,48$ м; $B_1 = b + 0,3$ м; $A = 0,5b + 1,2$ м; $F = 0,6$ м; $K = = 0,25$ м; $N = 0,075$ м; $G = 0,9$ м



не соответствующее оптимальным условиям применения промышленных приборов для измерения расходов.

Кроме того, геометрическая форма лотков сложна, и выдержать при строительстве все размеры представляет некоторые трудности. Отклонения от нормированных размеров влекут за собой значительные дополнительные погрешности.

Были обработаны данные опытов Паршалла и предложены две рабочие формулы для расхода, выраженного в $\text{м}^3/\text{ч}$ для лотков с горловинами шириной от 0,25 до 0,75 м:

$$Q = AnB^{1,5} \quad (1.15)$$

и от 1 до 1,5 м.

$$Q = Anbh^{1,6} \quad (1.16)$$

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАСХОДА В ОТКРЫТЫХ ЛОТКАХ И КАНАЛАХ

Величиной, определяющей расход воды, протекающей через измерительные водосливы и лотки, является уровень жидкости, измеренный от принятой плоскости отсчета (дна лотка, порога водослива и т. п.).

В зависимости от назначения расходомера применяют различные устройства и приборы для измерения уровня жидкости. Наиболее простым устройством для измерения уровня жидкости в измерительных лотках и каналах является мерная рейка. Такая рейка, выполненная из металла или дерева и ярко окрашенная, устанавливается в измерительном сечении (створе) канала так, чтобы нуль шкалы совпадал с плоскостью отсчета. При установке в каналах или лотках поперечное сечение рейки должно обеспечить свободное обтекание ее потоком. Шкала рейки выполняется в единицах уровня (равномерная) или в единицах расхода (неравномерная).

Мерные рейки являются грубыми средствами измерения и могут служить лишь для ориентировочной оценки расхода, однако с их помощью быстро оценить расход и выяснить исправность более сложных уровнемеров, подключенных к данному водосливу или лотку.

Для измерения уровня жидкости в измерительных каналах и лотках широкое распространение получили поплавковые, буйковые уровнемеры и дифманометры-уровнемеры.

Поплавковые уровнемеры широко используются для измерения уровня в водоемах и водотоках, а также как промышленные приборы. В зависимости от назначения поплавковые уровнемеры могут быть показывающими или самопишущими. Наиболее распространенным является самопишущий уровнемер СУВ-М ("Валдай"): по оси ординат, закрепленной на барабане диаграммы, записывает уровень, а по оси абсцисс (вдоль образующих барабана) — время.

Изменение пределов измерений осуществляется изменением диаметра поплавкового колеса или с помощью сменных шестерен. Часовой механизм приводится в действие грузом. Уровнемер СУВ-М устанавливается над успокоительным колодцем. Приборы СУВ-М не имеют интегратора и шкалы-указателя расхода, так как в основном предназначены для измерения уровня воды.

Принцип действия буйкового уровнемера основан на измерении выталкивающей силы, действующей на буюк, погруженный в жидкость. В зависимости от вида выходного сигнала и конструкции узлов, воспринимающих усилие от буйка, уровнемеры бывают электрическими (УБ-Э) и пневматическими (УБ-П).

Измерение уровня жидкости преобразуется на чувствительном элементе измерительного блока в соответствующее усилие, которое автоматически уравнивается в силовом устройстве обратной связи. Усилие, с которым измерительный блок воздействует на преобразователь, создает момент, вызывающий малое перемещение рычажной системы передаточного механизма и связанный с рычагом флажок индикатора рассогласования. Сигнал рассогласования преобразуется усилителем в выходной сигнал постоянного тока и поступает на выход датчика в силовое устройство обратной связи.

Преобразователь может работать при температуре окружающей

среды от -50 до $+50$ °С, а усилитель нормально работает только при температуре окружающей среды $5-50$ °С. Поэтому в ряде случаев целесообразно преобразователь устанавливать в неотапливаемом помещении над колодцем измерительного лотка или водослива, а усилитель — в ближайшем отапливаемом помещении, расположенном на расстоянии не более 200 м, соединив его с преобразователем экранированным кабелем.

Пневматические уровнемеры УБ-П, отличающиеся устройством преобразователя, выпускаются на те же пределы измерения, что и уровнемеры УБ-Э. Они могут быть использованы для измерения уровня при наличии источника сжатого воздуха.

Измерение уровня жидкости в измерительных лотках и водосливах может быть осуществлено также с помощью дифманометров. Существует несколько схем использования дифманометров-уровнемеров.

Схема с уравнительным сосудом применима в тех случаях, когда имеется возможность расположить дифманометр на $1-1,5$ м ниже дна лотка или порога водослива, например в помещении заглубленной насосной станции или в смотровом (сухом) колодце. Расстояние от лотка до дифманометра может быть $30-40$ м.

Схема с пневматической трубкой позволяет располагать дифманометр выше уровня жидкости в лотке или канале и на расстоянии до 50 м от него. Основным условием сохранения высокой точности измерения является обеспечение поступления воздуха в пневмометрическую трубку с малым расходом (до 3 см³/мин) и минимального сопротивления соединительной линии от пневмометрической трубки до дифманометра.

Источником сжатого воздуха могут быть трубопроводы, подающие воздух в азотенки, автономные микрокомпрессоры, баллоны со сжатым воздухом или инертным газом. Разновидностью схемы с пневмометрической трубкой является схема с колоколом и периодической продувкой. Такую схему выгодно применять при отсутствии постоянного источника сжатого воздуха.

Схема с постоянной или периодической подачей воздуха в пневмометрические системы позволяет использовать дифманометры, предназначенные для измерения перепада давления газов с верхним пределом измерения менее 4000 Па.

Глава 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ И ОБОРОТНЫХ ВОД

ВИДЫ ПРИРОДНЫХ ВОД

Применяемые для промышленных целей природные воды можно разделить на поверхностные воды из рек и озер, подземные водоисточники из колодцев и артезианских скважин. Кроме того, для целей водо-

снабжения ряд свеклосахарных и сахарорафинадных заводов использует морскую воду; она обладает высокой минерализацией и используется в основном для конденсации вторичных паров в барометрических конденсаторах смешения.

Поверхностные воды. Воды рек могут быть очень различны по составу в зависимости от характера местности, выпадения осадков. Они могут содержать мелкие частицы ила во взвешенном состоянии, которые осаждаются очень медленно. Жесткость такой воды обычно достаточно высокая, что может вызывать образование карбонатных отложений при нагревании. Воды из рек, озер и прудов могут быть загрязнены бытовыми или производственными сточными водами, поэтому при их использовании в производстве требуется контроль качества.

Артезианские воды. Эти воды обычно имеют постоянный состав, хотя возможны случаи его изменения в результате смешения с другими водами, просачивающимися через сбросовые трещины в окружающих пластах. Обычно такая вода в момент выхода на поверхность бывает бесцветной, чистой и свободной от взвешенных веществ. Но иногда при растворении в этой воде воздуха появляется коричневая опалесценция из-за окисления содержащегося в ней железа.

Артезианские воды часто содержат следы сероводорода, которые обнаруживаются по запаху. Иногда в этой воде и даже в самой скважине развиваются железобактерии, и тогда под их действием, а также в результате процессов окисления железо может отлагаться на стенках труб. В ряде случаев в воде присутствует железо вместе с марганцем.

Природные воды, содержащие до 0,1 % растворенных веществ, относятся к пресным, 0,1–2,5 – к минерализованным, 2,5–5 – с морской соленостью, свыше 5 % – к рассолам.

К числу главных компонентов состава природных вод относятся ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , а также газы O_2 , N_2 , CO_2 и H_2S . В малых количествах содержатся ионы Br^- , J^- , F^- , BO_2^- , HPO_4^{2-} , SO_3^{2-} , HSO_4^- , SO_2^{2-} , HS^- , HSiO_3^- , HSO_3^- , а также инертные газы, CH_4 и др.

Классификация примесей воды, предложенная Л. А. Кульским, основана на использовании их физико-химической характеристики.

По этой классификации примеси воды по отношению к дисперсной среде разделены на четыре группы:

нерастворимые в воде взвеси, которые кинетически неустойчивы и удерживаются во взвешенном состоянии динамическими силами водного потока. Они попадают в воду в результате размывания окружающих пород, смыва почв, гидротранспортировки сырья и из воздуха, а также бактерии и планктон;

минеральные и органико-минеральные коллоидные частицы почв и грунтов, а также вирусы и другие микроорганизмы, близкие по размерам к коллоидным частицам;

растворимые газы, органические вещества биологического проис-

хождения и вносимые промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами;

электролиты — вещества с ионной или сильнополярной связью, которые под действием характерного полярного строения молекул воды распадаются на ионы.

Для каждой группы примесей воды по классификации предложены методы их удаления из воды, которые рекомендуется применять в процессах обработки и очистки воды (табл. 2.1).

2.1. Методы удаления примесей разных групп из воды

Группа примесей			
I	II	III	IV
Отстаивание с применением добавок извести и соды, монтмориллонитовой глины или угольной суспензии	Окисление высокими дозами реагентов	Удаление газов и летучих органических соединений: механическое выдувание газов воздухом, окисление кислородом воздуха	Перевод ионов в малодиссоциированные соединения; нейтрализация, образование комплексных ионов
Отстаивание воды с добавками алюминиевого коагулянта и флокулянтов, флотация взвесей, синезеленых водорослей и хлопьевидных взвешенных веществ	Применение коагулянтов и их смесей с добавками хлора, извести или крупнопористого активного угля	Окисление реагентами — хлором, кислородом, озоном и др. Использование угольных сорбентов	Перевод ионов в малорастворимые соединения; образование малорастворимых солей (умягчение, опреснение) и малорастворимых гидратов окислов цветных и тяжелых металлов; окисление закисных форм металлов (обезжелезивание)
Фильтрация воды через взвешенный слой гидрооксида алюминия и железа с флокулянтами. Фильтрация воды на фильтре с двойным слоем песка и антрацитовой крошки, песка и мраморной крошки и т. п.	Применение сернокислого алюминия и флокулянтов (активной кремниевой кислоты, полиакриламида и др.) Контактная коагуляция в толще песка		Удаление ионов с применением ионообменных смол: H-Na-катионирование, OH-анионирование (обессоливание, умягчение). Удаление ионов изменением фазового состояния системы: дистилляция, вымораживание, экстракция, гидратообразование (обессоливание, опреснение)

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И СВОЙСТВА ВОДЫ

Под качеством воды понимается совокупность физических, химических и бактериологических показателей, обуславливающих ее свойства и пригодность для использования в промышленном производстве, быту и т. п. Под свойством воды следует понимать отличительную особенность, проявляющуюся при определенном ее качестве и условиях, например, обладать запахом, выделять солевые отложения, вызывать коррозию металла и т. п.

Качество той или иной воды характеризуется ее показателями, на основании которых определяется пригодность воды для использования в производстве. Свойства же воды проявляются в виде тех или иных последствий при ее использовании.

Различают физические, химические, биологические и технологические показатели качества воды.

Физические показатели. К физическим показателям качества воды относятся: температура, запах, вкус, прозрачность, мутность, цветность и содержание взвешенных веществ.

Температура воды является одним из показателей, по которому в большинстве случаев производят расчеты в потребностях воды на производственные процессы. Так, для целей охлаждения и конденсации расход воды зависит только от ее начальной температуры.

Требования к температуре воды для различных потребителей сахарного завода различны. Для теплообменных процессов эти требования сводятся к тому, чтобы температура охлаждающей воды была оптимальной. Для оборотных вод I категории температура охлаждающей воды не должна превышать 22–24 °С. Низкая температура оборотных транспортно-моечных вод отрицательно сказывается на процессе отмыwania свеклы, поэтому их температура должна находиться в пределах 15–20 °С. Повышение температуры транспортно-моечных вод более 20 °С приводит к увеличению потерь сахара в воде, и как следствие повышается загрязненность ее органическими веществами, которые склонны к различным видам брожения.

Температура воды источника водоснабжения в основном зависит от климатических условий и колеблется в пределах 4–17 °С.

Содержание взвешенных веществ — одна из важнейших характеристик состава природных и производственных вод. Она является расчетной величиной для проектирования отстойных сооружений. Содержание в воде взвешенных веществ определяют весовым методом при приращении массы бумажного или мембранного фильтра, через который фильтруют определенный объем исследуемой воды. Массу фильтра до и после фильтрования с задержанным осадком определяют после высушивания до постоянной массы при температуре 105 °С.

В связи с тем что весовое определение содержания в воде взвешен-

ных веществ является длительным и трудоемким, пользуются косвенными методами определения прозрачности воды по шрифту или кресту, а также с помощью фотоэлектрических колориметров или нефелометров. Однако следует заметить, что между весовым содержанием в воде взвешенных веществ и прозрачностью по шрифту или кресту нет однозначной зависимости, так как прозрачность воды зависит не только от количества содержащихся в ней взвешенных веществ, но также и от крупности, формы и цвета частиц взвеси.

ВНИИСПом для сокращения длительности и трудоемкости при определении содержания взвешенных веществ в оборотных транспортно-моечных водах и сточных водах предложена методика определения взвешенных веществ с использованием лабораторной стаканчиковой центрифуги. Применение этой методики позволяет значительно сократить время анализа, уменьшить трудоемкость и повысить его точность.

Содержание взвешенных веществ в оборотных водах сахарного завода колеблется в различных пределах и зависит от вида оборотной воды (оборотной системы), климатических условий, степени загрязнения свеклы, эффективности работы очистных сооружений, а также концентрации взвеси в исходной воде (прудовой, речной), пополняющей потери воды в оборотных системах.

Химические показатели. Химическими показателями воды являются: активная реакция среды, окисляемость (химическое потребление кислорода, ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), щелочность и ее составляющие, жесткость и ее составляющие, сухой остаток и потери при прокаливании сухого остатка, содержание хлоридов, сульфатов, сульфидов, фосфатов, азотосодержащих веществ, солей кальция и магния, щелочных металлов, растворенных газов (O_2 , CO_2 , H_2S , NH_3), а также других веществ органического и минерального происхождения.

Активная реакция среды является одним из важных показателей качества воды. Она характеризует степень ее кислотности (или щелочности) и количественно показывает концентрацию водородных или гидроксильных ионов в воде.

Активную реакцию воды принято выражать водородным показателем рН, представляющим собой отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов. рН нейтральных растворов равен 7, кислых растворов — меньше 7 и щелочных растворов — больше 7.

Для большинства природных вод рН изменяется в пределах 6,5—8,5. На рН воды водоема влияет повышенная концентрация гуминовых кислот при загрязнении водоема сточными водами.

Оборотные воды сахарного завода характеризуются значительным диапазоном значений рН. Так, транспортно-моечные воды могут иметь значения рН в пределах 5,5—12. Значения рН зависят от метода

их очистки: при известковании их рН воды достигает значений 12, без известкования находится в пределах 5,5—8,5. Для оборотных вод I категории величина рН находится в пределах 8,3—9.

Важными показателями качества природных и оборотных вод, которые приходится учитывать при разных процессах их обработки, являются общая щелочность воды ($\text{Щ}_{\text{об}}$) и ее составляющие (бикарбонатная $\text{Щ}_{\text{б}}$, карбонатная $\text{Щ}_{\text{к}}$ и гидратная $\text{Щ}_{\text{г}}$ и в более редких случаях обусловленная солями других слабых кислот (фосфатная $\text{Щ}_{\text{ф}}$, силикатная $\text{Щ}_{\text{сил}}$, гуматная $\text{Щ}_{\text{гум}}$).

Щелочность природных вод, имеющих $\text{pH} < 8,4$, обычно зависит от присутствия в них бикарбонатов, а иногда и гумусовых соединений. Щелочность оборотных вод сахарного завода зависит от присутствия в них бикарбонатов, аммиака (воды I категории) и гидрата окиси кальция (транспортно-моечные воды).

Общая жесткость воды определяется суммарным содержанием в ней кальция и магния. Жесткость подразделяют на карбонатную и некарбонатную. Карбонатная жесткость определяется наличием в воде бикарбонатов кальция и магния, некарбонатная жесткость — солей сильных кислот кальция и магния.

Если содержание в воде ионов $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (в мг·экв/л), величина карбонатной жесткости равна концентрации HCO_3^- .

Если же содержание в воде ионов $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, карбонатная жесткость равна суммарному содержанию кальция и магния. Избыток HCO_3^- обуславливается наличием в воде бикарбонатов натрия и калия.

В СССР жесткость воды принято выражать в мг·экв/л, что отвечает 20,04 мг/л ионов Ca^{2+} или 12,16 мг/л ионов Mg^{2+} . В ряде зарубежных стран жесткость воды измеряется различными единицами.

Химическое потребление кислорода (ХПК), или окисляемость воды (связанная, естественно, с потреблением кислорода), является косвенным показателем загрязненности природных, оборотных и сточных вод. Под химическим потреблением кислорода принимают количество кислорода в мг, необходимое для окисления 1 мг вещества до CO_2 , H_2O и NO_3^- . Для определения ХПК применяется стандартная методика, по которой в качестве окислителя используется бихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Кроме того, для определения различных показателей окисляемости сточных вод используются также и другие окислители (KJO_3 , KMnO_4).

Бихромат калия в кислой среде наиболее полно окисляет вещества, содержащиеся в производственных водах, особенно при использовании серебра в качестве катализатора. В результате анализа определяется суммарное количество кислорода, которое затрачивается на окисление углеродсодержащих веществ до диоксида углерода, серосодержащих — до сульфатов, фосфорсодержащих — до фосфатов. Кислород, который содержится в составе некоторых органических соединений, в величину ХПК не входит.

Полнота окисления веществ бихроматом калия зависит от ряда условий: продолжительности контакта, температуры, присутствия катализатора и кислотности среды.

Различают теоретическое значение ХПК и определяемое, которое близко к теоретическому, но может несколько отклоняться в ту или иную сторону в зависимости от применяемого метода. Теоретическим значением ХПК называют количество кислорода (или окислителя в расчете на кислород) в мг/л, необходимое для полного окисления содержащихся в пробе органических веществ, при котором углерод, водород, сера, фосфор и другие элементы (кроме азота) окисляются до CO_2 , H_2O , P_2O_5 , O_3 , а азот превращается в аммонийную соль. При этом кислород, входящий в состав окисляемых органических веществ, участвует в процессе окисления, а водород этих соединений отдает по 3 атома на каждый атом азота при образовании аммонийной соли.

Количество кислорода (мг O_2 /л), израсходованное в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).

В зависимости от продолжительности определения различают БПК₅ (за 5 сут), БПК₁₀ (за 10 сут) и т. д. вплоть до БПК_{полн} (полное).

При определении БПК окисляется только часть органических веществ, что обеспечивает прирост биомассы и необходимую для роста микроорганизмов энергию. Расход кислорода на процессы нитрификации, при которых аммиак вначале микроорганизмами окисляется в азотистую кислоту, а затем в азотную, не входит в определение БПК и ХПК, поэтому минерализация азотосодержащих соединений учитывается не полностью.

Критерием установления степени пригодности микробиологического окисления для очистки органических загрязнений является отношение БПК_{полн} к ХПК, называемое биохимическим показателем. Высокий биохимический показатель в пределах 0,1–0,4 указывает на пригодность биохимического метода для очистки воды от органических загрязнений. Низкий биохимический показатель от 0,1 и ниже указывает на токсичность загрязнений воды для микрофлоры, что может привести к выводу из строя биохимических окислителей.

В ряде случаев ионный состав природных и оборотных вод может быть представлен катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионами HCO_3^- , O_4^{2-} и Cl^- . Остальные ионы содержатся в незначительных количествах, хотя иногда могут существенно влиять на свойства воды.

Вода как электролит электронейтральна, т. е. сумма содержащихся в воде катионов, выраженная в мг · экв/л, равняется сумме анионов, также выраженной в мг · экв/л. Этим пользуются для вычисления содержания в ней суммы катионов Na^+ и K^+ по формуле

$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) = (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}). \quad (2.1)$$

Для ряда процессов очистки природных производственных (оборотных) вод важно иметь представление о возможности образования в воде солей, последовательно дающих малорастворимые соединения при постепенном увеличении pH, которое имеет место в технологических процессах очистки воды. Для этого выясняют гипотетический состав солей, который помогает выявить некоторые свойства воды, имеющие значение в процессе очистки.

Сухим остатком воды называется суммарное количество растворенных в ней нелетучих молекулярно-дисперсных и коллоидных веществ минерального и органического происхождения, выраженное в мг/л. Сухой остаток определяется путем выпаривания предварительно профильтрованной пробы воды и последующего высушивания остатка при температуре 110°C до постоянной массы. В сухой остаток не входят взвешенные вещества, растворенные в воде газы и летучие вещества (HCO_3^- , NH_3 , H_2S и др.).

Сухой остаток не всегда с достаточной точностью характеризует содержание растворенных в воде нелетучих при указанной температуре веществ, поскольку на его величину влияет способность некоторых соединений не полностью отдавать влагу и кристаллизационную воду при температуре выпаривания. При этой температуре некоторые органические вещества начинают окисляться, из-за чего происходит изменение их массы.

Прокаленный остаток определяют путем прокаливания сухого остатка при температуре 800°C . При этом происходит сначала обугливание, а потом сгорание углерода органических веществ, улетучивается и оставшаяся в сухом остатке влага, частично улетучиваются хлориды, частично разлагаются карбонаты и удаляется CO_2 . Поэтому величина прокаленного остатка лишь приблизительно характеризует содержание в воде растворенных солей.

Сульфаты довольно широко распространены в природных водах. Они попадают в воду главным образом при растворении осадочных пород, в состав которых входит гипс. Иногда ионы SO_4^{2-} образуются в воде в результате окисления сульфидов и самородной серы, а также из-за загрязнения воды производственными сточными водами. Содержание иона SO_4^{2-} в поверхностных водах обычно колеблется в пределах 60–100 мг/л и лимитируется присутствием в воде Ca^{2+} , который совместно образует сравнительно малорастворимый CaSO_4 (гипс).

Присутствие сульфатов в определенных концентрациях является причиной коррозионной активности (агрессивности) воды. Сульфатная агрессивность возникает в воде при наличии в ней ионов сульфата в количестве 300 мг/л и более. Воды, содержащие 250–800 мг/л SO_4^{2-} , слабо агрессивны и только при концентрациях SO_4^{2-} более 800–900 мг/л становятся заметно агрессивными.

Воды, содержащие большое количество сульфатов, оказывают разрушающее действие на бетонные конструкции. Причиной считают

образование гипса (в результате реакции между известью цемента и сульфатами), которое сопровождается увеличением объема и возникновением в бетоне трещин.

В оборотных водах сахарного завода содержание сульфат-ионов прежде всего зависит от содержания их в источнике водоснабжения, а также вида оборотной воды.

Обычно концентрация сульфат-иона в оборотной охлаждающей воде увеличивается по сравнению с исходной свежей водой из-за потерь части воды на испарение, поступления ее с загрязнениями.

Хлориды содержатся почти во всех водах, что может быть объяснено хорошей их растворимостью. Содержание хлоридных ионов изменяется в самых широких пределах. В водах рек и пресных озер, особенно северных, концентрации Cl^- бывают весьма малыми. В водах морей хлоридные ионы являются основными компонентами растворенных солей.

Благодаря большой растворимости хлористые соли могут присутствовать в воде в больших концентрациях. Растворимость при температуре 20°C хлористого натрия и хлористого калия составляет около 26 % хлористого кальция — более 42, хлористого магния — 35 %. Хлориды, как и сульфаты, являются причиной коррозионной активности воды. Содержание хлоридов в воде в больших количествах при соприкосновении с бетоном разрушает его в результате выщелачивания образующихся при взаимодействии с известью растворимого хлористого кальция и магния.

В оборотной воде концентрация хлоридов увеличивается по сравнению с исходной из источника водоснабжения. Это происходит вследствие накопления иона при рециркуляции воды в системе.

Железо практически всегда присутствует в поверхностных и подземных водах. Его концентрация зависит от геологического строения и гидрологических условий бассейна. Соединения железа в воде присутствуют в растворенной, коллоидной и нерастворенной формах.

В истинно растворенном состоянии трехвалентное железо может находиться в очень небольших концентрациях; необходимым условием при этом является наличие сильноокислой среды. В природных водах и в некоторых оборотных водах сахарного завода большая часть Fe^{3+} присутствует в коллоидной форме и в виде тонкой суспензии.

Двухвалентное железо в воде в присутствии растворенного кислорода очень быстро переходит в трехвалентную форму и образует мало-растворимый гидрат окиси железа, выпадающий в осадок.

Повышенное содержание железа в поверхностных водах указывает на загрязнение их производственными сточными водами. Высокое содержание железа вызывает отложение осадка в трубах и их зарастание. Содержание железа в воде, подаваемой централизованными системами хозяйственно-питьевого водоснабжения, допускается в количестве не более 0,3 мг/л.

Содержание марганца обычно меньше, чем железа, и колеблется в пределах 0—0,05 мг/л.оборотные и сточные воды сахарного завода, так же как и природные, содержат незначительные количества марганца.

Из растворенных в воде газов наиболее важными для оценки ее качества являются кислород, диоксид углерода, сероводород и аммиак, которые встречаются в природных водах, производственных, в особенности в оборотных водах, где имеет место повышение их концентрации за счет многократной рециркуляции воды.

Содержание этих газов в водах открытых водоемов зависит от их парциального давления в воздухе и описывается законом Генри. С повышением содержания солей и температуры растворимость газов уменьшается.

В поверхностных источниках концентрация O_2 и CO_2 подвержена значительным колебаниям из-за фотосинтеза водных растений. При загрязнении водоема легкоокисляющимися веществами содержание кислорода резко снижается.

Из растворимых в воде газов наибольшее значение в химической технологии ее обработки имеют кислород, сероводород, диоксид углерода и аммиак. Присутствующий в воде кислород определяет условия биологического самоочищения водоема. Содержащийся в воде аммиак существенно влияет на технологию хлорирования воды, одновременно свидетельствуя о возможном ее загрязнении. Он является характерным химическим загрязнением оборотных вод сахарного завода. Основным источником поступления аммиака в оборотные воды являются конденсаты вторичных паров (аммиачная вода, которая используется в качестве подпитки оборотных систем). Значительное количество аммиака поступает в оборотную воду при контактной конденсации вторичных паров из вакуум-аппаратов охлаждающей оборотной воды.

Загрязнение охлаждающей воды аммиаком сопровождается рядом сложных явлений. При попадании аммиака в воду вначале наблюдается повышение pH, которое приводит к осаждению карбонатов кальция и отложению его на стенках трубопроводов водораспределительной системы охладителей (градирен, брызгальных бассейнов). В дальнейшем аммиак либо остается неизменным, либо окисляется бактериями вначале до азотистой и затем до азотной кислоты. Если скорость окисления достаточно высока по сравнению со скоростью поступления аммиака, вода может стать кислой. Понижению pH оборотной воды может способствовать также образование органических кислот из сахаров, попавших в оборотную воду.

Аммиак приносит большой вред не только источнику водоснабжения, его санитарной характеристике, но и самой системе оборотного водоснабжения. Отрицательное воздействие аммиака на оборотную систему состоит в том, что в местах его ввода (барометрических конденсаторах смешения, барометрических трубах) образуются карбонатные отложения из-за реакции, которая происходит между аммиаком и бикарбонатом кальция.

Раствор аммиака в воде представляет собой раствор гидроксида аммония, содержащий одновременно молекулярный аммиак в виде NH_3 и NH_4OH и ионы NH_4^+ и OH^- . Водный раствор аммиака обладает всеми свойствами слабого основания. Константа диссоциации гидроксида аммония при 25°C составляет $1,8 \cdot 10^{-5}$.

Концентрация молекулярного аммиака в воде зависит от значения pH среды и температуры.

Влияние температуры весьма значительно, особенно при средних значениях pH. Поэтому, поддерживая щелочную реакцию оборотной воды при охлаждении и аэрации на охладителях (градирнях и брызгальных бассейнах), можно эффективно удалять аммиак из оборотной воды путем десорбции его воздухом.

Сероводород, образующийся в результате протекания в источнике анаэробных биологических процессов или попавший в воду с промышленными отходами, значительно ухудшает органолептические качества воды. Сероводород с водой образует раствор слабой сероводородной кислоты.

Концентрация H_2S в воде зависит от значения pH среды. В кислой среде присутствует преимущественно H_2S , а в слабощелочной — HS^- . Ион S^{2-} обнаруживается в сильнощелочной среде при $\text{pH} > 10$. Удалять сероводород из воды аэрацией целесообразно при $\text{pH} < 7$.

Аналогичная зависимость наблюдается и для растворенного в воде диоксида углерода, являющегося ангидридом очень слабой угольной кислоты. В природных и производственных водах угольная кислота встречается в форме недиссоциированных молекул H_2CO_3 , растворенного газа двуокиси углерода CO_2 , гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов. Количественные соотношения между H_2CO_3 , CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-} определяются значениями pH воды.

Находящаяся в воде угольная кислота бывает в связанном виде и свободном. Связанная угольная кислота входит в состав гидрокарбонатов и карбонатов, т. е. находится в воде в виде ионов HCO_3^- и CO_3^{2-} . В природных водах карбонаты обычно содержатся в небольших количествах, что объясняется малой растворимостью CaCO_3 . В производственных водах карбонаты могут находиться и в более высоких концентрациях.

Агрессивная угольная кислота способна растворять карбонатные пленки на внутренней поверхности трубопроводов, омываемых поверхностных аппаратов. Этим она способствует протеканию электрохимической коррозии металла, а также разрушающе действует на бетонные сооружения. Определяя ее концентрацию в воде, можно оценить стабильность воды — один из важных показателей технологических свойств ее.

Биологические показатели. К биологическим показателям качества воды, характеризующих ее санитарное состояние, относятся содержание общего количества бактерий и количество бактерий группы coli, при-

существование которых указывает на зараженность воды патогенной микрофлорой.

Поверхностные источники водоснабжения, а также системы оборотного водоснабжения, кроме микробиологических тестов, характеризуются также данными гидробиологических наблюдений. Путем микроскопирования пробы определяется количество клеток фито- и зоопланктона, концентрацию которых выражают соответственно количеством клеток в 1 мл воды и количеством экземпляров в 1 м³ воды.

Вода является средой для развития различных видов микроорганизмов, простейших и высших организмов, в том числе и патогенных (болезнетворных) бактерий.

Целью санитарного контроля качества воды является обнаружение и количественное определение присутствующих в воде микроорганизмов, которые отрицательно влияют на проведение технологических процессов и могут служить источниками различных инфекционных заболеваний.

Поскольку болезнетворные бактерии попадают в воду главным образом с хозяйственно-бытовыми сточными водами, в качестве показателя инфекционной зараженности воды выбрана кишечная палочка.

Количество кишечных палочек в воде выражается коли-титром, т. е. тем объемом воды в мл, в котором содержится одна кишечная палочка, либо коли-индексом — количеством кишечных палочек в 1 л воды.

Для питьевой воды коли-титр должен быть не менее 300 (или коли-индекс не более 3). Для оборотных вод сахарного завода коли-титр не нормируется, однако категорически запрещается не только сбрасывать хозяйственно-бытовые сточные воды в оборотные, но и осуществлять подпитку оборотных систем водоснабжения сахарного завода биологически очищенными сточными водами.

Для характеристики бактериальной загрязненности воды служит также определение общего числа содержащихся в воде бактерий. Для питьевой воды это число не должно превышать 100 в 1 мл. В оборотных водах сахарного завода общее число бактерий в 1 мл воды может колебаться в значительных пределах — от 500 до $5 \cdot 10^6$ и более — и зависит от бактериальной загрязненности источника водоснабжения, вида оборотной воды, загрязненности свеклы, климатических условий, а также схем очистки воды и методов обеззараживания.

В свеклосахарном производстве значительное внимание уделяется микробиологическому контролю воды, потребляемой для технологических процессов, которая в ряде случаев может служить источником инфицирования продуктов производства.

Технологические показатели. К ним относятся осаждаемость взвеси в воде, определение фильтровальных характеристик воды без коагулянтов и флокулянтов, хлоропоглощаемость и хлоропотребность, стабильность и агрессивность (коррозионность) воды, а также и биогенность.

Свойство воды не выделять осадок карбоната кальция называется стабильностью.

Для оценки стабильности воды применяется метод В. Ф. Ланжелье, по которому устанавливается степень отклонения данной воды от равновесного состояния по величине концентрации водородных ионов — действительной и вычисленной величине рН по данным химического анализа (концентрация солей по сухому остатку, щелочности и содержанию ионов Ca^{2+}), при температуре, с которой вода будет использоваться.

Этот метод служит лишь для качественного показателя склонности воды к тому или иному процессу, так как соотношением рН и рНs определяются свойства воды, которые зависят от наличия в воде угольной кислоты при использовании такой воды в системах прямооточного водоснабжения. Для систем обратного водоснабжения указанный метод неприменим. Непригоден он и при использовании сточных вод, так как, по современным воззрениям, общая щелочность воды обуславливается более широким диапазоном составляющих.

Метод, основанный на непосредственном испытании воды, дает более точные результаты, чем расчетный. Согласно этому методу стабильной считается вода, которая не выделяет и не растворяет осадка карбоната кальция.

Также к технологическим показателям относится и коррозийность. В практике обратного водоснабжения наблюдается в ряде случаев интенсивная коррозия металлов, которые непосредственно соприкасаются с водой. Это прежде всего трубопроводы, теплообменная аппаратура, металлические элементы очистных сооружений.

Коррозионный процесс металла протекает на границе двух фаз: металл — окружающая среда. Различают химическую и электрохимическую коррозию металла. В системах водоснабжения имеет место как электрокоррозия, так и коррозия под действием блуждающих токов.

По условиям протекания коррозия в системах водоснабжения представляет в основном электрохимический окислительно-восстановительный процесс.

Нередким случаем в системах обратного водоснабжения является биологическая коррозия при участии продуктов, выделяемых микроорганизмами биологических обрастаний.

По характеру коррозионного разрушения различают следующие виды коррозии: сплошная или общая, охватывающая всю поверхность металла, находящаяся под воздействием данной коррозионной среды (воды), и местная коррозия, которая охватывает лишь некоторые участки, и в виде пятен и язв или точек диаметром 0,1–2 мм. Местная коррозия может быть также сквозной и поверхностной.

Существует ряд факторов, ускоряющих или замедляющих коррозию металлических труб и аппаратов. Влияние рН общеизвестно: считается, что с увеличением рН среды при прочих равных условиях коррозия уменьшается и наоборот — с понижением рН она увеличивается.

Влияние температуры на скорость коррозии стало неодинаковым. В открытой системе оборотного водоснабжения при температуре воды выше 70–80 °С происходит снижение коррозии из-за сильного уменьшения растворимости кислорода с повышением температуры.

Кислород в отношении коррозии играет двойную роль: он может быть и усилителем, и замедлителем. Коррозия увеличивается почти пропорционально изменению содержания кислорода в воде.

Кислород необходим для образования защитных пленок. Он в состоянии разрушать водородную пленку на катоде и образовывать в воде ионы OH^- . Эти ионы являются положительным электродом, который влечёт к себе положительные заряды из металла. Этот процесс называется кислородной деполяризацией.

В естественных водах (щелочных и нейтральных) кислород оказывает влияние на плотность образующейся защитной пленки: при малом содержании кислорода пленка получается рыхлой, плохо пристающей; при большой концентрации пленка плотная, хорошо пристающая, благодаря чему коррозия может прекратиться или замедлиться.

Углекислота не вызывает сильной коррозии при щелочных и нейтральных водах; эти концентрации в воде $\text{CO}_2_{\text{своб}}$ в пределах до 30 мг/л; скорость коррозии металла остается почти такой же, что и в воде, не содержащей углекислоты. При повышении концентрации $\text{CO}_2_{\text{своб}}$ скорость коррозии значительно возрастает. Отрицательное влияние свободной углекислоты заключается в том, что она удерживает в растворе соли кальция и этим препятствует образованию защитной пленки.

Хлориды являются ускорителями коррозии по двум причинам: из-за увеличения кислотности воды и вследствие разрушающего действия, оказываемого хлорид-ионами, на защитную пленку.

Сульфаты влияют на коррозию металла при карбонатной жесткости более 2 мг·экв/л. Незначительно оказывают агрессивное воздействие на бетон. При содержании сульфатов до 300 мг/л вода считается слабоагрессивной, до 600 — среднеагрессивной и свыше 600 — сильноагрессивной, а более 1200–1500 мг/л — очень сильноагрессивной.

Нитраты уже при небольших концентрациях вызывают окисление металла, что способствует образованию на металле защитной пленки. С точки зрения коррозии, содержание нитратов до 20 мг/л неопасно.

Кислоты ускоряют процесс коррозии, так как являются деполяризаторами.

Сероводород усиливает коррозию. Он в состоянии вызывать коррозию даже в отсутствие кислорода, образуя элементарную серу и сульфид железа, которые будут катодами в отношении основного металла. В присутствии кислорода сероводород образует сернистую и серную кислоты, которые являются деполяризаторами.

Осадки вне зависимости от их природы способствуют быстрому развитию локальной коррозии. Образовавшиеся из механических, карбо-

натных или других примесей отложения вызывают местный перегрев металла и быстрое его разрушение.

Биологические обрастания всегда связаны с осаждением механических примесей, поэтому они также вызывают локальные коррозионные элементы и стимулируют развитие точечной коррозии.

В отдельных случаях могут развиваться сульфатовосстанавливающие бактерии, образующие сероводороды, которыми вызывается также точечная коррозия. В отдельных случаях развиваются железобактерии, которые переводят $\text{Fe}(\text{OH})_2$ в $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Наиболее агрессивными водами сахарного завода являются лаверные воды, в которых средняя скорость коррозии составляет $0,36 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Агрессивность лаверных вод обусловлена наличием в этих водах свободной углекислоты, сульфатов, сульфидов, а также низким pH среды. Из мероприятий по предотвращению коррозии металла в этих водах следует применять различные покрытия (эмали, смолы, краски), а воду следует периодически обрабатывать силикатом натрия (жидким стеклом) в соответствии с рекомендациями.

Биогенность — один из технологических показателей. В оборотных системах водоснабжения, в особенности теплообменных вод, микроорганизмы образуют биологические обрастания, которые обильно развиваются на охладителях (градирнях) и трубопроводах. В связи с этим обратная вода обогащается механическими примесями в виде живых и мертвых организмов, а также продуктов их распада — коллоидного вещества. Биологические обрастания оказывают влияние и на химический состав воды вследствие минерализации органического коллоидного вещества. В изменении химического состава воды важное значение имеют отдельные виды бактерий. Так, железобактерии ассимилируют растворенные соли железа и выделяют его в виде гидроксида железа, вызывая, таким образом, зарастания водопроводных труб. Сульфатовосстанавливающие бактерии одновременно окисляют органические соединения и восстанавливают сернистые соединения до сероводородов, часто вызывая при этом коррозию труб и теплообменных аппаратов. Сульфобактерии превращают серу (образующуюся при окислении сероводорода) в серную кислоту, способную в дальнейшем вызывать коррозию металла и бетона.

Склонность обратной воды вызывать биологические обрастания оценивают специальным показателем — степенью биогенности воды и баллом биогенности. Для определения степени биогенности обратной воды проводят количественные исследования скорости биологических обрастаний с использованием ловчих стеклянных пластин и результаты сравнивают с шестибальной шкалой биогенности воды, приведенной в табл. 2.2.

В зависимости от степени биогенности применяют решение о специальной обработке воды для борьбы с биологическими обрастаниями. Наиболее эффективным методом в системах обратного водоснабжения

2.2. Шкала биогенности воды

Группа биогенности	Скорость биологических обрастаний		Балл биогенности	Степень биогенности
	С _{б.о.} , г/(м ² · ч)	h _{б.п.} , мм/мес		
Совершенно небоиогенная	0	0	1	Отсутствует
Небиогенная	Менее 0,015	Менее 0,01	2	Слабая
Допустимо биогенная	0,07—0,15	0,05—0,1	4	Средняя
Биоогенная	0,15—0,75	0,1—0,5	5	"
Весьма биогенная	Более 0,75	Более 0,5	6	Сильная

сахарного завода является хлорирование. Применение других реагентов из-за токсичности и возможности поступления в продукты производства не разрешается требованиями санитарии.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Требования к качеству оборотных вод в свеклосахарном производстве устанавливаются в зависимости от вида оборотной системы, применяемых схем очистки оборотных вод и очистных сооружений. Эти требования зависят от функционального использования воды в технологических процессах. Их можно разделить на технологические и санитарно-гигиенические. Технологические требования обуславливаются видом технологических процессов и определяются в зависимости от назначения воды и установленного технологического оборудования. К санитарно-гигиеническим требованиям относятся безопасность воды для здоровья людей, а также исключение возможности загрязнения окружающей среды. Санитарно-гигиенические аспекты использования сточных вод связаны с эпидемиологической опасностью. Не допускается использовать доочищенные городские сточные воды для восполнения потерь воды в оборотных системах водоснабжения сахарного завода, а также для мытья оборудования и других целей, где возможен непосредственный контакт с ними людей, сырья, полупродуктов и продуктов производства.

Вода для охлаждения и конденсации. В свеклосахарном производстве значительное количество воды расходуется на теплообменные процессы, такие, как конденсация вторичных паров из вакуум-аппаратов и последнего корпуса выпарной установки, вторичных паров из вакуум-фильтров; охлаждение сублиматоров сернистых печей, компрессоров; охлаждение утфеля последнего продукта, сатурационного газа из известково-газовой печи. Передача теплоты в теплообменных процессах происходит путем непосредственного контакта охлаждающей воды с теплоносителем и через стенку.

В качестве охлаждающей воды для теплообменных процессов в свеклосахарном производстве используют оборотную воду после ее охлаждения и обеззараживания и промышленную воду из источника водоснабжения.

Температура воды, используемой для охлаждения, не должна быть выше 22–25 °С. Поэтому охладители оборотной воды (градирни, брызгальные бассейны) рассчитывают, исходя из необходимости охладить теплую оборотную воду до указанной температуры в самый жаркий период производства.

Содержание взвешенных веществ в охлаждающей воде крупностью 0,05 мм не должно превышать допустимого количества, которое зависит от типов и конструкции теплообменных аппаратов. Для теплообменных аппаратов пленочного типа содержание взвешенных веществ крупностью 0,05 не может превышать концентрацию 200 мг/л, а для аппаратов форсуночного типа — 150 мг/л.

В охлаждаемой воде не должны находиться крупные минеральные примеси (песок), способные оседать в местах трубопроводов и теплообменной аппаратуры с низкими скоростями движения воды. Наличие мелкой взвеси с гидравлической крупностью менее 0,05 мм также может привести к нарушению теплообмена из-за захвата этой взвеси образующейся накипью.

Одним из основных требований, предъявляемых к воде, используемой для охлаждения и конденсации в свеклосахарном производстве, является требование к ее термостабильности, т. е. охлаждающая вода не должна давать солевых отложений в трубопроводах и на поверхностях теплообмена при нагревании.

Солевые отложения затрудняют теплопередачу, уменьшают сечение трубопроводов, увеличивают гидравлическое сопротивление и расход электроэнергии на перекачку воды.

Термостабильность оборотной воды не должна превышать 3 баллов по 6-балльной шкале термостабильности воды, т. е. скорость образования солевых отложений в теплообменных аппаратах и трубопроводах должна быть не более 0,25 г/(м² · ч), или 0,08 мм/мес. При необходимости добавочную или оборотную воду подвергают специальной обработке.

Оборотная вода не должна содержать органические вещества, в особенности те, которые при аэрации и охлаждении и при температуре 30–40 °С приводят к развитию биологических обрастаний, состоящих из бактерий, грибков и водорослей. Биологические обрастания отрицательно влияют на условия теплообмена и приводят к необходимости очистки поверхностей и дополнительному расходу электроэнергии.

Допустимая скорость развития биологических обрастаний теплообменных аппаратов, водораспределительной и оросительной систем градирен в оборотной воде не должна превышать 0,07 г/(м² · ч), т. е. быть допустимо биогенной.

При превышении этой скорости развития биологических обрастаний следует повысить дозы хлорреагентов при периодическом хлорировании оборотной воды до и после охлаждения.

Охлаждающая вода не должна вызывать коррозию металла, с которым она контактирует. В соответствии с оценкой степени агрессивного воздействия той или иной воды на незащищенные металлы охлаждающая вода должна обладать слабой или средней степенью агрессивности со скоростью коррозии в пределах $0,1-0,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Важным требованием к качеству воды, применяемой для охлаждения и конденсации в свеклосахарном производстве, является ее чистота в бактериальном отношении. Одним из путей проникновения инфекции при производстве сахара является вода, которая используется в производстве. Существует тесная связь между инфицированностью этой воды и потерями сахара, вызванными жизнедеятельностью микроорганизмов. Поэтому охлаждающая вода должна быть в бактериальном отношении безвредна для технологии, а также человека.

С санитарной точки зрения, охлаждающая вода в свеклосахарном производстве не должна выделять запахи и вызывать вспенивание, которые отрицательно сказываются на работоспособности обслуживающего персонала.

Оборотная вода, используемая для охлаждения продуктов через стенки теплообменной аппаратуры или для охлаждения агрегатов (компрессоров), должна соответствовать требованиям, приведенным в табл. 2.3.

2.3. Требования к качеству воды, применяемой для охлаждения агрегатов

Показатель	Допустимое содержание в охлаждающей воде	Примечания
Взвешенные вещества, мг/л	50—200	—
Сероводород, мг/л	0,5	—
Гипс (CaSO_4), мг/л	1500—2000	В зависимости от общего содержания сульфатов MgSO_4 и Na_2SO_4 . При температуре нагрева охлаждающей воды $20-50^\circ\text{C}$ и содержании в ней свободной углекислоты от 10 до 100 мг/л
Карбонатная жесткость, мг · экв/л	2—7	

ВНИИСПом на основании проведенных исследований по очистке лаверных вод для их использования в локальной системе оборотного водоснабжения сформулированы требования к качеству оборотной воды, используемой для охлаждения и промывки сатурационного газа. Эти требования приведены ниже:

Температура, $^\circ\text{C}$	15—24
Взвешенные вещества, мг/л	25—175

pH	9,6–9,8
ХПК, мг O ₂ /л	75–200
Сероводород, мг/л	0–0,5
Сульфиды, мг/л	5–25
Фенолы, мг/л	0,5–5
Сульфиты, мг/л	150–600
Общая жесткость, мг · экв/л	6–10
Постоянная жесткость, мг · экв/л	4–8

Оптимальная температура воды должна обеспечивать эффективное охлаждение сатурационного газа. Агрессивная угольная кислота в охлаждающей воде должна отсутствовать.

Вода для гидротранспорта и мойки свеклы. Значительное количество воды в свеклосахарном производстве используется для гидротранспорта и мойки свеклы. В настоящее время для гидротранспорта повсеместно используется оборотная транспортно-моечная вода после соответствующей очистки.

Наиболее распространенным методом очистки этих вод является механическое отстаивание с предварительным подщелачиванием воды гидроксидом кальция и последующее обеззараживание ее хлором.

Важным требованием к качеству воды, применяемой для гидротранспорта свеклы, является отсутствие в воде осаждающих примесей, которые могут вызывать заиливание гидротранспортеров. Остаточное содержание взвешенных веществ в повторно используемой транспортно-моечной воде не должно превышать 8000 мг/л.

Повторно используемая транспортно-моечная вода не должна служить источником микробиологической инфекции, которая вызывает затруднения в проведении различных процессов производства и приводит к потерям сахара. Для предупреждения развития в этой воде микроорганизмов и гнилостных процессов ее периодически обрабатывают хлором, а также известкуют до pH 10–12.

Одним из важных параметров воды, используемой для гидротранспорта и мойки свеклы, является температура. Наиболее рациональной для этой воды является температура 20–25 °С, при которой обеспечивается хорошее отмывание корней свеклы от загрязнений, а потери сахара в воде в результате выщелачивания его из корней свеклы минимальны. Однако при переработке подмороженной свеклы, а также пораженной микроорганизмами (подгнившей) потери сахара в транспортно-моечной воде могут возрасти до 0,17–0,35 % массы свеклы.

Поддержание требуемой температуры транспортно-моечных вод осуществляется в основном добавлением в оборотный цикл барометрической воды температурой 30–45 °С или применением специальных устройств для подогрева.

Повторно используемая транспортно-моечная вода не должна вызывать вспенивание, затрудняющее непосредственную доставку свеклы, эксплуатацию очистных сооружений — отстойников и насосных агрегатов.

Обильное воденение транспортерно-мочных вод вызывается присутствующим в этих водах свекловичным сапонином. Для предотвращения вспенивания транспортерно-мочных вод в последнее время применяют различные пеногасители отечественного и импортного производства.

К качеству воды для мойки свеклы предъявляются более высокие требования, чем к воде для гидротранспорта свеклы. Вода, применяемая для мойки, должна быть более чистой, максимальное содержание в ней взвесей не должно превышать 300 мг/л, а температура — не более 20—25 °С. Как и транспортерно-мочная вода, она не должна быть источником инфекции. С этой целью наряду с обеззараживанием корней свеклы хлорной известью рекомендуется также хлорировать воду, поступающую в последнюю ступень мойки. Вода, используемая для мойки свеклы, не должна иметь запаха.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Прогнозирование качества оборотной воды имеет большое значение для оценки ее пригодности в технологических процессах, оценки коррозионного действия на металл трубопроводов и теплообменные поверхности, а также оценки возможности отложения солей жесткости на этих поверхностях.

Стабилизация качества оборотной воды достигается в обычных оборотных системах водоснабжения продувкой, т. е. сбросом части циркуляционной воды (без очистки) в промышленную канализацию, источник водоснабжения, или передачей части циркуляционной воды в другие оборотные системы.

В замкнутых оборотных системах стабилизацию производят путем вывода части оборотной воды для корректировки ее качества и последующего возврата этой воды в оборотную систему. Стабилизационный расход в замкнутых системах рассчитывают с учетом того, что объем подпиточной свежей воды должен компенсировать только физические потери и потери, обусловленные затратами на собственные нужды.

Подпиточная вода для замкнутых оборотных систем водоснабжения одновременно является и источником накопления в оборотной воде различных солей. Поэтому для подпитки замкнутых систем применяют воду, предварительно прошедшую через обессоливающие и водоумягчительные установки, или же подпиточную воду совместно со стабилизационным расходом подвергают обработке для корректировки их солевого состава и осветления воды.

Критерием удовлетворительного качества оборотной воды является соответствие показателей качества циркуляционной воды тем требованиям, которые предъявляют к ней ее потребители, а в отношении общего

соле содержания и отдельных ионов — предельно допустимым концентрациям, превышение которых приводит или к интенсивной коррозии, или к инкрустации теплообменных поверхностей трубопроводов и арматуры.

В открытых оборотных системах, а также и в замкнутых оборотных системах (при условии обработки стабилизационного расхода и подпиточной воды) имеет место стабилизация качества оборотной воды.

Располагая данными по величинам потерь воды на испарение и в производстве, можно вычислить безвозвратные потери воды и определить величину коэффициента упаривания, соответствующую отсутствию сброса продувочных вод в водоем или канализацию, то есть определить условия работы открытой оборотной системы при беспродувочном режиме работы.

Для многих открытых оборотных систем водоснабжения предусматривается периодически обработка циркуляционной воды реагентами. Для вод I категории сахарных заводов рекомендуется периодическая обработка воды хлором, а для вод II категории (транспортно-моечных) — периодический ввод известкового молока для интенсификации осветления этих вод. Естественно, что в перерывах между обработками концентрация реагента снижается; характер снижения концентрации реагента в оборотной воде в значительной степени определяется факторами, зависящими от конструктивных и технологических параметров оборотной системы.

В обычных оборотных системах наряду с ростом соле содержания оборотной воды происходит также и накопление взвешенных веществ, которые придают воде качества, не позволяющие использовать ее для ряда потребителей. Чаще всего ее частично заменяют свежей, а равное количество оборотной воды сбрасывают в канализацию. В ряде случаев оборотную воду подвергают очистке от взвесей, степень которой зависит от многих факторов: степени очистки воды на сооружении, количества взвесей, содержащихся в подпиточной воде, количества подпиточной воды и сбрасываемой в виде продувки. Прогнозирование содержания взвешенных веществ в оборотной воде в этом случае имеет важное значение.

ОХРАНА ВОДОЕМОВ И УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД

Водоемы представляют собой сложные экологические системы существования живых организмов. Живые организмы, населяющие водоемы (гидробионты), тесно связаны между собой общими условиями жизни, и в первую очередь ресурсами питания, имеющимися в водоемах. В зависимости от места обитания в водоемах гидробионты разделяются на донных обитателей (бентос) и обитателей в толще воды (планктон). В свою очередь, водные растения представлены группами

зообентоса и зоопланктона, а животные — зоопланктоном и фитопланктоном.

Гидробионты играют определяющую роль в самоочищении водоемов. Так, грибок лептомитус на площади дна, равной 1 м^2 , способен минерализовать за 1 сут около 6—7 т органических веществ, из которых $\frac{2}{3}$ использует на энергетические затраты, а остальное — на свой рост и размножение. Интенсивно минерализуют органические вещества и водоросли, причем в процессе фотосинтеза они являются поставщиками кислорода, необходимого для окисления органических веществ. Остальная часть кислорода поступает в водоем в процессе аэрации при контакте поверхности воды с атмосферным воздухом. Участие микроорганизмов в минерализации органических веществ заключается в интенсификации процессов их окисления кислородом. Поэтому естественное самоочищение водоемов от органических загрязнений является в первую очередь биохимическим процессом и неразрывно связано с жизнедеятельностью бактериальной флоры и фауны.

Процессы самоочищения водоемов зависят от гидробиологической и гидрохимической обстановки в них, а также от различных физических и химических факторов, влияющих на эти процессы. Появление вредных примесей в водоемах приводит к общему ухудшению качества воды, затрудняет ее использование, а иногда делает совершенно непригодной для дальнейшего применения.

Особенно большое значение в процессе самоочищения имеет кислородный режим водоемов. Концентрация кислорода в водоеме является следствием протекания процессов его потребления и восстановления. Максимальный дефицит при больших сбросах органических веществ в водоемы может достигать величин, при которых значительно нарушается биоценоз, происходит накопление и загнивание органических веществ, вызывающих общее ухудшение качества воды. Поэтому сброс сточных вод в водоемы должен регламентироваться по содержанию вредных примесей в водоеме, которые сбрасываются со сточными водами, и условиям использования воды промышленными предприятиями.

Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик установлено, что сброс сточных вод допускается в случаях, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ свыше установленных норм и при условии очистки водопользователем сточных вод до пределов, установленных органами по регулированию использования и охране вод.

В настоящее время охрана водоемов производится в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водоемами", утвержденными Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством рыбного хозяйства СССР и главным государственным санитарным врачом СССР. Эти правила включают общие требования к водопользователям в отношении сброса сточных вод в водоемы.

Согласно правилам водные объекты разделяются на водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и рыбохозяйственные водоемы. Водоемы первого вида разделяются на используемые для централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, водоснабжения пищевых предприятий и используемые для купания, спорта и отдыха населения и на водоемы в черте населенных мест. Рыбохозяйственные водоемы разделяются на используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, и используемые для всех других рыбохозяйственных целей. Устанавливаются и нормативные требования к составу и свойствам воды в водоемах. Эти требования приведены в табл. 2.4.

2.4. Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов водопользования

Показатель	Категория водопользования			
	для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения пищевых предприятий	для купания, спорта и отдыха, для водоемов в черте населенных мест	для сохранения и воспроизведения ценных рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду	для всех других рыбохозяйственных целей

Взвешенные вещества, мг/л	Содержание взвешенных веществ по сравнению с содержанием природных не должно увеличиваться более чем на:			
	0,25	0,75	0,25	0,75
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 моль/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания их в воде водоемов в пределах 5 %			
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки нефтепродуктов, масел и скопление других примесей			
Запахи, привкусы, окраска	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые непосредственно или при последующем хлорировании. Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыб. Окраска не должна обнаруживаться в столбике		Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их мясу рыб	
	20 см	10 см		
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со средне-		Температура воды не должна повышаться по сравнению с естественной температурой водоема более чем на 5 °С с общим	

Показатель	Категория водопользования			
	для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения пищевых предприятий	для купания, спорта и отдыха, для водоемов в черте населенных мест	для сохранения и воспроизведения ценных рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду	для всех других рыбохозяйственных целей

месячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет

повышением температуры до 20 °С летом и 5 °С зимой для водоемов, в которых обитают холодноводные рыбы (лососевые, сиговые), и более чем до 28 °С летом и 8 °С зимой для остальных водоемов

Реакция	Не должна выходить за пределы 6,5–8,5 рН			
Минеральный состав	Не должен превышать 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л	Нормируется по показателю привкуса	—	—
Растворенный кислород	Содержание должно быть не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч для		Содержание в зимний (подледный) период должно быть не ниже: 6 мг/л	4 мг/л В летний (открытый) период во всех водоемах кислорода должно быть не ниже 6 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч дня
Биохимическая потребность в кислороде, мг/л	Полная потребность воды в кислороде не должна превышать:	3	6	3
Ядовитые вещества	Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное действие на организм человека		Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное действие на рыб и водные организмы, служащие кормовой базой для рыб	

При одновременном (комбинированном) загрязнении водоемов несколькими вредными веществами нормирование комплекса ведется только в отношении тех вредных веществ, для каждого из которых

уже разработана и обоснована предельно допустимая концентрация. Комбинации веществ, характеризующихся одинаковыми лимитирующими признаками, вызывают усиление действия на водоем. Степень совместного вредного влияния комбинаций не должна превышать действия каждого из веществ в отдельности по показателю их предельно допустимой концентрации.

Эффект суммарного действия вредных веществ одной и той же группы по лимитирующему признаку вредности суммируется. Величина предельно допустимой концентрации каждого вещества, входящего в комплекс, должна быть уменьшена во столько раз, сколько вредных веществ содержится в сточных водах, предполагаемых к сбросу. Сумма концентраций всех веществ, выраженных в процентах их предельно допустимых концентраций в отдельности, не должна превышать 100 %.

Глава 3

ОБОРОТНЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В ОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Значительное количество воды (до 1000 % массы свеклы) в свеклосахарном производстве расходуется на охлаждение и конденсацию.

В настоящее время для новых и комплексно реконструируемых свеклосахарных заводов в качестве типовой схемы принята схема водоснабжения и канализации с минимальным расходом исходной воды и количеством сточных вод до 50 % массы перерабатываемой свеклы.

Для схемы водоснабжения и канализации с количеством промышленных сточных вод 85 % массы свеклы предусматривается использование четырех отдельных самостоятельных оборотных систем охлаждающего водоснабжения.

Это прежде всего основная и наиболее широко применяемая оборотная система вод I категории главного корпуса. В системе используется вода от конденсаторных установок и насосно-компрессорного оборудования. Температура сбрасываемой воды 41—43 °С, возвращаемой охлажденной воды 20—25 °С.

Второй по мощности и наиболее широко применяемой на сахарных заводах является оборотная система вод I категории ТЭЦ. В этой системе используется вода от паро-, масло- и воздухоохладителей. Мощность ее около 100 % массы перерабатываемой свеклы. Температура сбрасываемой воды 30—25 °С, а возвращаемой 24 °С.

Третья оборотная система вод I категории — оборотная система компрессорной станции сжатого воздуха для КИПиА, которая за последние десятилетия получила также широкое распространение на сахар-

ных заводах. Распространению этой системы на сахарных заводах способствовало широкое внедрение в практику свеклосахарного производства автоматических систем контроля, регулирования и управления технологическими процессами, для осуществления которых потребовалось строительство компрессорных станций сжатого воздуха.

В оборотной системе компрессорной станции используется вода от охлаждения компрессоров сжатого воздуха. Мощность этой оборотной системы составляет 10 % массы перерабатываемой свеклы. Температура сбрасываемой воды 30 °С, а после охлаждения 24 °С.

Четвертая оборотная система вод I категории — это оборотная система охлаждающего водоснабжения холодильной установки склада неупакованного сахара. Применение этой системы сопряжено с эксплуатацией силосов для бестарного хранения сахара, которое используется на отечественных сахарных заводах большой мощности. В этой оборотной системе используется вода от охлаждения кондиционеров воздуха. Мощность оборотной системы составляет 40 % массы перерабатываемой свеклы. Температура сбрасываемой воды находится в пределах 30 °С, а возвращаемой 24 °С.

Перечисленные выше оборотные системы охлаждающего водоснабжения, применяемые в свеклосахарном производстве, условно можно разделить на практически чистые оборотные системы (циклы) и оборотные системы с возможным загрязнением оборотной воды. К практически чистым оборотным системам следует отнести оборотные системы охлаждающего водоснабжения ТЭЦ, компрессорной и холодильной установок силосов склада неупакованного сахара. Особенностью этих систем является то, что качество оборотных вод в них формируется в зависимости от принятого водного режима работы оборотной системы (количества оборотной воды, сбрасываемой из системы, количества добавочной свежей воды, поступающей в систему для восполнения всех потерь), в то время как качество воды в оборотной системе вод I категории главного корпуса формируется не только в зависимости от принятого водного режима работы системы, но и от эффективности работы групповых ловушек утфельного пара, работы вакуум-конденсационной установки, где при контактной конденсации утфельного пара существует большая вероятность загрязнения оборотной воды сахаросодержащими продуктами.

В зависимости от принятой схемы водоиспользования и канализации сахарного завода схемы использования воды в оборотных системах охлаждающего водоснабжения отличаются только показателями водного режима, т. е. количеством оборотной воды, передаваемой в другую оборотную систему или на другой водопотребитель, после которого отработавшая вода сбрасывается в сточные воды III категории, — количеством оборотной воды, сбрасываемой из системы в сточные воды в виде продувки, которая в зависимости от принятой схемы водоснабжения и канализации имеет свою нормативную величину. Аналогичные отличия

существуют и для добавочной воды, направляемой в систему для восполнения потерь. Общим является то, что в оборотную систему вод I категории главного корпуса в качестве добавки (подпитки) используется конденсат utfельного пара, который переходит в оборотные воды при контактной конденсации в барометрических конденсаторах смешения. Такой вид поступления добавочной воды в оборотную систему носит название "скрытой подпитки".

Движение воды в оборотной системе осуществляется следующим образом. Отработанные воды с повышенной температурой (43—30 °С) поступают на охладительные установки (градирню, брызгальный бассейн или пруд-охладитель), где температура их снижается за счет испарительного охлаждения и конвективного теплообмена. При этом наряду со снижением температуры происходит насыщение воды кислородом воздуха, окисление в воде различных легкоокисляющихся веществ минерального и органического происхождения, а также десорбция различных газов, перешедших в воду в процессе конденсации паров или же образующихся в воде в результате физико-химических процессов. Затем вода после охлаждения и аэрации подается на напорный сборник, откуда она поступает на водопотребители. С целью обеззараживания оборотных вод в системе их подвергают периодической обработке газообразным хлором или хлорсодержащими продуктами (гипохлоритом натрия). Оборотную воду необходимо обеззараживать как перед подачей ее на охладительные установки, так и перед подачей на водопотребители. Обработка хлором позволяет не только губительно действовать на патогенные и другие виды микроорганизмов, но и эффективно препятствует биологическим обрастаниям, которые отрицательно влияют на теплообменные процессы и продуцируют в системе взвеси органического происхождения.

На рис. 3.1. (а—г) представлены балансовые схемы оборотных систем охлаждающего водоснабжения свеклосахарного завода как составляющие общей схемы водоснабжения и канализации с минимальным расходом воды и количеством сточных вод до 50 % массы перерабатываемой свеклы, а в табл. 3.1 приведены баланс воды и параметры водного режима этих охлаждающих оборотных систем.

Как видно из рис. 3.1 и данных табл. 3.1, параметры водного режима каждой оборотной системы, такие, как величина продувки, величина подпитки системы свежей водой, регламентированы с целью снижения расхода свежей воды в производстве и уменьшения количества сточных вод, сбрасываемых от каждой системы в сточные воды в виде продувки.

Аналогичные схемы использования воды в оборотных системах вод I категории и баланс воды с аналогичными параметрами водного режима предусматриваются также и схемой водоснабжения и канализации с количеством промышленных сточных вод 85 % массы свеклы.

На рис. 3.2 представлена балансовая схема вод I категории главного корпуса, которая в настоящее время эксплуатируется на большинстве

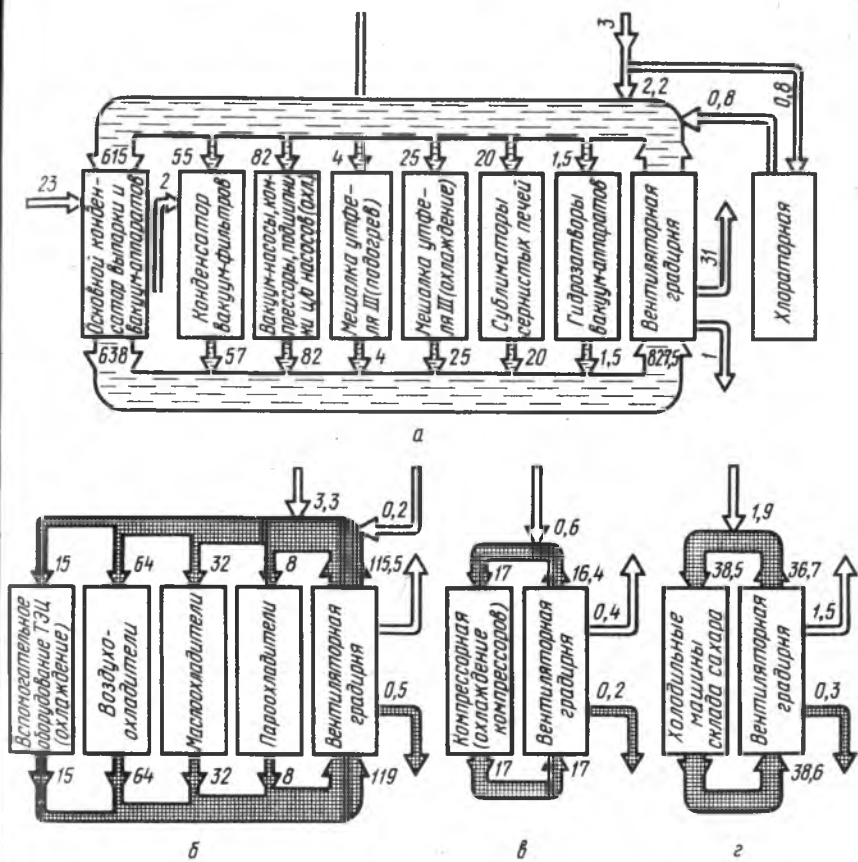


Рис. 3.1. Балансовая схема оборотных систем охлаждающего водоснабжения свеклосахарного завода по схеме водоснабжения и канализации с минимальным расходом воды и количеством сточных вод до 50 % массы свеклы:

а — оборотная система вод I категории главного корпуса; б — оборотная система вод I категории ТЭЦ; в — оборотная система вод I категории компрессорной; г — оборотная система вод I категории холодильной установки склада неупакованного сахара

сахарных заводов. Эта схема является составляющей усовершенствованной схемы водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы перерабатываемой свеклы. Кроме оборотной системы вод I категории главного корпуса, указанная схема водоснабжения и канализации предусматривает также и оборотную систему вод I категории ТЭЦ с аналогичными параметрами водного режима, которые предусмотрены для этой оборотной системы как типовой схемой водоснаб-

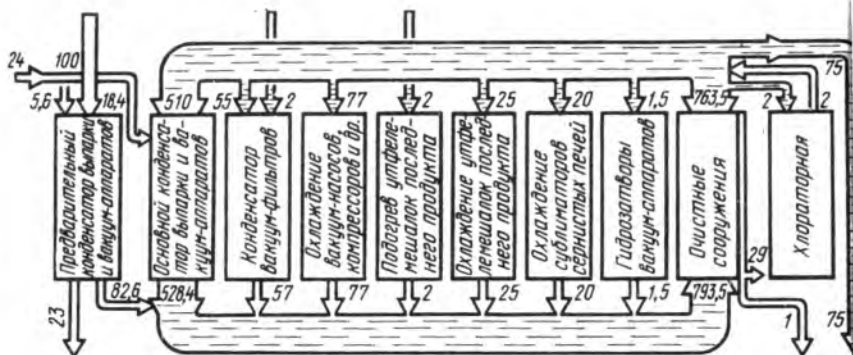


Рис. 3.2. Балансовая схема вод I категории главного корпуса по усовершенствованной схеме водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы свеклы

жения и канализации с минимальным количеством сточных вод, так и схемой водоснабжения и канализации с количеством промышленных сточных вод 85 % массы свеклы.

3.1. Баланс воды оборотных систем вод I категории по схеме водоснабжения и канализации с минимальным расходом воды и количеством сточных вод до 50 % массы свеклы

Потребители оборотной воды и параметры водного режима оборотной системы	Количество воды (% массы свеклы)	
	поступающее в оборотную систему от водопотребителей	поступающее на потребители оборотной воды

1. Обратная система вод I категории главного корпуса

1.1. Основной конденсатор вакуум-аппаратов и выпарной установки	638,0	615,0 + 23*
1.2. Конденсатор вакуум-фильтров	57,0	55,0 + 2*
1.3. Вакуум-насосы, компрессоры, подшипники центробежных насосов (охлаждение)	82,0	82,0
1.4. Мешалки утфеля III кристаллизации:		
подогрев	4,0	4,0**
охлаждение	25,0	25,0

*Оборотная вода + конденсат вторичного пара.

**Аммиачная вода.

Потребители оборотной воды и параметры водного режима оборотной системы	Количество воды (% массы свеклы)	
	поступающее в оборотную систему от водопотребителей	поступающее на потребители оборотной воды
1.5. Сублиматоры сернистых печей	20,0	20,0
1.6. Гидрозатворы вакуум-аппаратов	1,5	1,5
Σ	827,5	827,5
Потери воды в системе	32,0	—
в том числе:		
при охлаждении на градирне	31,0	—
с продувкой в сточные воды	1,0	—
Подпитка оборотной системы	—	32
в том числе:		
свежей водой	—	3
аммиачной водой	—	4
конденсатами вторичных паров	—	25
<i>2. Обратная система вод I категории ТЭЦ</i>		
2.1. Пароохладители	8,0	8,0
2.2. Маслоохладители	32,0	32,0
2.3. Воздухоохладители	64,0	64,0
2.4. Вспомогательное оборудование ТЭЦ	5,0	5,0
Σ	109	109
Потери воды в системе,	3,5	—
в том числе:		
при охлаждении на градирне	3,0	—
с продувкой в сточные воды	0,5	—
Подпитка оборотной системы	—	3,5
в том числе:		
свежей водой	—	3,5
конденсатом	—	—
<i>3. Обратная система вод I категории компрессорной КИПиА</i>		
3.1. Компрессора сжатого воздуха (охлаждение)	9,4	9,4
Σ	9,4	9,4
Потери воды в системе	1,0	—
в том числе:		
при охлаждении на градирне	0,8	—
с продувкой в сточные воды	0,2	—
Подпитка системы	—	1,0
в том числе:		
свежей водой	—	1,0
конденсатом	—	—

Потребители оборотной воды и параметры водного режима оборотной системы	Количество воды (% массы свеклы)	
	поступающее в оборотную систему от водопотребителей	поступающее на потребители оборотной воды

4. Оборотная система вод I категории холодильных машин склада неупакованного сахара

4.1. Компрессора охладительных машин (охлаждение)	38,6	38,6
Σ	38,6	38,6
Потери воды в системе	1,9	—
в том числе:		
при охлаждении на градирне	1,6	—
с продувкой в сточные воды	0,3	—
Подпитка оборотной системы	—	1,9
в том числе:		
свежей водой	—	—
конденсатом	—	—

В табл. 3.2 приведен баланс воды оборотной системы вод I категории главного корпуса по усовершенствованной схеме водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы свеклы.

Как видно из рис. 3.2 и табл. 3.2, параметры водного режима оборотной системы вод I категории главного корпуса значительно отличаются от параметров водного режима этой оборотной системы, которые предусмотрены типовой схемой водоснабжения и канализации с минимальным количеством производственных сточных вод, а также схемой водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 85 % массы свеклы.

Основное отличие состоит в том, что количество добавочной свежей воды, которое поступает в систему для восполнения всех потерь, составляет 82,6 % массы свеклы против 3 %. Добавка же в оборотную систему конденсата вторичных паров, продувка системы в сточные воды III категории и потери оборотной воды при испарительном охлаждении на охладителе (градирне) имеют почти одинаковые значения. Такое большое значение величины добавки свежей воды (82,6 %) вызвано тем, что значительное количество оборотной воды (75 % массы свеклы) передается в оборотную систему гидротранспорта и мойки свеклы в виде подпитки и на другие потребители, отработанная вода после которых направляется в сточные воды III категории. Такая передача части оборотной воды в другие оборотные системы по отношению к данной системе является не чем иным, как одним из видов продувки.

3.2. Баланс воды оборотной системы вод I категории главного корпуса по усовершенствованной схеме водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы свеклы

Потребители оборотной воды и параметры водного режима оборотной системы	Количество воды (% массы свеклы)	
	поступающее в оборотную систему от водопотребителей	поступающее на потребители оборотной воды
1. Основной конденсатор вакуум-аппарата и выпарной установки	528,4	510 + 18,4
2. Конденсатор вакуум-фильтров	57,0	55 + 2
3. Вакуум-насосы, компрессоры, подшипники центробежных насосов (охлаждение)	77,0	77,0
4. Утфелемешалки последнего продукта:		
подогрев	2,0	2,0
охлаждение	25,0	25,0
5. Сублиматоры сернистых печей	20,0	20,0
6. Гидрозатворы вакуум-аппаратов	1,5	1,5
Потери воды в системе	105,0	—
в том числе:		
при охлаждении на градирне	29,0	—
с продувкой в стоки III категории	1,0	—
с передачей воды на другие потребители и системы	15,0	—
Подпитка оборотной системы	—	—
в том числе:		
свежей водой	—	82,6
аммиачной водой	—	2,0
конденсатами вторичных паров	—	20,4

Как влияют на качество оборотной воды величины продувки и подпитки оборотной системы, будет более детально рассмотрено ниже. Однако необходимо заранее уяснить, что значительная величина продувки оборотной системы приводит к повышению количества сточных вод и расходу воды в производстве, кроме того, при определенных условиях (значительной карбонатной жесткости свежей воды) в системе будут наблюдаться карбонатные отложения. Так что величина продувки оборотной системы должна быть оптимальной для конкретной системы с учетом качества прудовой или свежей воды.

На ряде отечественных сахарных заводов применяются и другие схемы использования воды в охлаждающих оборотных системах. Их основное отличие состоит в том, что после ряда потребителей оборотной воды отработавшая вода может повторно использоваться на другие потребители, после которых она направляется непосредственно в сточные воды, т. е. имеют место смешанные системы охлаждающего водоснабжения. Однако применение таких систем водоснабжения, как правило, приводит к повышению количества сточных вод и расходу свежей воды в производстве.

Широко применяются оборотные системы охлаждающего водоснабжения и на зарубежных сахарных заводах. Однако в зависимости от технической оснащенности сахарного завода, принятой схемы водоснабжения и канализации, а также условий расположения завода и условий законодательных требований к охране окружающей среды в данной стране эти оборотные системы имеют свои особенности. Наиболее распространены оборотные системы барометрических вод. Охладительные воды в большинстве случаев используются в повторно-прямоточных системах.

На вновь построенных сахарных заводах применяют и более совершенные оборотные системы охлаждающего водоснабжения. В ПНР на заводе "Вербковице" отказались от подогрева транспортерно-моечной воды путем добавления к ней теплой барометрической, так как это приводило к появлению значительного количества избыточных транспортерно-моечных вод. Для подогрева этой воды был разработан специальный трубчатый теплообменник, который включался в работу по мере необходимости, обычно в зимний период времени, что позволяло утилизировать тепло барометрических вод и значительно снизить количество избыточных транспортерно-моечных вод.

Наиболее широко применяют оборотные системы охлаждающего водоснабжения на сахарных заводах ЧССР. В качестве охладителей применяют не только вентиляторные градирни, но и башенные гиперболической формы, диаметром 17,7 у основания и высотой 26 м. Такая градирня позволяет охлаждать воду в количестве 800 % массы свеклы при температуре окружающего воздуха 15 °С с 51 до 29 °С. Воду перед и после охладительных установок хлорируют (доза хлора 1,5 мг/л).

Оборотные системы охлаждающего водоснабжения широко также применяют на сахарных заводах ФРГ, Франции и Швейцарии. Однако и в этих странах имеются заводы, где барометрические (теплые) воды и охлаждающие воды после охлаждения и аэрации сбрасываются в реки.

Таким образом, применение оборотных систем охлаждающего водоснабжения сахарных заводов позволяет не только обеспечивать производство сахара из свеклы водой требуемого качества, но и резко снизить расход свежей воды (водопотребление) и количество сточных вод, которое является в настоящее время одной из актуальных задач в системе экологии и охраны рек от загрязнения их производственными сточными водами.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРОТНЫХ ВОД I КАТЕГОРИИ

Состав оборотных вод I категории сахарных заводов довольно разнообразен и зависит как от состава воды источника водоснабжения, так и от оборотной системы, в которой вода многократно используется, водно-химического режима работы оборотной системы: величин продувки, качества воды, используемой для подпитки, применяемых мето-

дов кондиционирования воды в оборотной системе и ряда других факторов, связанных с работой вакуум-конденсационных установок, а также качеством сырья и технологией его переработки.

Несмотря на то что воды I категории сахарных заводов относятся к условно чистым водам, формирование их состава всегда представляло интерес для производства, так как по ряду показателей качества этих вод можно судить об эффективности работы вакуум-конденсационной установки, а также и о режимах работы отдельных станций основного производства.

Одними из наиболее важных компонентов вод I категории являются барометрические воды от вакуум-конденсационных установок. Эти воды представляют собой речную или прудовую воду, содержащую лишь незначительные количества аммиака и других летучих веществ, увлекаемых водяными парами в процессе уваривания утфелей или концентрирования сока в выпарных установках. Часто барометрические воды содержат и органические вещества, которые представлены сахаром и другими продуктами свеклосахарного производства. Температура барометрических вод колеблется в пределах 35–50 °С.

Количество выделяющегося при процессах выпаривания и уваривания аммиака находится в прямой и тесной зависимости как от вида и количества азотистых составных частей перерабатываемой свеклы, так и от степени очистки сока. Из 100 г сока выделяется от 0,0077 до 0,0175 г аммиака, причем главная масса его выделяется в выпарных аппаратах, более энергично — в начале выпаривания, чем в конце.

В 100 мл аммиачной воды содержится следующее количество аммиака:

	<i>Минимальное содержание</i>	<i>Максимальное содержание</i>	<i>Среднее</i>
II корпус	3,08 мг	8,28 мг	6,24 мг
III корпус	2,10 мг	7,16 мг	4,08 мг

Химический состав сточных вод сахарных заводов представлен в табл. 3.3.

3.3. Химический состав барометрических вод и воды, поступающей на производство

Показатель	Вода на производстве	Барометрическая вода	
		после вакуум-аппаратов	после выпарной установки
Плотный остаток, мг/л	448,0	516,0	603,0
Остаток после прокаливании, мг/л	372,0	282,0	323,0

Показатель	Вода на производстве	Барометрическая вода	
		после вакуум-аппаратов	после выпарной установки
Потери при прокаливании, мг/л	76,0	234,0	280,0
Содержание, мг/л:			
азота	2,60	67,0	51,0
аммиака	—	44,0	30,0
хлора	—	16,0	7,0
углерода	—	10,0	6,0
HNO ₃	—	Следы	—
HNO ₂	—	—	—
Реакция	Слабощелочная	Щелочная	Щелочная

В табл. 3.4 представлены химический состав и физические свойства различных компонентов сточных вод I категории, а также пределы колебаний различных показателей в указанных водах.

Из данных табл. 3.4 видно, что наиболее загрязнены барометрические воды. Они характеризуются повышенным содержанием как минеральных, так и органических веществ, содержат аммиак, а также взвешенные вещества.

Другие компоненты сточных вод I категории загрязнены в меньшей степени, а их доля в общей смеси сточных вод I категории незначительна. Таким образом, состав барометрических вод играет важную роль в формировании состава всей смеси сточных вод I категории.

Особый интерес представляет микробиологический состав вод I категории.

Известно, что присутствие микроорганизмов в водах I категории, как и в других водах, используемых в производстве сахара, является причиной проникновения микробиологической инфекции на различные участки свеклосахарного производства. Микроорганизмы оказывают отрицательное воздействие на протекание технологических процессов и качество сахара. Они образуют кислоты, вызывают ослизнение соков и сиропов, ухудшают процесс их фильтрования. В результате жизнедеятельности микроорганизмов ежечасно при температуре 30 °С теряется около 0,2 % сахара.

Поэтому изучению микробиологического состава исходных и оборотных вод в свеклосахарном производстве и разработке высокоэффективных способов обеззараживания воды в настоящее время уделяется должное внимание как в отечественной сахарной промышленности, так и за рубежом.

3.4. Физико-химический состав компонентов сточных вод I категории свеклосахарных заводов

Показатель	Барометрическая вода			Конденсационная вода	Аммиачная вода	Вода от охлаждения оборудования	Отработавшие воды
	предварительного конденсатора вакуум-аппаратов	основного конденсатора выпарной установки и вакуум-аппаратов	конденсатора вакуум-фильтров				
Температура, °C	<u>45-53</u> 49	<u>38-50,5</u> 41,5	<u>28-43,5</u> 33	<u>88-96</u> 92	<u>65-85</u> 67,5	<u>15,5-34</u> 29,5	<u>3-25</u> 12
Взвешенные вещества, мг/л	<u>34,1-208</u> 67,4	<u>173-476</u> 263	<u>128-366</u> 212	<u>2-7</u> 6	<u>3-74</u> 29	<u>31-182</u> 61,1	<u>24-141</u> 48
Реакция среды, ед рН	<u>8-8,6</u> 8,2	<u>7,1-8,3</u> 7,9	<u>6,9-8,1</u> 7,8	<u>9,1-9,4</u> 9,3	<u>8,3-9,8</u> 9,1	<u>6,5-8,4</u> 7,1	<u>6,5-8,7</u> 7,3
Растворенный кислород, мг/л	<u>2,3-4,3</u> 4,0	<u>2,1-3,6</u> 3,2	<u>2,2-9,5</u> 3,1	<u>2,1-5,4</u> 3,7	<u>2,4-5,5</u> 4,1	<u>5,9-10,1</u> 7,1	<u>8,2-11</u> 10,4
Сухой остаток, мг/л	<u>237-1099</u> 632	<u>267-1122</u> 572	<u>217-984</u> 540	<u>21,7-62,2</u> 39,6	<u>48,6-357</u> 174	<u>213-712</u> 450	<u>213-710</u> 433
Потери при прокаливании, мг/л	<u>45,7-416</u> 223	<u>56-467</u> 193	<u>28-347</u> 162	<u>18,0-20</u> 19,3	<u>36,1-150</u> 98,2	<u>28-104</u> 64	<u>19,2-176</u> 60,2
Окисляемость перманганатная, мг O ₂ /л	<u>10,8-48,1</u> 24,2	<u>25-188</u> 80	<u>15,3-88</u> 49,7	<u>14,3-34,4</u> 24,3	<u>17,2-107</u> 35,6	<u>12,1-70,2</u> 31,4	<u>11,2-69,1</u> 30,4
БПК полная, мг/л	<u>24,3-102</u> 53,7	<u>52-423</u> 178	<u>38-165</u> 106	<u>19,7-47</u> 36	<u>41,4-244</u> 86,4	<u>19,3-136,7</u> 65	<u>18-124</u> 63,4
ХПК, мг O ₂ /л	<u>29-124</u> 65	<u>62,7-516</u> 217	<u>44,2-193</u> 121	<u>25,5-63</u> 47,2	<u>54,7-318,4</u> 115,4	<u>24,8-169</u> 78,4	<u>21,4-167,7</u> 76,2

Продолжение

Показатель	Барометрическая вода			Конденсационная вода	Аммиачная вода	Вода от охлаждения оборудования	Отработавшие воды
	предварительного конденсатора вакуум-аппаратов	основного конденсатора выпарной установки и вакуум-аппаратов	конденсатора вакуум-фильтров				
Общий азот, мг/л	$\frac{8,7-33,3}{17,2}$	$\frac{10,1-38,2}{21,1}$	$\frac{9,9-37,8}{20,7}$	$\frac{2-3,1}{2,6}$	$\frac{17,6-466,7}{231,8}$	$\frac{2,0-8,1}{5,1}$	$\frac{1,9-7,9}{4,9}$
Аммиак и соли аммония, мг/л	$\frac{4,7-30,1}{15,2}$	$\frac{5,2-33,1}{19,2}$	$\frac{4,9-32,4}{17,9}$	$\frac{0,9-2,4}{1,8}$	$\frac{19,5-383}{190,5}$	$\frac{1,1-1,7}{1,4}$	$\frac{1,0-1,65}{1,35}$
Сульфаты, мг/л	$\frac{6,1-101}{62}$	$\frac{12-86,4}{57}$	$\frac{6-88,7}{61}$	$\frac{0-12,4}{5,6}$	$\frac{0-57,3}{28,2}$	$\frac{1-70}{63,7}$	$\frac{4-101}{59}$
Фосфаты, мг/л	$\frac{0-2,2}{0,7}$	$\frac{0-1,9}{0,4}$	$\frac{0-2,1}{0,6}$	$\frac{0-1,5}{0,4}$	$\frac{0-10}{3}$	$\frac{0-9,8}{4,9}$	$\frac{0-6}{2,1}$
Хлориды, мг/л	$\frac{18,4-130}{47,6}$	$\frac{19,7-124}{46,4}$	$\frac{15-114}{45}$	$\frac{1,7-8,4}{5,0}$	$\frac{1,1-64}{18,5}$	$\frac{15-96}{49,9}$	$\frac{17,6-111}{87}$

Примечание. В числителе даны пределы колебаний показателей состава воды, в знаменателе — их средние значения, указывающие, к какой концентрации более близки эти показатели.

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОД I КАТЕГОРИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПЕРЕВОДА В ЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Основные параметры водно-химического режима оборотных систем охлаждающего водоснабжения. Оборотные системы вод I категории сахарного завода относятся к оборотным системам охлаждающего водоснабжения, водно-химический режим которых характеризуется такими показателями, как коэффициент концентрирования солей в оборотной воде (K_C), коэффициент упаривания (K_Y), допустимое солесодержание ($C_{доп}$), процент использования оборотной воды (P), величина продувки ($W_{прод}$), величина подпитки ($W_{под}$), величина потерь воды на испарение ($W_{исп}$), солесодержание подпиточной воды ($C_{под}$) и др.

Различают два вида режимов работы оборотных систем охлаждающего водоснабжения.

Первый из них незамкнутый режим или режим работы с продувкой. Он является наиболее широко распространенным режимом работы оборотных систем охлаждающего водоснабжения. Режим этот предусматривает сброс части оборотной воды и восполнение системы свежей водой или другой водой, качество которой значительно лучше качества оборотной воды.

И второй вид режима работы оборотной системы — так называемый замкнутый режим, или бессточный режим. Он не предусматривает вывода части оборотной воды из системы в виде продувки, свежая же вода или другая обработанная вода (добавочная или подпиточная) используется при этом режиме, только для выполнения потерь, связанных с испарением, брызгоуносом и фильтрацией на очистных сооружениях.

Необходимость сброса воды из оборотной системы при работе ее в режиме с продувкой обуславливается как ростом солесодержания оборотной воды за счет ее упаривания, так и накоплением в оборотной воде взвесей, органических веществ и других загрязнений.

Известно, что в процессе длительной рециркуляции воды в системе происходят изменения химического состава и физико-химических свойств оборотной воды, которые обусловлены тем, что вода испаряется и поглощает пыль из воздуха в открытых охладителях испарительного типа (градирнях и брызгальных бассейнах), а в ряде случаев загрязняется веществами, находящимися в производстве, и в конечном итоге перестает отвечать технологическим требованиям.

Изменения химического состава и физико-химических свойств рециркулируемой воды в оборотной системе вод I категории главного корпуса происходят не только из-за испарения части воды, но и вследствие особенностей этой системы. Они заключаются в том, что процесс отведения теплоты охлаждающей водой осуществляется как при непосредственном контакте с теплоносителем (вторичным паром), так и через теплопередающую стенку. Непосредственный контакт охлаждающей

оборотной воды с теплоносителем — вторичным паром из вакуум-аппаратов и выпарной установки — приводит не только к поступлению в оборотную систему конденсата, который частично компенсирует потери оборотной воды в системе и играет роль "скрытой подпитки" системы, но и к поступлению в систему полупродуктов производства, которые приводят к загрязнению оборотной воды органическими и минеральными веществами.

Испарение части оборотной воды при охлаждении на градирне приводит к повышению ее минерализации и к нарушению стабильности; в оборотной воде происходит также накопление взвешенных веществ, формирование которых в системе зависит от содержания взвеси в подпиточной воде, запыленности окружающего воздуха, прокачиваемого через градирню, количества взвеси, продуцируемой в самой системе — продуктов коррозий, а также взвеси биологического происхождения.

Поэтому с целью освежения воды в системе, снижения роста соледержания оборотной воды и предотвращения накопления в ней взвесей, органических веществ и других загрязнений часть оборотной воды сбрасывают из системы и пополняют ее свежей водой. Однако такой прием улучшения качества рециркулируемой воды сопряжен с образованием сточных вод и расходом свежей воды.

Количество продувочных вод из оборотных систем охлаждающего водоснабжения в различных отраслях промышленности, в том числе и сахарной, регламентировано. Так, при схеме водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов величины продувок для отдельных оборотных систем вод I категории соответственно составляют для оборотной системы главного корпуса 1 % массы перерабатываемой свеклы, для оборотной системы ТЭЦ — 0,5, для оборотной системы компрессорной КИПиА — 0,2 и для оборотной системы холодильной установки силосов склада неупакованного сахара — 0,1 %. На свеклосахарных заводах, которые применяют усовершенствованную схему водоснабжения и канализации с количеством промышленных сточных вод 170 % массы свеклы, величины продувок для оборотных систем вод I категории составляют: 76 % — для оборотной системы главного корпуса, 1 — для оборотной системы ТЭЦ и 0,2 % — для оборотной системы компрессорной КИПиА.

Несмотря на регламентирование величины продувок для различных оборотных систем охлаждающего водоснабжения сахарного завода, в практике же эксплуатации этих систем довольно часто наблюдаются значительные превышения нормативных величин и как следствие — сброс продувочных вод в водоем.

В табл. 3.5 приведены показатели параметров водного режима оборотных систем вод I категории сахарного завода по различным схемам водоснабжения и канализации, которые применяются на отечественных сахарных заводах.

Из данных табл. 3.5 видно, что значения показателей водного ре-

**3.5. Показатели параметров водного режима оборотных систем
вод I категории сахарного завода**

Оборотная система вод I категории	Количество оборотной воды в системе, % массы свеклы $W_{пб}$	Потери воды в системе, % массы свеклы			Подпитка системы, % массы свеклы			Оборот, %, P
		при испарении на градирне $W_{исп}$	при передаче др. системам $W_{пер}$	с про-двух-кой $W_{пр}$	све-жей водой $W_{св.в}$	ам-миач-ной водой $W_{ам.в}$	кон-денса-тами вторич-ного пара $W_{конд}$	

Схема водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов

Оборотная система вод I категории главного корпуса	795,8	31,0	—	1,0	3,0	4,0	25,0	96,14
Оборотная система вод I категории ТЭЦ	105,5	3,0	—	0,5	3,5	—	—	96,70
Оборотная система вод I категории компрессорной	8,4	0,8	—	0,2	1	—	—	90,00
Оборотная система вод I категории холодильных машин склада неупакованного сахара	36,7	1,6	—	0,3	1,9	—	—	95,00

Усовершенствованная схема водоснабжения и канализации действующего свеклосахарного завода

Оборотная система вод I категории главного корпуса	688,5	29	75	1	82,6	2,0	20,4	86,75
Оборотная система вод I категории ТЭЦ	100,0	3	—	1	4	—	—	96,15

жима оборотных систем вод I категории, и в частности величин процента оборота (P) для каждой системы, различны и зависят в основном от схемы водоснабжения и канализации. Для одной и той же схемы водоснабжения и канализации величины процента оборота (P) для каждой из оборотных систем также имеют различные значения.

Причиной такого колебания показателей технического совершенства охлаждающих оборотных систем вод I категории, которые являются составляющими схемы водоснабжения и канализации сахарного завода с максимальным расходом исходной воды и количеством сточ-

ных вод до 50 % массы свеклы, является прежде всего то, что нормативные величины продувок для этих систем принимались без учета формирования качества оборотной воды, применяемых методов кондиционирования оборотной воды и особенностей каждой системы. Поэтому запроектированные на ряде сахарных заводов указанные оборотные системы эксплуатируются в режиме, величины продувок которых значительно превышают нормативные значения. Как будет показано ниже, величина продувки оборотной системы охлаждающего водоснабжения зависит от многих факторов, и прежде всего от допустимой карбонатной жесткости оборотной воды от допустимой концентрации взвешенных веществ в оборотной воде, карбонатной жесткости добавочной воды (речной, прудовой) и содержания в ней взвесей и др. условий, среди которых определяющее значение имеет эффективная работа вакуум-конденсационных установок и групповых ловушек утфельного пара.

Вакуум-конденсационные установки и их влияние на формирование качества воды и водного режима оборотной системы вод I категории главного корпуса. Вакуум-конденсационная установка (ВКУ), как известно, предназначена для создания и поддержания требуемого разрежения при уваривании утфелей и сгущения сиропов. Стабильность ее работы зависит от тепловой производительности конденсатора, особенностей его конструкции, а также расхода охлаждающей оборотной воды и ее начальной температуры.

Известно, что ВКУ является основным потребителем охлаждающей воды на сахарном заводе, а следовательно, и оказывает большое влияние на формирование качества воды и водного режима оборотной системы. Основными элементами ВКУ, как известно, являются сепарационное устройство или групповая ловушка, конденсатор и вакуум-насосы. Назначение групповой ловушки — сепарация вторичного пара перед поступлением в конденсатор, т. е. очистка его от капель и брызг продуктов производства, которые увлекаются паровым потоком из вакуум-аппаратов при определенных гидродинамических условиях уваривания утфелей.

Конденсатор предназначается для вакуумной конденсации вторичного пара, которая осуществляется при непосредственном контакте охлаждающей воды и пара. Вакуум-насосы служат для отсасывания неконденсирующихся газов, основными компонентами которых являются воздух, аммиак и диоксид углерода, и поддержания в вакуумной системе требуемого разрежения. Именно полнота отделения от парового потока капель и брызг продуктов, которое осуществляется в групповой ловушке, является тем основным фактором, который влияет на формирование качества воды в оборотной системе.

При высокой (100 %-ной) эффективности работы групповой ловушки охлаждающая вода не загрязняется продуктами производства,

т. е. органическими веществами; в охлаждающую воду при этом переходят только парогазовые компоненты, в основном конденсат и аммиак. Такие условия работы вакуум-конденсационной установки позволяют эксплуатировать оборотную систему в режиме с минимальной продувкой или в замкнутом режиме в зависимости от солевого состава (карбонатной жесткости) свежей воды из источника водоснабжения и динамики накопления взвесей в оборотной воде.

В случае низкоэффективной работы групповой ловушки в охлаждающую воду вместе с конденсатом поступают продукты производства, загрязняющие оборотную воду органическими и минеральными веществами. На оросителях градирни и в бассейне начинают обильно развиваться биологические обрастания, которые не только снижают интенсивность теплообмена между охлаждающим воздухом и водой, но и вызывают коррозию металла, а также загрязняют воду взвесями биологического происхождения. Кроме того, органические вещества в воде подвергаются разложению с образованием органических кислот, понижающих реакцию среды, и с выделением в окружающую среду дурнопахнущих веществ. В этих случаях для улучшения качества оборотных вод в системе прибегают к обновлению воды в ней, т. е. к значительному сбросу оборотной воды из системы, и пополнению ее свежей водой, что приводит к образованию сточных вод и повышенному расходу свежей воды. Особенно значительное ухудшение качества оборотной воды наблюдается при так называемых "перебросах" увариваемых продуктов, когда вследствие нарушения технологии уваривания значительные объемы продукта, подхваченные паровым потоком, транспортируются непосредственно в конденсатор и затем поступают в охлаждающие воды, загрязняя их органическими и минеральными веществами. Это приводит не только к значительному загрязнению воды в оборотной системе, но и к дополнительным потерям сахара в производстве. Поэтому к конструкциям групповых ловушек вторичного пара как сепарационным устройствам должны предъявляться высокие технико-экономические требования.

На необходимость совершенствования существующих групповых ловушек вторичного пара с целью предотвращения загрязнения охлаждающих вод указывали многие специалисты сахарной промышленности.

Одним из важных мероприятий по снижению расхода свежей воды и количества сточных вод является устранение розливов и перебросов. Попадание сахара в количестве 0,02 или 0,03 % в свежую воду придает ей загрязненность по БПК, соответствующую уровню загрязнения городских канализационных сточных вод.

Отсутствие надежных ловушек утфельного пара по предотвращению перебросов полупродуктов сахарного производства не позволяет эксплуатировать оборотные системы вод I категории без сброса части оборотной воды в стоки III категории или в водоем.

Из-за несовершенства групповых ловушек на заводе БПК оборот-

ных вод I категории резко возрастает, и для осветления их часть воды приходится сбрасывать в стоки III категории. Низкую эффективность их работы подтверждает также тот факт, что показатели качества оборотной воды I категории, а также показатели качества сточных вод I категории, сбрасываемых обычно в водоем, значительно худшие, чем исходная промышленная вода.

Качество воды источников водоснабжения на ряде сахарных заводов, а также оборотных и сточных вод I категории различное, что свидетельствует о загрязненности этих вод по сравнению с водой источника водоснабжения. Основными загрязняющими ингредиентами этих вод являются органические вещества, на что указывает повышенная бихроматная окисляемость этих вод по сравнению с бихроматной окисляемостью воды источника водоснабжения.

Совершенствование конструкций групповых ловушек вторичного (утфельного) пара позволило бы снизить или ликвидировать один из путей поступления загрязнений в воде I категории, улучшить эксплуатацию оборотных систем и снизить потребление свежей воды и количество сточных вод.

Эффективная работа конденсатора в вакуум-конденсационной схеме сахарного завода предполагает требуемое разрежение, минимальное гидравлическое сопротивление проходу пара и получение барометрической воды с температурой не ниже 45°C . Выполнение этих требований при контактной конденсации вторичного пара в конденсаторах смешения позволяет поддерживать оптимальные расходы охлаждающей воды при ее температуре $24-25^{\circ}\text{C}$.

Повышение температуры охлаждающей воды более 25°C вследствие низкой эффективности работы охладителя приводит как к повышению расхода воды на конденсатор, так и к увеличению гидравлического сопротивления проходу пара и снижению разрежения. Это вызывает необходимость снижения температуры охлаждающей воды путем добавления свежей воды на конденсатор. Количество добавляемой воды в этих случаях всегда превышает величину подпитки и как следствие в оборотной системе появляются избыточные воды, что вызывает нарушение водного режима оборотной системы, которое проявляется в образовании избыточных вод, т. е. в значительном увеличении продувки и увеличении количества сточных вод.

Нарушение водного режима оборотной системы может быть вызвано также и конструктивными особенностями конденсатора, когда при высокой паровой нагрузке резко возрастает гидравлическое сопротивление проходу пара вследствие подачи на конденсатор максимального расхода охлаждающей воды.

В этом случае также прибегают к понижению температуры охлаждающей воды путем добавления свежей воды с более низкой температурой. Это приводит, как и в первом случае, к появлению избыточных вод и увеличению количества сточных вод.

Поэтому совершенствование конденсаторов должно быть направлено как на повышение их производительности, снижение удельной массы и гидравлического сопротивления проходящему пару, так и на поиски более рациональных схемных решений.

Перспективы перевода оборотных систем вод I категории на замкнутый режим работы. Главными водоохранными мерами в промышленности при решении проблемы защиты водных ресурсов от загрязнения сточными водами являются:

снижение водоемкости производства и переход на безотходную "сухую" технологию;

локальная очистка промышленных сточных вод, т. е. очистка таких сточных вод, которые содержат одно или группу однородных загрязняющих веществ с переходом на замкнутое оборотное водоснабжение;

изменение технологии производства, позволяющее получить сточные воды, легко поддающиеся очистке.

В настоящее время одним из направлений по защите окружающей среды является создание малоотходной и бессточной технологии. Этот термин следует понимать не как полную ликвидацию образования загрязненных сточных вод на предприятии и переход на безотходную либо на безводную технологию, а как технологию, которая сохраняет принципиальные основы технологических процессов. При этом сточные воды продолжают образовываться, но состав их кондиционируется на таком уровне, чтобы они могли вновь применяться на том же предприятии. Таким образом, сточные воды продолжают существовать, но они должны использоваться в замкнутом цикле, и по отношению к водному объекту предприятие становится бессточным.

Этот путь в настоящее время наиболее реален, так как не требует немедленной капитальной ломки сложившихся основ современной промышленной технологии, обеспечивает резкое сокращение потребления свежей воды и ликвидацию сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

Вопрос создания бессточной технологии производства сахара из свеклы является одним из актуальных. Решение этого вопроса в сахарной промышленности должно осуществляться путем внедрения оборудования, позволяющего максимально сократить потребление исходной воды на производственные нужды, применения маловодоемких или безводных технологических процессов, с повторным использованием отработанных вод в производственных циклах, со строительством полностью замкнутых оборотных систем промышленного водоснабжения, с вовлечением очищенных сточных вод в оборот, а также заменой водяного охлаждения на воздушное в процессах конденсации, которые могут быть осуществлены в аппаратах воздушного охлаждения (АВО), серийно выпускаемых отечественной промышленностью. Их применение в сахарной промышленности позволяет резко снизить расход воды

на конденсацию пара и соответственно объем и производительность оборотной системы вод I категории главного корпуса.

Чтобы исключить загрязнения водоемов и окружающей среды, в последние десятилетия в СССР, а также за рубежом наметилась тенденция создания замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий, предусматривающих оборотные системы водоснабжения, работающие в замкнутом режиме. Однако создание замкнутых бессточных систем водоснабжения сопряжено со значительными затратами на обработку оборотной воды с применением обессоливающих установок, основанных на ионообменной технологии гиперfiltrации и электродиализе. Поэтому перевод оборотных систем на бессточный режим работы должен предусматривать прежде всего выполнение мероприятий, связанных с эксплуатацией оборотной системы при оптимальных показателях водно-химического режима, обеспечивающего минимальную величину продувки системы.

Техническое совершенство оборотной системы охлаждающего водоснабжения и процент оборота (P) могут быть определены по коэффициенту упаривания K_y и величине потерь воды на испарение при охлаждении на градирне. При отсутствии выпадения солей в оборотной системе коэффициент K_y , как известно, численно равен коэффициенту K_c , то есть отношению соледержания оборотной воды ($C_{об}$) к соледержанию добавочной воды ($C_{доб}$).

Повышение коэффициента упаривания до необходимой величины (2—5) обуславливается химическим составом воды источника водоснабжения, и прежде всего величиной карбонатной жесткости добавочной воды.

Количество оборотной воды, которое необходимо сбросить из системы для поддержания предельно допустимой величины карбонатной жесткости, может быть определено из зависимости

$$W_{пр} = \frac{Ж_{к.под} \cdot W_{исп}}{Ж_{к.макс} - Ж_{к.под}} - (W_{ун} + W_{пр}), \quad (3.1)$$

где $Ж_{к.макс}$ — предельно допустимая карбонатная жесткость оборотной воды, мг·экв/л; $W_{ун}$ и $W_{пр}$ — потери оборотной воды на унос и в производстве, м³/ч.

Потери оборотной воды на испарение при охлаждении ($W_{исп}$) определяют из теплового расчета или с достаточным приближением по эмпирической зависимости, приведенной в литературе. Эта величина может быть также определена из расчета, что снижение температуры оборотной воды на градирне на 7 ° соответствует испарению циркулирующей воды в количестве 1 %.

Другие виды потерь ($W_{ун}$, $W_{пр}$) определяют на основании балансовых испытаний оборотной системы с использованием расходомеров или с достаточным приближением вычисляют по эмпирическим зависимостям.

Таким образом, величина сброса оборотной воды из системы зави-

сит от допустимой карбонатной жесткости оборотной воды и карбонатной жесткости подпиточной воды. С увеличением допустимой карбонатной жесткости оборотной воды и понижением карбонатной жесткости подпиточной воды величина сброса оборотной воды из системы значительно уменьшается.

Для оборотной системы вод I категории в качестве подпиточной воды в основном используют конденсаты вторичных паров выпарной установки, вакуум-аппаратов и вакуум-фильтров, которые непосредственно поступают в оборотные воды в виде "скрытой" подпитки системы. Количество таких конденсатов — 18—22 % массы перерабатываемой свеклы. Другую часть подпиточной воды составляет свежая вода, количество которой колеблется в зависимости от особенностей оборотной системы.

Фактическая величина карбонатной жесткости подпиточной воды может быть подсчитана на основании данных лабораторного анализа воды источника водоснабжения и данных по количественному расходу конденсата и производственной воды, поступающих в оборотную систему, по формуле

$$Ж_{к.под} = \frac{W_{к} Ж_{к.к} + W_{пр.в} Ж_{к.пр.в}}{W_{к} + W_{пр.в}}, \quad (3.2)$$

где $W_{к}$ и $W_{пр.в}$ — расходы конденсата и производственной воды, добавляемых в оборотную систему, м³/ч; $Ж_{к.к}$ и $Ж_{к.пр}$ — карбонатная жесткость конденсата и производственной воды, мг·экв/л. Карбонатная жесткость конденсата может быть принята равной 0.

Из зависимости (3.1) видно, что при величине продувки, равной потерям воды из системы ($W_{уН}$ и $W_{пр}$), общая жесткость подпиточной воды должна стремиться к 0, т. е. подпиточная вода должна представлять собой только конденсат или быть обессоленной водой. Отсюда вытекает, что величина потерь воды из оборотной системы должна быть минимальной, т. е.

$$W_{уН} + W_{пр} \rightarrow \min.$$

Так как количество воды на унос с ветром ($W_{уН}$) — величина почти постоянная и зависит только от конструкции охладителя (градирни), то потери воды в производстве ($W_{пр}$) можно регулировать и довести их до минимума или вообще ликвидировать.

Безвозвратный отбор воды из оборотной системы для других потребителей или передача части оборотной воды в другие системы приводит к необходимости использовать в качестве подпиточной воды наряду с конденсатами также и свежую воду, карбонатная жесткость которой бывает значительной и может превысить при этом допустимую карбонатную жесткость в системе. В этом случае наряду с повышением величины продувки могут возникнуть также и затруднения, связанные с солевыми отложениями на внутренних поверхностях трубопроводов, барометри-

ческих труб, а также в водораспределительной системе и оросителях градирни, что часто наблюдается в практике, когда вода в источнике водоснабжения характеризуется высокой жесткостью.

Приведенный выше анализ работы оборотной системы вод I категории главного корпуса основан на том, что данная система исключает возможность поступления в оборотные воды продуктов производства, которые не только приводят к загрязнению воды органическими веществами, но и способствуют обильным биологическим обрастаниям и накоплению в воде взвешенных веществ биологического происхождения. Поэтому одним из важных мероприятий при эксплуатации оборотной системы вод I категории главного корпуса является безупречная работа вакуум-конденсационных установок (ВКУ), включающих эффективные сепарационные устройства по предотвращению поступления продуктов производства в оборотные воды.

Снижение количества взвесей в оборотной воде, которые непрерывно поступают в систему из охлаждающего воздуха на охладители с подпиточной водой, а также образуются непосредственно в самой системе (продукты коррозии, взвеси биологического происхождения) и доведение их количества до требуемых значений может быть осуществлено путем фильтрования части оборотной воды с последующим возвратом фильтрата в оборотную систему. Этот прием находит свое применение при удалении взвесей из оборотных вод охлаждающих систем водоснабжения других отраслей промышленности.

Для фильтрования оборотных вод применяют как фильтры с гибкой фильтровальной перегородкой (сетчатые фильтры), так и осветлительные фильтры с зернистой загрузкой.

Перевод оборотной системы вод I категории на замкнутый режим работы или режим работы с минимальной продувкой требует соответствующих экспериментальных исследований по кондиционированию оборотных вод и стабилизации их качества.

ОХЛАДИТЕЛИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ РАБОТЫ

Охлаждение оборотной воды I категории на свеклосахарных заводах осуществляется в прудах-охладителях, брызгальных бассейнах и на градирнях.

Выбор сооружения для охлаждения оборотной воды (охладителя) зависит от многих условий, основными из которых являются перепад температур воды в оборотной системе, температура охлажденной воды, метеорологические и гидрогеологические условия местности, стоимость электроэнергии, наличие территории для его размещения, расстояние от производственных, общественных и жилых зданий и др.

Вода в охладителе охлаждается посредством передачи теплоты атмосферному воздуху. Часть теплоты передается вследствие поверхностного испарения воды (вода превращается в пар, который путем

диффузии переносится в воздух), другая часть — вследствие разницы в температурах между водой и воздухом, т. е. теплопроводностью и конвекцией. Весьма небольшое количество теплоты отнимается от воды еще излучением, что в тепловом балансе обычно не учитывается. Одновременно имеется приток теплоты к охлаждаемой воде от солнечной радиации, который также мал и в тепловом балансе охладителя не учитывается.

Уравнение теплового баланса охладителя оборотной воды в общем виде выражается уравнением

$$W \Delta t + Q_p = Q_{\text{и}} + Q_c, \quad (3.3)$$

где W — количество охлаждаемой воды, м³/ч; Δt — температурный перепад или разность температур воды, поступающей в охладитель t_1 , и охлажденной воды t_2 , °С; Q_p — приток теплоты от солнечной радиации (для пруда-охладителя), кДж/ч; $Q_{\text{и}}$ — отдача теплоты испарением, кДж/ч; Q_c — отдача теплоты соприкосновением (теплопроводностью и конвекцией), кДж/ч.

Работа охладителя воды характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям работы охладителя относятся гидравлическая и тепловая нагрузки.

Гидравлическая нагрузка охладителя выражается количеством воды в м³/ч, приходящейся на 1 м² активной (рабочей) площади охладителя в плане. Для брызгальных бассейнов и градирен эта величина носит название плотности орошения.

Тепловая нагрузка охладителя Q_f (кДж/ч) выражается теплоотдачей, т. е. количеством теплоты, отдаваемой водой воздуху на 1 м² площади охладителя в плане:

$$Q_f = \Delta t C qf, \quad (3.4)$$

где Δt — перепад температур в охладителе, град; C — удельная теплоемкость воды, кДж/кг; qf — гидравлическая нагрузка охладителя, м³/ч · м².

Качественная сторона работы охладителя, или охладительный эффект, характеризуется:

перепадом температур, или шириной зоны охлаждения,

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (3.5)$$

где t_1 — температура воды, поступающей на охладитель, °С; t_2 — температура охлажденной воды, °С;

степенью приближения температуры охлажденной воды к теоретическому пределу охлаждения, или высотой зоны охлаждения,

$$\Delta t' = t_2 - \tau, \quad (3.6)$$

где τ — температура воздуха по влажному термометру психрометра (ртутный шарик термометра, свободный конец которого погружен в сосуд с водой, плотно обтянут какой-нибудь гигроскопической тканью).

Температура t_2 охлажденной воды всегда выше температуры τ по влажному термометру: например, на вентиляторных градирнях эта

разность может достигать 5—7 °. Чем меньше разность $t_2 - t$, тем выше эффект работы охладителя.

Поскольку температура по влажному термометру зависит от состояния наружного воздуха v и относительной влажности φ , предел охлаждения и действительная температура охлажденной воды изменяются при прочих неизменных условиях как в течение года, так и суток. При этом изменяется также высота зоны охлаждения, возрастающая с понижением температуры воздуха по влажному термометру.

В то время как ширина зоны охлаждения характеризует в основном лишь условия работы охладителя, высоты зоны — действительный эффект его работы. Этот эффект будет тем выше, чем благоприятнее (при данной гидравлической нагрузке охладителя) условия для поверхностного испарения воды в охладителе и для отдачи теплоты соприкосновением.

Эти условия улучшаются с увеличением поверхности соприкосновения данного количества воды с окружающим воздухом, количества и скорости воздуха, омывающего свободную поверхность воды, степени равномерности распределения воды, и особенно поступающего воздуха на рабочей площади охладителя.

Увеличение свободной поверхности охлаждаемой воды достигается разбрызгиванием ее на капли: в брызгальных бассейнах и в брызгальных градирнях при помощи брызгал (сопел), в которых вода поступает по трубам под напором; в капельных градирнях при помощи оросительного устройства — деревянных реек, где вода попадает с одного яруса реек на другой, разбиваясь на капли. Для охлаждения незагрязненной воды применяют градирни с пленочным оросителем, на котором вслед за каплями на деревянных дощатых плоскостях образуется непрерывно стекающая тонкая водяная пленка.

Количество воздуха и скорость его движения в активном (рабочем) пространстве охладителя, в свою очередь, зависят: в охладителях (прудах) и брызгальных бассейнах от направления и скорости ветра (в известной степени); в вентиляторных градирнях от искусственной силы тяги, создаваемой действием отсасывающих или нагнетательных вентиляторов.

Пруды-охладители оборотной воды. Пруды-охладители применяются для охлаждения больших масс воды при невысоких требованиях к эффекту охлаждения и наличии свободных площадей земли. На сахарных заводах в качестве прудов-охладителей часто используют технические пруды как самостоятельно построенные, так и естественные, сооруженные путем строительства дамб на притоках малых рек.

В прудах вода охлаждается главным образом вследствие испарения части ее и непосредственной передачи теплоты воздуха с водной поверхности, омываемой им; чем большая скорость воздуха, тем интенсивнее идет охлаждение воды. В охлаждении воды участвует не вся поверхность зеркала пруда, а лишь часть ее, так называемая активная зона. Последняя

включает площадь пруда, охваченную транзитным потоком теплой воды от впуска до водозабора.

Вся теплота отдается охлаждаемой водой в открытом водоеме через свободную поверхность пруда.

Вторичными факторами, входящими в общий тепловой баланс пруда, являются утечка теплоты в грунт ложа водоема и расход теплоты на нагревание поступающих в пруд грунтовых вод и атмосферных осадков. Эти составляющие теплового баланса играют незначительную роль по сравнению с перечисленными выше факторами и поэтому, как правило, в расчетах не учитываются. Однако вторичные факторы, такие, как речной сток или сброс воды в нижний бьеф водохранилища, могут играть существенную роль в расходовании поступающего в пруд тепла.

Эффективность охлаждения воды зависит также от конфигурации и схемы использования пруда.

В прудах-охладителях в процессе эксплуатации в летний (теплый) период наиболее интенсивно развиваются гидробиологические процессы — зарастание и цветение, создающие затруднения работе систем оборотного водоснабжения.

В зимний период в воде наблюдается повышение соленосодержания, общей жесткости и общей щелочности.

Основным недостатком прудов-охладителей является их низкая удельная тепловая нагрузка, составляющая 800—1500 кДж/ч с 1 м² площади зеркала пруда. Охладительный эффект в прудах-охладителях зависит от направления ветра и температуры воздуха. Пруды-охладители сложны в эксплуатации (борьба с цветением, зарастанием и минерализацией), дороги в строительстве и часто приводят к повышению уровня грунтовых вод на территории, прилегающей к пруду. Кроме того, возможны случаи поступления (прорыва) воды из пруда в водотоки и их загрязнение.

Перечисленные выше недостатки прудов-охладителей привели к резкому сокращению их применения в сахарной и других отраслях промышленности.

При составлении количественного и качественного баланса пруда-охладителя рекомендуется пользоваться методикой, изложенной в литературе.

Брызгальные бассейны. Брызгальные бассейны представляют собой открытые резервуары из одной или нескольких секций, оборудованные водораспределительными трубами и соплами (насадками), с помощью которых охлаждаемая вода разбрызгивается над этими резервуарами. Для разбрызгивания воды над резервуарами применяют различные типы сопел. На рис. 3.3 приведены наиболее употребительные водоразбрызгивающие сопла для брызгальных бассейнов и градирен.

При падении капель вода охлаждается, частично испаряясь и соприкасаясь с воздухом.

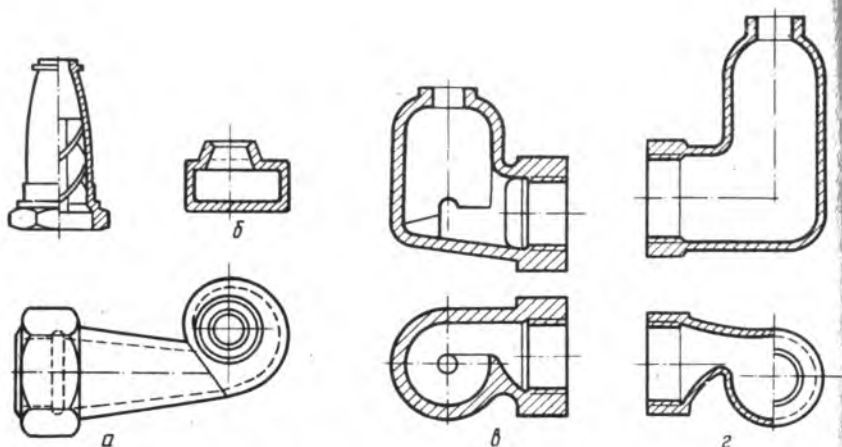


Рис. 3.3. Водоразбрызгивающие сопла:

а — винтовое МОТЭП; *б* — эвольвентное; *в* — тангенциальное тупое; *г* — тангенциальное бутылочное

Сопла устанавливают одиночно или группами на распределительных трубах, к которым по магистрали подводится охлаждаемая вода. При работе сопел капли воды образуют факелы, которые не должны перекрывать друг друга, а между распределительными линиями должны быть образованы коридоры для подвода воздуха к поверхности воды.

В безветренную погоду нагретый и увлажненный воздух поднимается над брызгальным бассейном вверх, на смену ему по периметру бассейна притекает наружный холодный и более сухой воздух. Поверхность охлаждения водного потока (производительность брызгал) зависит от конструкции сопла и величины действующего напора воды.

Для охлаждения воды, содержащей взвеси, применяют эвольвентные и тангенциальные сопла, в которых образуется вращение струи вследствие бокового подвода воды к ним; на выходе воды из сопла образуется факел.

Сопла располагают на высоте 2 м над нормальным горизонтом воды в резервуаре брызгального бассейна. Для уменьшения выноса воды ветром из бассейна крайние брызгала устанавливают на расстоянии 6—8 м от края бассейна.

В табл. 3.6 приведены данные, рекомендуемые для брызгальных бассейнов в среднеевропейском районе СССР; в южных районах плотность орошения следует снижать на 20—25 %.

В конце каждого трубопровода должны быть установлены сопла

3.6. Техническая характеристика брызгальных бассейнов

Сопло	Плотность дождя, $\text{м}^3/\text{м}^2 \times$ ч	Напор перед соплом, м вод. ст.	Число сопел в пуч- ке	Расстояние (в м) между		
				соплами	пучками	трубами
Эвольвентное 50/25	1—1,25	5	5	1,2—1,5	4	10—8
Эвольвентное 100/50	1,15	8	1	—	4	8,5
Тангенциальное тупое	1—1,2	6—8	4—5	1,2—1,5	4—5	6—8
Тангенциальное тупое буты- лочное	1,15	6—8	2	—	3,5—4	8—12
Тангенциальное бутылочное	1,25	6—8	4—5	3,5—4	3,5—4	7—8
Винтовое МОТЭП	1,2—1,3	5	3	1,2—1,5	3,3	12

выпуска воды, необходимые для промывки трубопровода при работе и опорожнения труб при отключении.

Глубину воды в бассейнах обычно принимают от 1,5 до 2 м, ширину бассейна — от 40 до 50 м. При необходимости в большей площади делают разрывы между секциями шириной от 6 до 10 м. Длина бассейна или его секции должна находиться в пределах 80—100 м.

Резервуары брызгальных бассейнов строят обычно с железобетонным покрытием дна и откосов.

Распределительные трубы укладывают на катковых опорах по железобетонным столбам.

Площадь брызгальных бассейнов определяется из условия 0,8—1,2 м² на 1 м³ охлаждаемой воды в 1 ч. Удельная тепловая нагрузка их колеблется от 30—60 тыс. кДж/(ч · м²).

Изменение температуры охлажденной воды для каждого данного брызгального бассейна возможно только в результате изменения плотности орошения.

Повысить эффект охлаждения воды можно также, если применить эвольвентные и тангенциальные сопла, эмалированные с внутренней стороны.

Большое влияние на охладительный эффект оказывает загрязнение сопел вследствие увеличения потери напора в них.

Эксплуатация брызгальных бассейнов заключается в прочистке загрязняющихся сопел, ремонте и замене их, а также в ремонте и замене соплдержателей и водораспределительных труб; в периодической чистке бассейна и ремонте стенок и днища; в изучении теплового режима, регулировании работы бассейна.

Преимуществами брызгальных бассейнов являются долговечность, простота строительства и эксплуатации. В то же время при низком

эффекте охлаждения в брызгальном бассейне требуется значительный напор воды у сопла; большое ее количество уносится ветром, что создает туманы, сырость и гололедицу. Для размещения бассейнов требуется в 4—5 раз больше площадей по сравнению с градирнями.

Градирни. Градирни являются наиболее совершенными охладителями оборотной воды. Большая тепловая нагрузка при минимальном уносе воды, высокий устойчивый эффект охлаждения воды, возможность компактного размещения обусловили широкое применение градирен на предприятиях различных отраслей народного хозяйства, в том числе и свеклосахарных заводах.

По способу подвода воздуха градирни подразделяются на вентиляторные, башенные и открытые, или атмосферные. В вентиляторных градирнях воздух нагнетается или отсасывается вентиляторами. В башенных градирнях тяга воздуха создается высокой вытяжной башней. В открытых градирнях для притока воздуха используются силы ветра и частично естественная конвекция.

Соотношение расходов воды и воздуха, проходящего через градирню, в основном и определяет тепловую нагрузку и глубину охлаждения воды. На вентиляторных градирнях допускается удельная тепловая нагрузка 30—420 тыс. кДж/(ч·м²), в то время как на башенных градирнях при прочих равных условиях эти нагрузки не превышают 25—32 тыс. кДж/(ч·м²); для открытых градирен максимальная тепловая нагрузка составляет 12—20 тыс. кДж/(ч·м²). Эти градирни применяют в основном для охлаждения незначительных расходов воды.

Большие расходы воздуха, подаваемого в вентиляторные градирни, обеспечивают и более глубокое охлаждение воды. Температура охлажденной воды в них может достигнуть всего на 2—3 °С выше температуры атмосферного воздуха по смоченному термометру, т. е. теоретического предела охлаждения. В башенных градирнях этот перепад составляет 6—8 °С, а в открытых — 8—10 °С.

В зависимости от конструкции оросительного устройства и способа, которым достигается увеличение площади поверхности соприкосновения воды с воздухом, градирни подразделяются на пленочные, капельные и брызгальные.

Выбор типа оросительного устройства градирни зависит от состава охлаждаемой воды. При концентрации взвешенных веществ в поступающей на охлаждение воды до 120 мг/л применяются градирни с пленочным или капельным оросителем. При содержании взвешенных веществ 120—200 мг/л и при наличии в воде примесей, способных образовывать отложения, применяются преимущественно брызгальные градирни.

Удельная гидравлическая нагрузка в м³/(м²·ч) для вентиляторных градирен ориентировочно составляет: при пленочном оросителе 8—12, капельном — 6—8 и брызгальном — 5—6. Скорость воздуха в оросителе вентиляторных градирен принимается не выше 4—5 м/с.

Плотность орошения в $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ в башенных градирнях составляет: в пленочных 7–10, в капельных 2–5 и в брызгальных не более 2.

Сооружение вентиляторных градирен дешевле, чем башенных. Однако вентиляторные градирни имеют и определенные недостатки по сравнению с башенными: повышенный расход электроэнергии для привода вентиляторов, дополнительные эксплуатационные расходы на ремонт вентиляторов и их обслуживание.

В свеклосахарном производстве для охлаждения оборотных вод I категории применяют вентиляторные и открытые градирни. Опыт их эксплуатации на сахарных заводах показал, что в системах оборотного водоснабжения они позволяют достигать требуемого эффекта охлаждения воды.

Градирни являются сложными сооружениями, состоящими из технологических элементов и конструкций.

Вентиляторные градирни, которые применяются как охладители оборотной воды на свеклосахарных заводах, отличаются от башенных тем, что они могут делиться на секции, в каждой из которых имеются вентилятор с электроприводом для создания тяги воздуха, диффузор, конфузор, водоуловитель, водораспределитель, ороситель, обшивка стен, окна для входа воздуха. Теплая вода на градирню подается по трубе и после охлаждения сливается в бетонный бассейн. Общий вид четырехсекционной градирни приведен на рис. 3.4.

В вентиляторных градирнях, как и в башенных, наиболее важным технологическим и конструктивным элементом является ороситель, с помощью которого осуществляются равномерное распределение охлаждаемой воды и противоток охлаждаемого воздуха. На рис. 3.5 приведены аксонометрические схемы блоков капельного (БКО) оросителя (а) и пленочного (БПО) оросителя (б). В качестве оросителя применяют также асбестоцементные волнистые листы.

Важное значение имеет распределение воды по площади градирни над оросителем. На градирнях, эксплуатируемых на сахарных заводах, распределение воды выполнено в виде системы труб с разбрызгивающими соплами. Сопла дробят струи воды на капли, падающие на ороситель, которые затем стекают по плоскостям оросителя, где еще дополнительно дробятся на капли, а затем собираются в струи воды, поступающие в бассейн под градирней.

Для улавливания капель воды, выносимых воздухом из градирни, выше водораспределителя размещают водоуловитель из досок, установленных под углом к потоку воздуха в виде треугольника или ерша.

Бассейн градирни железобетонный, несущий каркас делают также железобетонным или металлическим, у небольших градирен каркас может быть и деревянным. Все деревянные элементы градирни (оросители, водоуловители) обрабатывают несмываемым антисептиком с целью предохранения от делигнификации и разрушения. В качестве

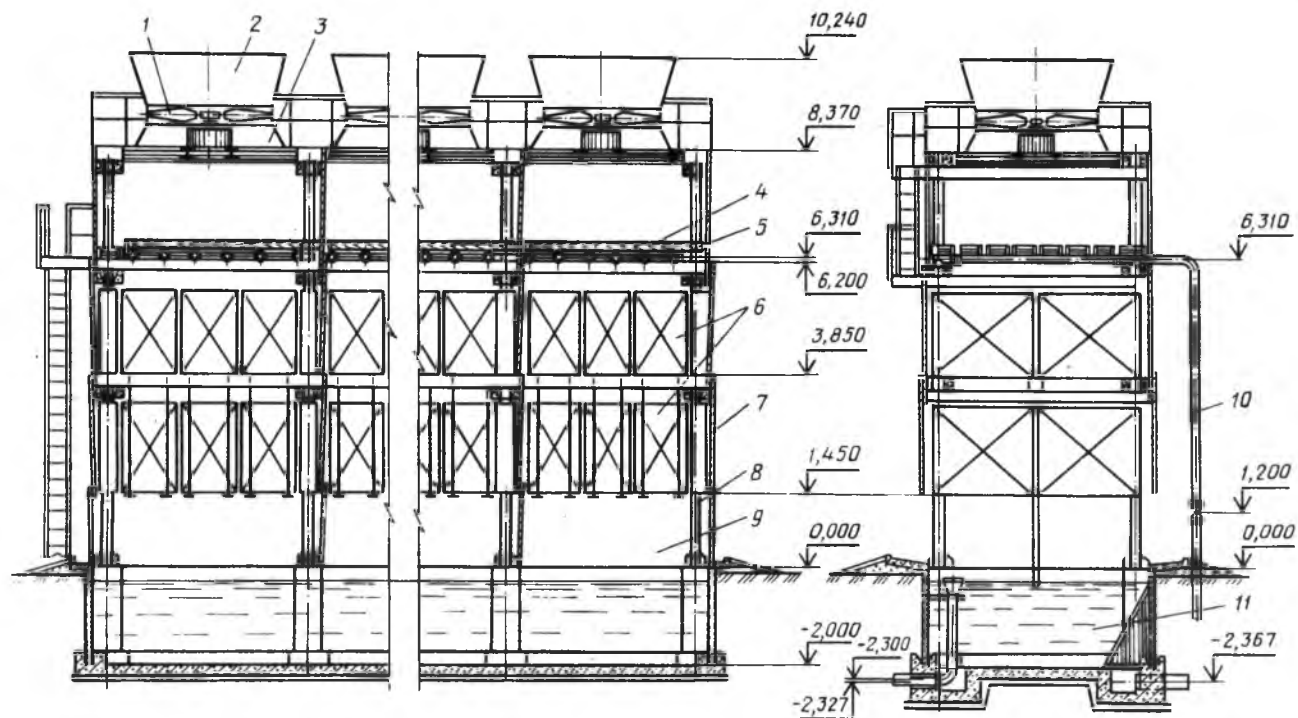


Рис. 3.4. Общий вид четырехсекционной вентиляторной градирни:

1 – вентилятор с электроприводом; 2 – диффузор; 3 – конфузор; 4 – водоуловитель; 5 – водораспределитель; 6 – ороситель; 7 – обшивка; 8 – каркас; 9 – окна для входа воздуха; 10 – трубопровод воды на градирню; 11 – бассейн

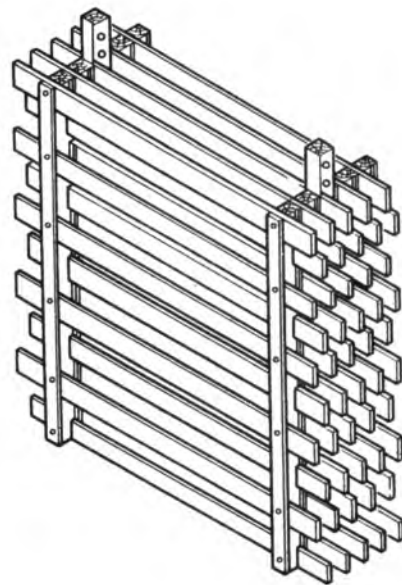
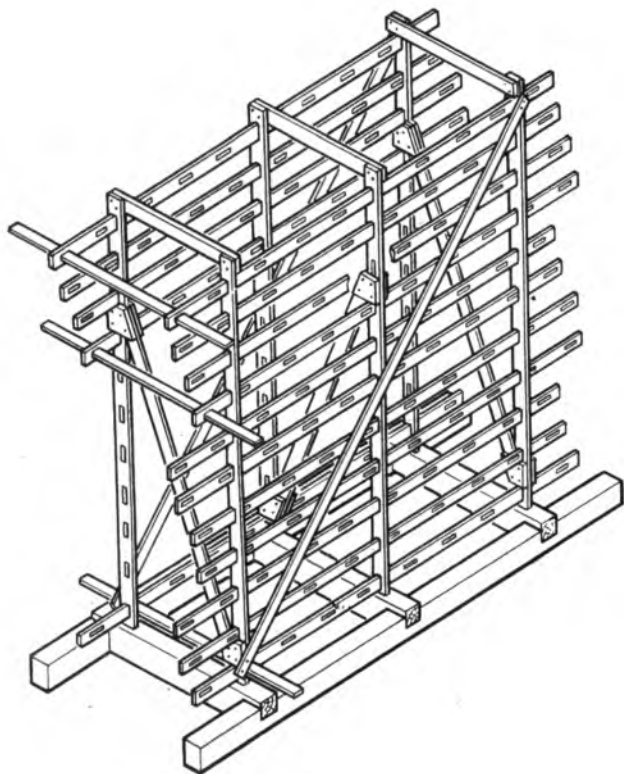


Рис. 3.5. Аксонометрические схемы блоков оросителей:

а — капельный; *б* — пленочный

антисептиков применяют главным образом "селькур" или "хромонит", содержащие в своем составе соли меди и мышьяка.

Металлический каркас и другие элементы градирен, соприкасающиеся только с атмосферным воздухом, окрашивают эпоксидной смолой или красками на ее основе, а также свинцовым суриком на натуральной олифе; металлические элементы внутри градирни и оборудование (вентилятор, привод и др.) покрывают двумя слоями перхлорвинилового эмали марки ХСЭ-23 или равноценной ей.

Железобетонные конструкции градирен должны выполняться из морозостойкого гидротехнического бетона марок Мрз 100–300 при высоком качестве работ.

Охлаждение воды в градирнях представляет собой весьма сложный гидроаэротермический процесс. Оно происходит в результате тепло- и массообмена между соприкасающимися потоками воды и воздуха. Поэтому определение технологических размеров градирни приходится осуществлять с помощью трех видов расчета: аэродинамического, термического и гидравлического. Все эти расчеты выполняются для вновь проектируемых градирен. При привязке разработанных типовых проектов градирен к местным условиям их строительства требуются лишь поверочные расчеты.

Привязка типовых проектов вентиляторных градирен заключается в проведении теплового и аэродинамического расчета с учетом метеорологических условий и требований к температуре охлажденной воды. Конечной целью расчетов является определение числа градирен или секций, обеспечивающих охлаждение заданного количества воды до требуемой температуры при расчетных параметрах атмосферного воздуха. При этом минимальное число секций должно быть равно 2, оптимальное — 4–6, максимальное — 12.

В настоящее время разработан ряд типовых проектов вентиляторных градирен. Проекты разработаны Союзводоканалпроектом и Гипрокаучуком. Все вентиляторные градирни делятся на секционные и отдельно стоящие. Площадь орошения вентиляторных градирен изменяется в довольно широком диапазоне благодаря размерам одной секции (от 1х2 до 12х16 м) и числу секций (от 2 до 6), что позволяет выбрать типовой проект нужной производительности.

Имеются проекты вентиляторных градирен, располагаемых на зданиях с плоской кровлей. Каркас у этих градирен стальной, обшивка из асбестоцементных листов, ороситель деревянный, пленочный или капельный. Размеры одной секции в плане: 2 х 1 м (проект 901–6–4), 4х2 м (901–6–5), 4х4 м (901–6–6). Вентиляторы осевые марки 06–320 № 8 и № 12 — нагнетательные, ВГ-25 — вытяжные.

Эксплуатация градирен сводится к периодической очистке их от механических загрязнений и ремонту водораспределительных труб, сопел, водоуловителя и бассейна.

На вентиляторных градирнях необходимо регулярно осматривать

и смазывать вентиляторы и их приводы, регулярно балансировать вентиляторы. Относительно скорому износу подвержены вентилятор и оросительное устройство, выполненные из дерева. Нарушение работы оросителя снижает производительность градирни, а также приводит к недоохлаждению воды. Первичный ремонт обычно начинают с замены деревянного оросителя, при капитальном ремонте еще дополнительно меняют каркас, обшивку и водоуловитель.

Не менее важным элементом является водоуловитель, от исправности которого зависят нормальная работа градирни и величина выноса воды воздухом. Во избежание подсоса воздуха в обшивке градирни не должно быть неплотностей. Наибольшие разрушения градирням причиняет обледенение их зимой в местах, где поступающий холодный воздух соприкасается с относительно небольшими объемами охлаждаемой воды. Поэтому приходится довольно часто, особенно при низких температурах, скалывать лед. Чтобы избежать обледенения, необходимо вентилятор перевести на реверсивную работу или вообще остановить. На зимнее время увеличивают гидравлическую нагрузку выключением из работы секции или элементов градирен.

Широкое распространение получило орошение градирни снаружи талой водой из специально укладываемого на земле или подвешенного перед окнами градирни трубопровода с брызгалками, обращенными к окнам градирни. Водяные струи, создаваемые соплами или щелями трубопровода, заполняют всю площадь входных окон воздуха, препятствуя образованию перекрывающих их водяных завес.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В свеклосахарном производстве значительное количество воды потребляется на охлаждение оборудования и вакуумную конденсацию пара. Поэтому применение новых способов и схем охлаждения, обеспечивающих эффективный отвод теплоты в окружающую среду от различных теплотехнических, технологических процессов и различных агрегатов, уменьшение потребления воды имеют важное значение.

Одним из существенных способов экономии воды в промышленности является применение воздушного охлаждения взамен водяного.

Удельный объем воздуха в 830 раз больше, а теплоемкость в 4 раза меньше, чем у воды. Однако расход энергии на транспортировку теплоносителя в том и другом случаях примерно одинаков, так как для воздуха требуется небольшой напор — 13—15 мм вод. ст., а для воды — 10—25 м. Низкий коэффициент теплоотдачи от труб к воздуху в аппаратах воздушного охлаждения (АВО) компенсируется увеличением теплоотдающей поверхности путем ее ребрения.

Применение воздушного охлаждения позволяет резко сократить количество потребляемой воды на различных производствах, а также снизить количество отводимых производственных сточных вод.

Широко применяется воздушное охлаждение на современных нефтеперерабатывающих заводах.

Внедрение на этих заводах воздушного охлаждения вместо водяного позволяет снизить производительность оборотных систем на 60—70 %, что обеспечивает снижение расхода потребляемой воды в 3—4 раза и сточной воды — на 25—30 %. Расход оборотной воды за счет применения воздушного охлаждения на нужды заводов азотной промышленности сокращается на 40—45 %, заводов хлорорганической промышленности — на 65—70 %.

Широкое применение находит воздушное охлаждение и в производстве аммиака, синтетического каучука, газоперекачивающих агрегатов, а также в производстве капролактона.

Опыт применения воздушного охлаждения в системе вакуумной конденсации водяного пара на выходе из турбин показывает, что поддержание оптимального давления и температуры конденсации пара достигается при температуре окружающего воздуха порядка 29 °С. При этом коэффициент теплопередачи находится в пределах 37—41 Вт/(м² · К). При повышении температуры окружающего воздуха свыше 29 °С требуется распыление воды в окружающем воздухе с целью адиабатического снижения его температуры.

Широко применяется воздушное охлаждение и за рубежом. Основными отраслями промышленности, в которых наиболее широко применяется воздушное охлаждение технологических потоков, являются нефтеперерабатывающая, нефтехимическая и химическая. Воздушное охлаждение применяется также и для конденсации отработанного пара турбин, компрессоров, циркуляционной воды реакционных печей, в производстве синтетических каучуков, спиртов, фенола, ацетона, этилена и др.

На целесообразность применения воздушного охлаждения в сахарной промышленности указывали многие специалисты. Однако, несмотря на довольно широкое применение его в других отраслях промышленности, этот вид отвода теплоты от технологических процессов в свеклосахарном производстве в настоящее время еще не нашел своего применения. Не применяется воздушное охлаждение на сахарных заводах и за рубежом.

Объясняется это прежде всего тем, что в таких отраслях более остро стоит вопрос дефицита воды, а также более масштабно просматриваются экологические проблемы, связанные с загрязнением рек и водоемов.

Однако актуальность проблемы охраны окружающей среды в свеклосахарном производстве требует своего решения не только за счет совершенствования технологии производства и применения оборотных систем водоснабжения, но и отказа, там где это возможно, от водяного охлаждения и замены его воздушным по аналогии его применения в других отраслях промышленности.

Применение воздушного охлаждения в сахарной промышленности,

как показали расчеты, выполненные ВНИИСПом, позволяет не только снизить расход воды на конденсацию вторичного пара из вакуум-аппаратов, но и уменьшить капитальные затраты на строительство оборотной системы вод I категории главного корпуса, а также снизить эксплуатационные затраты, основной статьей которых является расход электроэнергии на перекачивание воды. Кроме того, применение воздушного охлаждения позволяет положительно решать вопросы по охране водоемов от загрязнений их сточными водами сахарного производства.

Охлаждение технологических потоков в различных производствах с помощью воздуха осуществляется в специально разработанных аппаратах, в так называемых аппаратах воздушного охлаждения (АВО), конструкции которых обеспечивают оптимальные условия осуществления процесса охлаждения технологического потока (продукта) с учетом специфики его среды (жидкой или газообразной), температуры, вязкости и других параметров.

Общими для всех типов аппаратов воздушного охлаждения являются: конструкция поверхности теплообмена, скомпонованная из оребренных труб, которые собраны в отдельные секции, осевые вентиляторы, нагнетающие или пропускающие поток воздуха, который поперечно обтекает трубы; привод вентилятора, включающий редуктор или клиноременную передачу от электродвигателя; поддерживающие металлоконструкции, на которых монтируются секции и системы автоматического регулирования, включающая жалюзи, механизмы регулируемого поворота лопастей вентиляторов и в некоторых случаях форсунки для увлажнения воздуха. Горячий конденсируемый или охлаждаемый продукт подается в трубы, которые обтекает с большой скоростью (до 15 м/с) поток воздуха, подаваемого вентилятором.

Одной из первых конструкций отечественного аппарата воздушного охлаждения был аппарат шатрового типа, установленный и пущенный в эксплуатацию на Московском нефтеперерабатывающем заводе в 1959 г.

В настоящее время номенклатура аппаратов воздушного охлаждения, которые изготавливаются на отечественных машиностроительных заводах, довольно разнообразна. Это и аппараты воздушного охлаждения типа АВГ с горизонтальным расположением трубных секций, которые предназначены для конденсации охлаждения парообразных и жидких сред с температурой до 475 °С и давлением до 6,3 МПа при температуре воздуха не ниже -40 °С в технологических процессах нефтеперерабатывающей, нефтехимической, газовой и смежных с ними отраслей промышленности.

Аппараты воздушного охлаждения малопоточного типа АВМ предназначены для тех же целей, что и аппараты горизонтального типа. Выпускаются они с поверхностью теплообмена от 100 до 650 м² (по оребрению).

Аппараты воздушного охлаждения зигзагообразного типа (АВЗ)

разработаны для крупнотоннажных производств. Расположение секций в форме зигзага позволило создать более компактный аппарат, занимающий при одинаковой поверхности теплообмена примерно вдвое меньшую площадь. Указанный аппарат прошел промышленные испытания на Туапсинском нефтеперерабатывающем заводе.

Аппарат состоит из шести теплообменных секций, расположенных между собой под углом 60° и образующих "зигзаг". Трубы в секции расположены горизонтально, что позволяет использовать аппарат в качестве конденсатора и многоходового холодильника. В секции может быть 4, 6 и 8 рядов труб и 1, 2, 4 и 8 ходов по трубам. Давление продукта в аппарате может достигать 0,5; 1,5; 2,4 и 6,3 МПа.

На аппараты горизонтального, малопоточного и зигзагообразного типов разработаны государственные общесоюзные стандарты. Широкая стандартизация и нормализация аппаратов воздушного охлаждения, основанная на этом организация серийного производства, а также разработанная на основе стендовых и промышленных исследований методика теплового и аэродинамического расчета аппаратов позволяют рационально выбирать и рассчитывать эти аппараты и широко применять их в различных отраслях промышленности.

Глава 4

ОБОРОТНАЯ СИСТЕМА ГИДРОТРАНСПОРТА И МОЙКИ СВЕКЛЫ (ВОДЫ II КАТЕГОРИИ)

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМЕСЕЙ ТРАНСПОРТЕРНО-МОЕЧНЫХ ВОД

Транспортерно-моечные воды по степени загрязнения относятся к высококонцентрированным сточным водам свеклосахарного завода. Загрязняющие вещества транспортерно-моечных вод представляют собой механические примеси минерального и органического (растительного) происхождения, которые поступают в воду вместе с корнями свеклы (земля, песок, ботва, корешки и обломки свеклы, мезга, кожура и др.) и находятся в ней во взвешенном состоянии. Кроме механических примесей, транспортерно-моечная вода загрязнена также и растворенными веществами, теми составными частями свеклы, которые при более или менее продолжительном соприкосновении с водой переходят в раствор, при этом большую часть органического вещества составляет сахар. Степень химического загрязнения зависит не только от количества, качества и температуры воды, продолжительности соприкосновения свеклы с водой, но и от физических и химических свойств свеклы, способности ее к диффузированию.

При однократном использовании транспортерно-моечных вод содержание сахара в воде достигает 0,02–0,05 % массы воды, при многократ-

ном использовании транспортно-моечных вод в оборотной системе водоснабжения содержание сахара в ней повышается до 0,15–0,3 %, т. е. в 5–7 раз. Степень загрязнения транспортно-моечных вод как механическими, так и растворенными веществами значительно зависит от загрязненности свеклы, ее качества, состава почвы, на которой ее выращивают, климатических условий во время уборки, способов уборки и хранения. Большое влияние на состав и свойства транспортно-моечных вод оказывает совершенство механизмов, применяемых для погрузки и разгрузки свеклы. Переработка свеклы повышенной загрязненности приводит к поступлению в транспортно-моечные воды большого количества почвы, которая достаточно долго находится в воде, и под ее действием в раствор переходят различные соли, содержащиеся в почве, а также органические вещества из свекловичных корней.

Механические примеси. Наличие в воде посторонних механических примесей характеризуется объемом осадка и количеством взвешенных веществ.

Ниже приведены состав и количество примесей, удаляемых из транспортно-моечных вод перед поступлением их на отстойники (в %).

Бой свеклы и свекловичные хвостики	2,9–9,6 (5,5)
Ботва и солома	1,5–8,3 (8,1)
Камни, галька, крупный песок и др.	5,7–11,7 (11,4)
Итого	10,1–29,6 (25)

Примечание. В скобках указаны средние величины.

На разных заводах количество примесей, удаленных из транспортно-моечных вод до отстойников, неодинаково (от 10,1 до 29,6 % общего количества загрязнений, содержащихся в транспортно-моечных водах). Это объясняется тем, что не на всех заводах используется полный комплект оборудования (ботвоподъемники, соломоловушки, пескокаменоловушки, хвостикоулавливатели, улавливатели механических примесей перед отстойниками) для удаления примесей из свекловодной смеси.

Количество различных примесей минерального и органического происхождения, содержащихся в транспортно-моечных водах, зависит от состава почв, на которых выращивали свеклу, и кагатных полей, технологии хранения и состояния свеклы, приемов подачи свеклы на завод и других факторов.

Состав примесей, поступающих на отстойники с транспортно-моечными водами, и их количество приведено ниже (в %).

Мелкий бой свекловичных хвостиков, мезга, кожура	2,8–4,8 (3,9)
Частицы ботвы и соломы	0,9–1,3 (1,1)

Мелкий песок, илстые частицы
Итого

86,2—64,3 (70)
89,9—70,4 (75)

Примечание. В скобках указаны средние величины.

На отстойник поступает в среднем 75 % общего количества примесей, содержащихся в транспортно-моечных водах и состоящих в основном из мелкого песка и илстых частиц, а также мелкого боя свекловичных хвостиков, мезги, кожуры, частиц ботвы и соломы.

Пользуясь фактической загрязненностью свеклы (в % ее массы) и этими данными, можно ориентировочно определить количество разных видов примесей (в % массы свеклы), удаляемых из транспортно-моечных вод до отстойников и поступающих с ними на отстойники.

Размеры частиц органического происхождения можно определить путем их измерения. Гранулометрический состав частиц минерального происхождения можно определить по методу Сабанина и Робинсона. Ниже приведены данные по содержанию минеральных фракций различного диаметра в осадках транспортно-моечных вод.

Диаметр фракций, мм	Содержание фракций, %
0,5—0,25	1,8
0,25—0,05	22,6
0,05—0,01	36,9
0,01—0,005	23,7
0,005—0,001	8,8
0,001 и менее	6,2

Состав минеральных примесей, содержащихся в транспортно-моечных водах, поступающих на отстойники, представлен в основном фракциями, диаметр которых находится в пределах от 0,25—0,005 мм (83,2 %); фракций с диаметром > 0,25 и диаметром < 0,005 мм было меньше (16,8 %).

В транспортно-моечных водах заводов, перерабатывающих свеклу, выращенную на черноземных почвах, содержится больше мелких фракций (0,01 мм и менее), а в водах заводов, перерабатывающих свеклу, выращенную на песчаных почвах, больше крупных фракций (0,05 мм и более).

Важной характеристикой примесей, содержащихся в воде, является скорость их осаждения (суммарная гидравлическая крупность частиц взвеси). Определение скорости осаждения взвеси в воде имеет важное значение при расчете сооружений по осветлению воды.

Взвеси, содержащиеся в транспортно-моечной воде, состоят из частиц различного размера, формы, плотности, скорость осаждения которых изменяется в значительных пределах. Осаждение взвеси в потоке, движущемся с весьма малой скоростью, лишенном транспор-

тирующей способности, подчиняется с известным приближением законам осаждения в неподвижном объеме жидкости.

Частицы взвеси транспортерно-моечных вод имеют различные скорости осаждения — от 0,01 и менее до 3 мм/с, что подтверждает их полидисперсный состав. Количество частиц, имеющих ту или иную скорость осаждения, также различно. Так, количество частиц взвеси, имеющих скорость осаждения от 0,05 до 0,5 мм/с, составляет около 60 % всего количества взвеси.

Химические и микробиологические загрязняющие вещества. К химически загрязняющим веществам, которые переходят в транспортерно-моечную воду из свеклы, наряду с сахаром относится и сапонин — органическое вещество класса глюкозидов. Сапонин является веществом, вызывающим обильное вспенивание воды. Это вещество характеризуется высокой токсичностью для рыб. Даже следы сапонины в водоеме могут привести к видимым изменениям во внешнем виде и поведении обитающих здесь рыб. При незначительном количестве сапонины они беспокоятся, возбуждены, их дыхание затруднено. Сапонин воздействует на кожу рыб, ведет к гемолизу крови. Более значительные его дозы в воде вызывают гибель рыб.

При наличии в воде сапонины рыба в зависимости от ее вида и размера гибнет в течение различных отрезков времени. Отдельные виды рыб, например линь, обладают повышенной устойчивостью к действию сапонины.

Допустимая концентрация сапонины в сточных водах сахарных заводов, сбрасываемых в проточные водоемы с рыбой, — 5 мг/л, а если в водоеме обитают угри — 2 мг/л.

Предельно допустимая концентрация сапонины в водоеме санитарно-бытового водопользования составляет 0,2 мг/л.

Помимо высокой пенообразующей способности, сапонин обладает хорошими смачивающими и диспергирующими по отношению к кальциевым солям и взвесям свойствами, что отрицательно сказывается на эффективности осветления транспортерно-моечных вод. Количество сапонины, способное вызвать пенообразование, составляет 0,0005 %. Количество же сапонины в свекле изменяется в зависимости от времени уборки и продолжительности хранения и составляет 0,1–0,8 %. При этом наибольшее количество сапонины содержится в свекле незрелой, мороженой, ухудшенного качества, что способствует обильному образованию пены в воде, транспортирующей такую свеклу. Вспенивание воды в гидротранспортере затрудняет обслуживание станции очистки свеклы (соломолушки, камнелушки). Пена в значительной мере препятствует естественной аэрации воды в отстойных сооружениях, сокращая газообмен поверхностного слоя воды. В зимний период при отрицательных температурах пена в отстойных сооружениях может замерзать и образовывать при этом корку из пены и плавающих примесей, которая препятствует движению механизмов для транспортировки осадка,

а порой приводит к выводу их из строя. При большом количестве пены в отстойнике возможно и попадание вместе с мелкой фракцией механических примесей в осветленную жидкость. Это приводит к накоплению взвесей в оборотной воде и снижению эффективности очистки.

Содержание сапона в транспортно-моечных водах заметно повышается к концу производственного сезона. В начале сезона концентрация сапона в транспортно-моечной воде колеблется в пределах 25–50 мг/л, а к концу сезона — 40–150 мг/л. Содержание сапона в конденсате, который образуется при разрушении пены, повышается в 5–37 раз по сравнению с содержанием его в оборотной воде и достигает концентрации 1100 мг/л. Это указывает на то, что одним из методов удаления сапона из транспортно-моечных вод может быть перевод пенообразователей в пенный слой, который надо осуществлять путем аэрации или флотации воды.

Понижение интенсивности вспенивания транспортно-моечных вод может быть достигнуто также и применением химических пеногасителей, обладающих необычайно низкой поверхностной вязкостью монослоев и способностью вытеснять недостаточно прочно адсорбированные молекулы ПАВ и разрушать структуру пленок пузырьков пены.

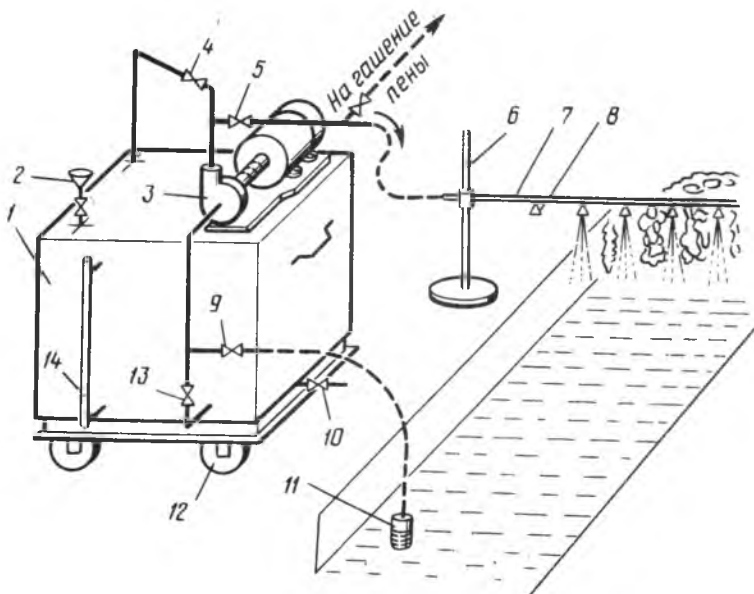


Рис. 4.1. Установка для приготовления пеногасящей эмульсии:

1 — бак; 2 — воронка; 3 — насос; 4, 5, 9, 13 — вентили; 6 — стойка; 7 — распределительная труба; 8 — коническая насадка; 10 — патрубок для опорожнения бака; 11 — приемный клапан; 12 — тележка; 14 — водомерное стекло

Для приготовления водной эмульсии пеногасителя и его дозирования в транспортно-моечную воду разработана установка, которая представлена на рис. 4.1.

В состав эмульсии входит 10 % пеногасящей композиции ПМС-200А, 1 % эмульгатора, остальное — техническая вода. В качестве эмульгатора используются препараты ОП7, ОП10 или натриевые мыла синтетических жирных кислот, хозяйственное мыло.

Техническая вода, нагретая до 70°C , заливается в бак через воронку. Туда же направляются пеногаситель и эмульгатор. При закрытой воронке, закрытых 5, 9 и открытых 4, 7 вентилях дают насосу работать "на себя" до получения однородной молокообразной нерасслаивающейся жидкости. Приготовленная эмульсия поступает в пенящуюся сточную воду вместе с носителем, которым может быть эта же сточная или любая техническая вода. Расход воды регулируется вентилем 9, эмульсии, подаваемой в воду, — вентилем 13.

Установка рассчитана на приготовление 600 л 10 %-ной эмульсии. Эмульсия, поступающая в определенном месте оборотной системы, проявляет свое пеногасящее действие по ходу движения воды в системе. В связи с этим при длительной работе системы оборотного водоснабжения пеногаситель будет накапливаться в воде. Это позволит уменьшить его расход и сократить затраты на обработку сточных вод.

Наряду с такими загрязняющими транспортно-моечные воды веществами, как сахар и сапонин в процессе гидротранспорта свеклы из нее и сопутствующих механических примесей выщелачиваются водой и другие вещества органического и минерального происхождения. Степень выщелачивания этих веществ и переход их в раствор зависят от состояния свеклы, температуры воды, продолжительности контакта воды со свеклой, а также особенностей оборотной системы — величины продувки системы, т. е. количества оборотной воды, которая удаляется из системы совместно с осадком и избыточными транспортно-моечными водами.

Пределы колебаний показателей физических свойств и химического состава транспортно-моечных вод, поступающих на отстойники, а также нормативные требования к качеству осветленной и доосветленной транспортно-моечной воды приведены в табл. 4.1.

К примесям, содержащимся в транспортно-моечных водах и имеющим влияние на процессы очистки воды и технологические процессы получения сахара из свеклы, относятся и микроорганизмы. Транспортно-моечная вода является средой для размножения различных видов микроорганизмов, что нежелательно.

Изучению микробиологического состава транспортно-моечных вод и методов снижения количества загрязнений и активности посвящено довольно значительное количество работ, проводившихся в различные периоды развития сахарной промышленности. Актуальность этого вопроса подтверждает тот факт, что и в настоящее время ведется

4.1. Физические свойства и химический состав транспортно-моечных вод, поступающих на отстойники, и нормативные требования к качеству осветленной и доосветленной транспортно-моечной воды

Показатель	Транспортно-моечная вода		
	поступающая на отстойники (исходная)	после отстойников* (осветленная)	после осветлителей* (доосветленная)
Содержание в воде, мг/л:			
взвешенных веществ	1971–27 820	1200–8500	150–300
сухого остатка	462–3648	450–3500	300–2500
остатка после прокаливания	185–1128	150–1000	150–1250
общего азота	9,4–27	10–30	10–30
аммиака и солей аммония	2,1–12	2–12	2–12
сульфатов	7,4–101	10–100	1–100
фосфатов	2,8–12,1	2–9	2–9
хлоридов	18,5–136	20–140	15–135
сапонины	25–50	6–12	5–10
pH	6,0–7,3	10–12	10–12
ХПК, мг O ₂ /л	611–5394	600–5200	600–5200
БПК ₅ , мг O ₂ /л	470–4150	400–4000	400–4000
Температура, °C	2–35	10–25	10–25

* Нормативные требования к качеству осветленной и доосветленной транспортно-моечной воды.

поиск высокоэффективных дезинфекторов, которые могли бы применяться для обеззараживания воды, используемой в технологических процессах сахарного производства, и для обеззараживания оборотных и сточных вод.

Количество разных видов микроорганизмов, присутствующих в транспортно-моечных водах, зависит от многих факторов, и прежде всего от применяемых методов очистки и обеззараживания воды, состояния свеклы и степени ее загрязнения, температуры воды, климатических условий, качества воды источника водоснабжения и многих других факторов.

Таким образом, примеси, содержащиеся в транспортно-моечной воде свеклосахарного завода, в соответствии с классификацией их по фазово-дисперсному состоянию могут быть отнесены к I и II группам гетерогенной системы. Для их удаления рекомендуются методы механического разделения — отстаивание и обработка коагулянтами с последующим удалением взвесей.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ТРАНСПОРТЕРНО-МОЕЧНЫХ ВОД

Механическая очистка. Содержащиеся в транспортерно-моечных водах загрязняющие вещества по степени дисперсности могут быть подразделены на грубодисперсные и высокодисперсные взвеси, коллоидные растворы и истинные растворы. Частицы взвешенных веществ, диаметр которых больше $1 \cdot 10^{-3}$ мм, не удерживаются во взвешенном состоянии длительное время, так как под действием гравитационных сил они оседают или всплывают. Скорость осаждения или всплывания зависит от плотности и крупности частиц. Мелкие частицы (диаметром менее $1 \cdot 10^{-3}$ мм) могут находиться в состоянии кинетической устойчивости (во взвешенном состоянии) весьма продолжительное время.

Эти свойства нерастворенных примесей лежат в основе современных методов механической очистки сточных вод. Для выделения грубодиспергированных органических и минеральных примесей из сточных вод широкое применение получили методы отстаивания (разделение в поле гравитационных сил) и центрифугирования (разделение в поле центробежных сил). Для очистки этими методами используют в различных конструктивных модификациях решетки, сита, отстойники, гидроциклоны и центрифуги. Для механической очистки транспортерно-моечных вод в практике широко используют примесеулавливатели, песколовки, отстойники, гидроциклоны и центрифуги.

Для удаления из транспортерно-моечных вод боя свеклы, хвостиков и корешков применяют различные примесеулавливатели, которые устанавливают в моечном отделении сахарного завода.

Метод отстаивания. Этот метод очистки транспортерно-моечных вод широко используется для удаления песка и взвешенных веществ из воды. Для удаления песка применяют песколовки различных конструкций, специально разработанные для этой цели, и типовые конструкции, применяемые при выделении песка из хозяйственно-бытовых сточных вод.

Принцип действия песколовки и отстойника основан на явлении седиментации — самопроизвольном осаждении частиц взвеси под действием силы тяжести.

Основным исходным параметром при технологическом расчете песколовки и отстойника всех типов является скорость осаждения взвешенных частиц (гидравлическая крупность). Скорость осаждения зависит от целого ряда факторов: размера частицы и ее формы, плотности частицы и плотности воды, в которой происходит осаждение, вязкости воды, скорости и направления потока воды в отстойнике и др.

Условия осаждения частицы нерастворенных примесей описываются уравнением Рэлея:

$$F = \eta u_0^2 d^2 \rho, \quad (4.1)$$

где F — сопротивление, испытываемое частицей при ее движении; η — коэффициент

сопротивления; u_0 — скорость осаждения; d — диаметр шара, равновеликого по объему осаждающей частицы; ρ — плотность частицы.

Это уравнение может быть записано в виде

$$F = \text{Re}^2 \mu^2 / \rho, \quad (4.2)$$

где Re — число Рейнольдса относительно оседающей частицы; $\text{Re} = u_0 d \rho / \mu$; μ — коэффициент вязкости воды.

Соотношение между массой равномерно падающей частицы в воде и испытываемым ею при этом сопротивлении движению постоянно. Для шарообразной частицы это выражается уравнением Стокса:

$$(\pi d^3 / 6) (\rho_1 - \rho) g = 3\pi d u_0 \mu \quad (4.3)$$

или уравнением Ньютона—Риттенгера:

$$(\pi d^3 / 6) (\rho_1 - \rho) g = \eta d^2 u_0^2 \rho. \quad (4.4)$$

Осаждение частиц в воде при ламинарном и турбулентном режимах их перемещений происходит с различными скоростями, что необходимо учитывать при технологических расчетах отстойных сооружений.

Исходную скорость осаждения частиц u_0 , выделяемых из сточной воды, принимают по данным седиментационного анализа и требуемой степени очистки. Величину u_0 (в мм/с) определяют теоретически или экспериментально.

В первом случае пользуются какой-либо из имеющихся для этого формул, но обычно формулой Стокса:

$$u_0 = \frac{g d^2}{18\mu} (\rho_1 - \rho), \quad (4.5)$$

где u_0 — скорость осаждения частицы; g — ускорение свободного падения; d — диаметр частицы; ρ_1, ρ — плотность соответственно частицы и воды; μ — вязкость воды.

Формула Стокса отвечает условиям ламинарного режима осаждения, которые и создаются в большинстве случаев отстаивания сточных вод, содержащих частицы диаметром менее 1 мм.

Скорость осаждения более крупных частиц определяют по формулам для промежуточного или турбулентного режима. В последнем случае пользуются формулой Риттенгера:

$$u_0 = k - \sqrt{\frac{\rho_1 - \rho}{\rho} g d}, \quad (4.6)$$

где k — коэффициент, зависящий от формы и шероховатости частицы.

Величина k для частиц различной формы и удельного веса колеблется в широких пределах — от 1,2 до 2,3.

Однако эти формулы не учитывают действительных условий отстаивания: осаждение в стесненных условиях, агломерацию, измерение формы и плотности частицы в процессе ее осаждения. Особенно велико значение агломерации при отстаивании воды, содержащих мелкие примеси органического происхождения.

Наиболее надежным путем установления достоверной скорости осаждения той или иной частицы взвешенных веществ является экспериментальное определение в лабораторных условиях.

Однако необходимо иметь в виду, что такой способ определения скорости осаждения дает надежные результаты лишь в случае, когда высота сосуда, в котором производится отстаивание, равна или близка глубине отстойника.

Очистка с применением реагентов. Очистка транспортерно-моечных вод при помощи реагентов является довольно широко распространенным методом. Применение реагентов позволяет во много раз интенсифицировать процесс осаждения взвесей в отстойных сооружениях, а также удалять присутствующие в оборотной воде высокодисперсные взвеси и коллоидные загрязнения. В качестве реагентов применяют минеральные коагулянты и высокомолекулярные органические флокулянты. В качестве коагулянта для очистки транспортерно-моечных вод используют гидроксид кальция в виде известкового молока, а также растворы солей алюминия и железа. В качестве флокулянта применяют полиакриламид (ПАА) — сополимер акриламида и акрилантов аммония, натрия или кальция, являющийся в настоящее время наиболее распространенным флокулянтом.

Непосредственное получение гидроксида кальция на сахарном заводе, относительно недорогое сырье для его получения, а также эффективность применения при осветлении сточных вод создали условия для широкого использования. Осветление транспортерно-моечных вод с предварительным известкованием воды в настоящее время стало одним из универсальных методов.

При дозах гидроксида кальция 0,03—0,07 % массы свеклы обычно достигается высокий эффект очистки. рН воды при этом повышается до 9—11.

При введении гидроксида кальция в обрабатываемую воду он вызывает снижение агрегативной устойчивости коллоидных частиц в сточной воде за счет обменной адсорбции катионов примесей воды, а также за счет образования карбоната кальция, обладающего высокой адсорбционной способностью по отношению к защитным органическим коллоидам.

Известкование транспортерно-моечных вод значительно снижает количество микроорганизмов в воде. При известковании транспортерно-моечных вод отпадает необходимость в хлорировании воды. Высокий эффект осветления транспортерно-моечных вод наблюдается

при известковании их на сахарном заводе, который не осуществляет рециркуляцию транспортерно-мочных вод. При постоянном режиме известкования транспортерно-мочных вод, находящихся в рециркуляции, происходит снижение эффекта осветления вследствие того, что гидроксид кальция образует с растворенными органическими веществами соединения, препятствующие осаждению взвесей. Поэтому известкование транспортерно-мочных вод, находящихся в обороте, необходимо осуществлять периодически.

Обработка воды гидроксидом кальция не только улучшает седиментацию взвеси в воде, но и препятствует развитию микроорганизмов, вызывающих брожение органических веществ в воде.

В последнее время для очистки оборотных и сточных вод свеклосахарных заводов начали использовать метод, основанный на введении в воду реагентов, вызывающих коагуляцию и флокуляцию загрязнений в сточной воде.

В качестве коагулянтов используют соли алюминия и железа. При гидролизе солей алюминия и железа в воде образуются гидрофобные коллоидные системы, которые благодаря присутствию в сточной воде электролитов и противоположно загрязненных коллоидов коагулируют с образованием хлопьев гидроокисей алюминия и железа. Образующиеся хлопья сорбируют на своей поверхности загрязнение воды, укрупняются и под действием силы тяжести оседают, увлекая также и грубодисперсные примеси и микроорганизмы.

Флокулянты применяют в технологии осветления воды в основном для ускорения и облегчения процесса коагулирования. Это неорганические или органические высокомолекулярные соединения.

Из неорганических флокулянтов широко используется коллоидная кремниевая кислота или активная кремниевая кислота (АК), получаемая при частичной или полной нейтрализации щелочности в силикате натрия. Органические флокулянты представляют собой растворимые в воде линейные полимеры, состоящие из большого числа групп, связанных обычными валентными связями. При растворении в воде флокулянты могут как диссоциировать на ионы, так и находиться в неионизированном состоянии.

В зависимости от знака заряда поливалентного иона различают катионные и анионные полиэлектролиты. Если в состав флокулянта одновременно входят основные и кислые группы, характер диссоциации и величина заряда поливалентного иона определяются рН раствора.

В настоящее время механизм флокулирующего действия объясняется как адсорбцией молекул полимеров поверхности твердых взвешенных веществ, так и непосредственным сцеплением частиц взвеси с образованием достаточно сложных и крупных агрегатов, которые под действием силы тяжести с большой скоростью оседают и таким образом ускоряют осветление воды.

Из органических флокулянтов широкое распространение получили флокулянты на основе акриламида. Сополимеры акриламида и акрилатов аммония, натрия или кальция являются в настоящее время наиболее распространенными флокулянтами. Различают две группы этих сополимеров: с содержанием акрилатов менее 10 % (эти сополимеры в СССР получили название технического полиакриламида — ПАА) и с содержанием акрилатов более 20 %, называемые в СССР гидролизанным полиакриламидом (ГПАА). ГПАА является флокулянтом со значительно более резко выраженными анионными свойствами, чем ПАА технический.

Применение полиакриламида для осветления транспортно-мочных вод эффективно при незначительных дозах реагента. Осветление воды происходит быстро и при хорошей уплотняемости осадка. Важным является то обстоятельство, что применение ПАА не влияет на pH осветленной воды.

Транспортно-мочная вода после реагентной обработки характеризуется почти одинаковым содержанием взвесей и органических веществ по ХПК. При обработке воды гидроксидом кальция pH увеличивается до 11 с одновременным снижением карбонатной щелочности. При обработке транспортно-мочных вод сульфатом алюминия, сульфатом железа (III) и хлоридом железа (III) реакция среды и щелочность воды снижаются из-за нейтрализации щелочности воды анионами серной и соляной кислот, образующимися при гидролизе этих коагулянтов. Обработка транспортно-мочных вод ПАА почти не приводит к изменению щелочности и реакции среды, что очень важно при эксплуатации оборотных систем.

СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ТРАНСПОРТЕРНО-МОЕЧНЫХ ВОД

Песколовки. Песколовки служат для удаления из транспортно-мочных вод зернистых минеральных загрязнений. Путем соответствующего подбора скорости потока их конструируют или подбирают готовые конструкции с таким расчетом, чтобы осаждались только более тяжелые минеральные вещества (песок, дробленый щебень, кирпич и др.), а более легкие примеси поступали вместе с водой на отстойники. Предварительное выделение из транспортно-мочных вод песка необходимо для свеклосахарных заводов, расположенных в зоне свеклосеяния, где почва для возделывания свеклы содержит значительное количество песка. Радиальные и горизонтальные отстойники с механическим удалением примесей в ряде случаев нуждаются в отделении крупнозернистых взвешенных веществ (песок, мелкий гравий). Поступление этих веществ в отстойники приводит к уплотнению осадка, возможны случаи вывода из строя механизмов по удалению осадка из отстойника и остановки отстойника.

Практикуется установка песколовков перед радиальными отстойниками. В основном радиальные отстойники для очистки транспортно-моечных вод устанавливают на сахарных заводах мощностью 3 тыс. т переработки свеклы в сутки и более. Именно для сахарных заводов мощностью 4,5 и 6 тыс. т переработки свеклы в сутки, где в основном запроектированы радиальные отстойники, установка песколовков перед ними является одним из важных условий устойчивой работы отстойников.

На свеклосахарных заводах находят применение песколовки следующих типов: горизонтальные с прямолинейным и круговым движением воды, тангенциальные и др.

Горизонтальные песколовки рассчитывают, пользуясь соотношениями:

$$L = KH_p v / u_0; H_p = u_0 \tau / K; \omega = q / v, \quad (4.7)$$

где L , H_p , ω — соответственно длина (м), расчетная глубина (м) и площадь (m^2) живого сечения проточной части песколовушки; v — средняя скорость потока воды, м/с; q — расчетный расход сточных вод, m^3/c ; u_0 — гидравлическая крупность наименьших частиц песка, задерживаемого песколовкой, м/с; τ — продолжительность пребывания сточных вод в песколовке, с; K — эмпирический коэффициент, учитывающий влияние характера движения воды на скорость осаждения песка в песколовках, принимаемый по табл. 4.2 и зависящий от гидравлической крупности песка u_0 .

4.2. Значения коэффициента K для расчета горизонтальных песколовков

Диаметр частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка, мм/с	K
0,15	13,2	—
0,2	18,7	1,7
0,25	24,2	1,3

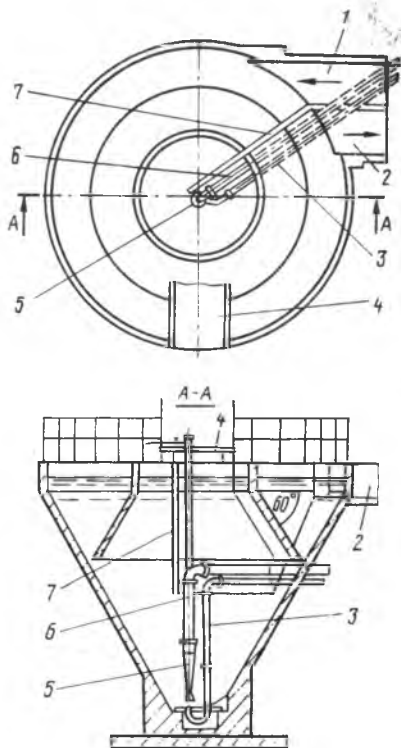
Для горизонтальных песколовков принимают среднюю скорость движения сточных вод от 0,15 при минимальном расходе и 0,30 м/с при максимальном; продолжительность пребывания сточных вод в песколовке при максимальном расходе не менее 30 с; наименьший диаметр частиц песка, задерживаемого песколовкой, 0,2–0,25 мм.

На рис. 4.2 представлена схема горизонтальной песколовки с круговым движением воды пропускной способностью от 1400 до 70 000 $m^3/cут$, в зависимости от типа.

Сточная вода подводится к песколовкам и отводится из них лотками. Подводящий лоток располагается на уровне поверхности земли или в насыпи высотой 1–5 м. Для включения песколовки на подводящих и отводящих лотках в распределительной камере устанавливают металлические поверхностные затворы. Осадок из песколовки удаляют гидроэлеваторами. Подача рабочей жидкости к гидроэлеватору и отвод

Рис. 4.2. Схема горизонтальной песколовки с круговым движением воды:

1 — подводящий лоток; 2 — отводящий лоток; 3 — трубопровод рабочей жидкости к гидроэлеватору; 4 — деревянный настил; 5 — гидроэлеватор; 6 — пульпопровод; 7 — разделительная перегородка



пульпы осуществляются самостоятельными напорными трубопроводами через камеру переключения, оборудованную задвижками с установками управления.

Другим типом горизонтальной песколовки является песколовка системы Гейгера, которую фирма "Фив-Лиль-Кай" (Франция) разработала для сахарного завода мощностью 6 тыс. т переработки свеклы в сутки. Песколовка оборудована механической решеткой для улавливания из транспортно-моечных вод легких примесей (мелких хвостиков, боя свеклы, кожуры и др.). Удаление песка из

этой песколовки, как и в песколовках с круговым движением воды, осуществляется с помощью гидроэлеватора. На рис. 4.3 приведена песколовка с механической решеткой фирмы "Фив-Лиль-Кай" производительностью $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Хорошими показателями по эффективности улавливания песка из транспортно-моечных вод и по надежности в эксплуатации отличается песколовка (классификатор), разработанная западногерманской фирмой "Букау-Вольф" (рис. 4.4). Она представляет собой желоб, в котором смонтирован скребковый транспортер таким образом, что при обратном ходе он приподнимается. Осевший на дно желоба песок медленно передвигается вперед вначале в водном потоке, а затем транспортером. На участке приподнятого желоба песок извлекается из воды и поступает в бункер или вагонетку. К достоинству этой песколовки следует отнести то, что песок удаляется из транспортно-моечных вод в обезвоженном состоянии. На принципе этого классификатора фирмой разработаны различные типоразмеры для сахарных заводов разной мощности. К недостаткам этой песколовки необходимо отнести значительную ее металлоемкость. Такие песколовки успешно эксплуатируются и на сахарных заводах СССР.

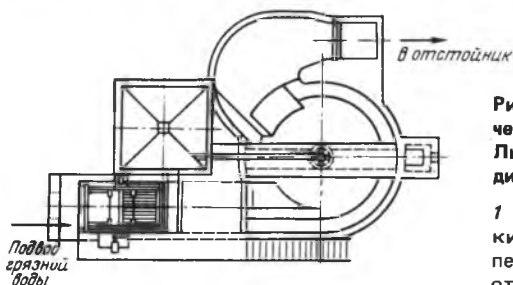
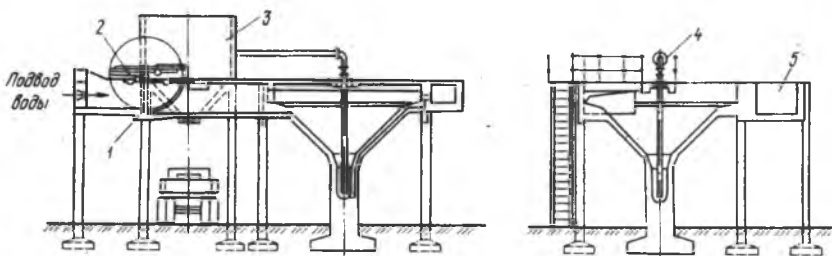


Рис. 4.3. Песколовка с механической решеткой фирмы "Фив-Лиль-Кай" (Франция) производительностью 2500 м³/ч:

1 — решетка; 2 — механические грабли; 3 — бункер для песка; 4 — гидрозlevator; 5 — отводной лоток

Для отделения песка из транспортерно-моечных вод находят применение также и гидроциклоны.

Отстойники. Отстаивание воды для выделения из нее нерастворимых оседающих механических примесей является одним из наиболее распространенных в практике способов разделения суспензий. Отстаивание производится в горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойниках. Такая классификация основана на направлении движения потока воды в этих сооружениях. Радиальные отстойники являются частным случаем горизонтальных, когда движение очищаемой воды направлено по радиусам из центра к их периферии. Особую группу отстойников составляют отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством, где движение воды практически отсутствует и ее отстаивание происходит в состоянии покоя.

Технологический расчет отстойников производят на основании данных по кинетике выпадения взвешенных веществ с учетом необходимого эффекта осветления. Так как на процесс осаждения взвесей в отстойнике действует ряд факторов, приводящих к снижению скорости осаждения частиц взвеси, рекомендуется определять расчетное значение гидравлической крупности частиц взвеси (u), задерживаемых отстойником для достижения заданного эффекта осветления по формуле

$$u = u_0 k a (kH/n)^{1-n} + \omega, \quad (4.8)$$

где k — коэффициент, зависящий от типа отстойника, конструкции водосборных и водораспределительных устройств и для горизонтальных отстойников равный

0,5, вертикальных — 0,35, радиальных — 0,5, радиальных с вращающимся распределительным устройством — 0,9; α — коэффициент, равный отношению вязкости воды при температуре t к вязкости при температуре 20 °С и принимаемый по данным, приведенным ниже; H — расчетная глубина отстойника, м; ω — вертикальная составляющая скорости движения воды в отстойнике, мм/с, принимается в зависимости от средней скорости движения воды в нем по данным, приведенным ниже.

Минимальная среднемесячная температура сточных вод, °С	60	50	40	30	25	20	15	12	10	5	0
α	0,45	0,55	0,65	0,80	0,9	1,0	1,14	1,23	1,3	1,5	1,8

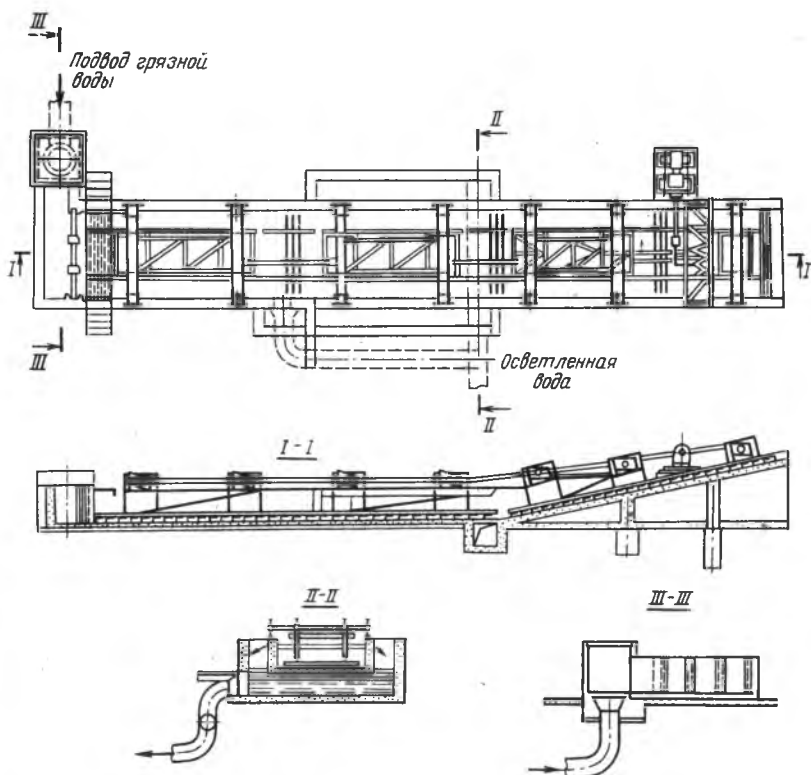


Рис. 4.4. Песколовка (классификатор) фирмы "Букау-Вольф" (ФРГ) производительностью 2500 м³/ч

Средняя скорость движения воды в отстойнике, v , мм/с	5	10	15	20
Вертикальная составляющая скорости воды в отстойнике, ω мм/с	0	0,05	0,1	0,5

При вычислении величины u значение ω в первом приближении можно определить, принимая среднюю скорость движения воды в горизонтальных и радиальных отстойниках 5–10 мм/с, в отстойниках с вращающимся распределительным устройством и вертикальных 0. Средняя скорость движения воды v в горизонтальных и радиальных (в сечении на половине радиуса) отстойника определяется соответственно по формулам (в мм/с):

$$v = Q / (3,6BH) \text{ и } v = Q / (3,6\pi RH), \quad (4.9)$$

где Q — расход воды, поступающей на отстойник, м³/ч; B — ширина горизонтального отстойника, м; R — радиус радиального отстойника, м; H — расчетная глубина отстойника, м.

Длина горизонтальных отстойников L определяется по формуле

$$L = vH / (ku), \quad (4.10)$$

а радиус вертикальных, радиальных и с вращающимся распределительным устройством — по формуле

$$R = \sqrt{Q / (3,6\pi ku)}. \quad (4.11)$$

Количество удаляемого из отстойников осадка определяется в соответствии с эффектом отстаивания обрабатываемой воды. Объем иловой камеры принимается равным объему выпавшего осадка за период не более 2 сут. Влажность осадка транспортерно-моечных вод колеблется в пределах 98–85%. Для всех типов отстойников скорость подхода воды к переливной кромке сборного водолива должна быть меньше скорости подсоса или удаления под гидростатическим напором. Удельная нагрузка на 1 м длины оборотного водослива не должна превышать 10–12 м³/ч.

Самым простым отстойником горизонтального типа является земляной отстойник в форме удлиненного прямоугольника с отношением длины к ширине от 2:1 до 5:1 и глубиной 1,5–3 м. Из таких отстойников осадок не удаляют непрерывно, его вывозят, как правило, во время ремонта завода в межсезонный период.

Более оптимальным решением является система из нескольких отстойников с днищами, укрепленными каменными или бетонными откосами. Такие отстойники приспособлены к периодическому уда-

лению осадка. Чаще всего применяют систему из нескольких отстойников, из которых один выключается из схемы и освобождается от осевшего в нем осадка. К недостаткам этих отстойников следует отнести то, что очищаемая вода в них имеет непосредственный контакт с разлагающимся осадком органического происхождения; из-за этого происходит дополнительное заражение воды микроорганизмами и продуктами разложения осадка.

Такие отстойники были широко распространены на сахарных заводах. В настоящее время эти отстойники заменяются на более прогрессивные отстойники, предусматривающие или периодический отвод осадка, или непрерывный.

Одним из таких отстойников, позволивших исключить недостатки в работе земляных отстойников и нашедших широкое применение на сахарных заводах, является горизонтальный непрерывнодействующий секционный отстойник системы А. Ф. Чекурды, разработанный в

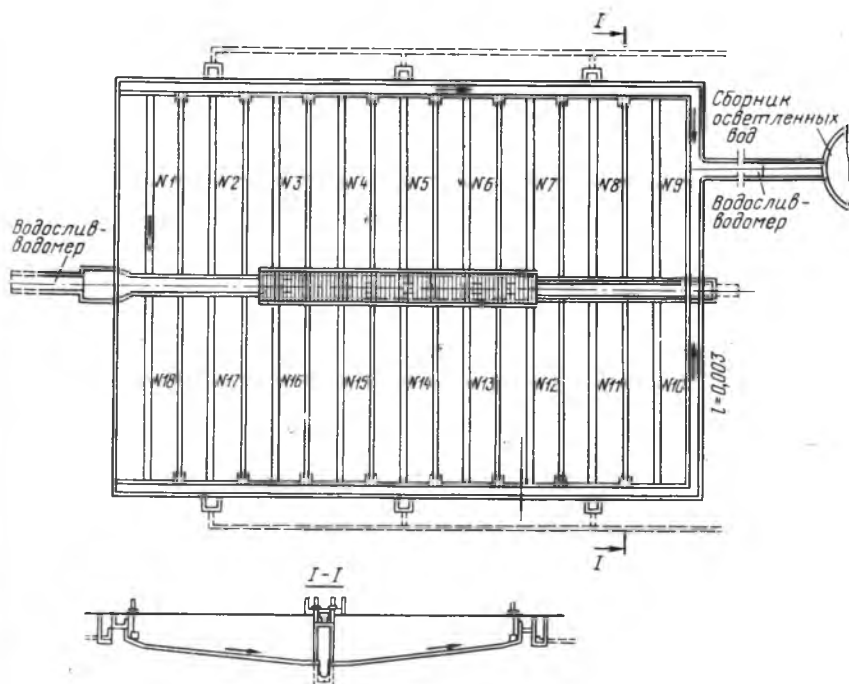


Рис. 4.5. Горизонтальный непрерывнодействующий секционный отстойник системы А. Ф. Чекурды

КФ ЦИПС. Общий вид этого отстойника представлен на рис. 4.5. Работает отстойник следующим образом.

Транспортерно-моечная вода из завода предварительно проходит через механическую решетку, где освобождается от крупных примесей, а затем коллектором через приемный колодец подводится к распределительному желобу отстойника. В начале этого желоба имеется сито для выделения из воды крупных плавающих и взвешенных примесей, не задержанных механической решеткой.

Отверстия в стенках распределительного желоба перекрываются затворами; через эти отверстия вода поступает в осадочные бассейны, расположенные по обе стороны распределительного желоба.

В начале осадочных бассейнов установлены щиты. Сточная вода, поступающая из отверстий распределительного желоба, у щитов теряет свою первоначальную скорость, распределяется по всей ширине бассейна, огибает нижнюю кромку щита и параллельными струями медленно двигается по всей длине бассейнов. При этом из воды выделяются все взвешенные вещества.

Осветленная вода переливается через гребень сборного желоба, откуда направляется в водоотводящий канал, а затем поступает в сборник осветленной воды.

Осадок, отлагающийся на дне трапецеидальных камер иловой части осадочных бассейнов, поступает в коллектор грязи через отверстия с задвижками, непрерывно отсасывается и перекачивается в сборник сточных вод III категории при помощи подвижной землесосной установки, основным агрегатом которой является центробежный насос марки НФ. Для смыва осадка из бассейна служат гидранты, расположенные в приямках.

Перед сборным желобом установлено сито. Задвижка служит для слива верхнего слоя воды из секции перед ее очисткой. Время пребывания воды в отстойнике составляет около 1 ч. Эффект осветления 80—85 %. Количество чисток отстойника 1 раз в сутки.

При переработке свеклы, убранной комбайнами с минимальными затратами ручного труда, количество сточных вод, удаляемых из отстойника вместе с осадком, в среднем составило 272 % массы свеклы. Переработка свеклы, убранной комбайнами, значительно увеличивает нагрузку и скорость движения воды в отстойнике, что приводит к снижению эффекта осветления до 10 % и в среднем составляет 46—56 %.

С повышением мощности свеклосахарных заводов возникла необходимость в разработке и строительстве отстойников транспортерно-моечных вод большой производительности. Таким требованиям могли отвечать только радиальные отстойники с механизированным удалением транспортерно-моечного осадка. Конструктивно радиальный отстойник представляет собой круглый бассейн, оборудованный подводным и отводящим воду трубопроводами, водораспределительным и водосборным устройствами, а также скребковым механизмом, пред-

назначенным для непрерывного удаления из отстойника выпавшей взвеси. Осветляемая вода движется в радиальных отстойниках горизонтально, обычно от центра к периферии. Радиальные отстойники можно рассматривать как частный случай горизонтальных отстойников. Однако величины скоростей движения воды в радиальных отстойниках являются переменными: от максимальной в центре до минимальной у периферии, в то время как у горизонтальных отстойников они принимаются постоянными.

Подвод осветляемой транспортерно-моечной воды в центр радиального отстойника делается снизу. Осадок со дна отстойника сгребается с помощью скребков, закрепленных на вращающейся ферме, в грязевой приямок, который расположен (в зависимости от конструкции) в центре или на определенном расстоянии от центра в виде кольцевого канала. Удаление осадка из отстойника может производиться самотеком под гидростатическим давлением, насосом или с помощью вакуумсифонной установки.

На свеклосахарных заводах СССР эксплуатируется довольно значительное количество радиальных отстойников различной конструкции. Их конструктивные решения можно разделить на два типа: со сгребанием осадка в иловый канал (тип Брюкнера) и со сгребанием в иловый приямок, расположенный в центральной части отстойника (тип "Фив-Лиль-Кайль", "Дорр-Оливер", "Вивкерс Бокерс Лимитед").

В отстойниках с иловым каналом осадок засасывается насосами, установленными на вращающейся ферме, и затем перекачивается в сборник вод III категории.

В СССР были проведены испытания радиальных импортных отстойников с целью определения преимуществ и недостатков разных конструктивных решений. На основании полученных данных установлено, что наиболее подходящими для очистки транспортерно-моечных вод являются отстойники с иловым каналом системы Брюкнера.

Из отечественных радиальных отстойников следует отметить радиальные отстойники системы Укргипросахар, Гипросахар и ВНИИСП.

Представляет интерес радиальный отстойник с вращающимся сборно-распределительным устройством, спроектированный Гипросахарпромом (РОГ-2). По внешнему виду данный отстойник напоминает радиальный, однако принцип работы его совсем другой, и состоит он в осветлении воды, практически близком к состоянию покоя. Конструкция основана на методе И. В. Скирдова (распределение исходной воды в отстойнике и сбор осветленной воды с помощью свободно вращающегося лотка, расположенного на ферме и разделенного вертикальной перегородкой на две части, предназначенные соответственно для распределения и сбора воды).

Вертикальный отстойник представляет собой круглый резервуар с днищем в виде опрокинутого усеченного конуса, из нижней части которого удаляют сгущенный осадок. Подвод осветляемой воды в

отстойник в зависимости от конструкции выполняют через центральную трубу, снабженную отражательным щитом для равномерного распределения воды по всему сечению, или рассредоточенно, когда подводят исходную воду с помощью опускных труб к кольцевому периферийному распределителю, расположенному внутри отстойника. Сбор осветленной воды в отстойнике осуществляется с помощью периферийного кольцевого лотка, снабженного зубчатыми водосливами.

Все применяемые вертикальные отстойники транспортерно-моечных вод выполнены из листовой стали.

Осаждение взвешенных веществ в отстойнике происходит при восходящем движении транспортерно-моечной воды. Следовательно, в осадок выпадает взвесь, частицы которой имеют гидравлическую крупность u_0 больше восходящей скорости $v_{восх}$ ($u_0 > v_{восх}$). При $u_0 = v_{восх}$ частицы будут находиться во взвешенном состоянии, а при $u_0 < v_{восх}$ будут выноситься из отстойника с осветленной водой.

Вертикальные отстойники по эффективности осветления сточной воды уступают радиальным и горизонтальным, однако они имеют и ряд преимуществ, заключающихся в простоте устройства и эксплуатации, а также в простоте отвода осадка, причем влажность удаляемого осадка можно регулировать путем периодического или непрерывного отвода или количественным расходом суспензии.

Эти достоинства вертикальных отстойников способствовали широкому их внедрению на сахарных заводах.

Представляет интерес вертикальный отстойник Укргипросахарпрома ВОУ-1 диаметром 10 м. Основное отличие этого отстойника от других известных конструкций вертикальных отстойников — это применение оригинального пеносорбного устройства, которое выполнено в виде двугранных направляющих, сочлененных с пеноприемником одной гранью выше, другой ниже уровня воды в отстойнике, а также в расположении механизмов прижатия упоров скребков в проушинах вращающейся фермы.

В конструкции отстойника применены лучшие узлы отечественных и импортных радиальных отстойников, которые проверены в работе в производственных условиях, а также воплощены технические решения по удалению пены и плавающих примесей, максимально возможному сгущению осадка, подлежащего дальнейшей обработке. Конструкция резервуара, впуска и выпуска воды обеспечивает минимальную длину водоворотной зоны и зоны сужения струи при максимальной длине зоны отстаивания. Рациональная конструкция фермы с обслуживающим мостиком, удобное расположение привода фермы, размещение оборудования обеспечивают нормальные условия для эксплуатации отстойника.

В настоящее время вертикальные отстойники успешно работают более чем на 30 сахарных заводах. Эффект осветления транспортерно-моечных вод на вертикальных отстойниках достигает 85 % при извест-

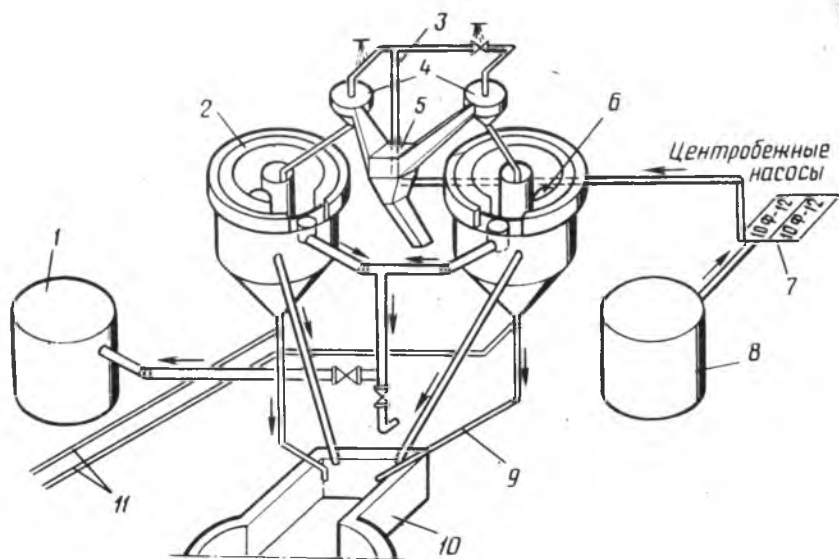


Рис. 4.6. Технологическая схема станции очистки транспортно-моечных вод с вертикальными отстойниками ВОУ-1 на Лучанском сахарном заводе:

1 — сборник осветленных транспортно-моечных вод; 2 — вертикальные отстойники ВОУ-1; 3 — трубопровод загрязненных транспортно-моечных вод; 4 — приме-сеулавливатели; 5 — бункер для примесей; 6 — устройство для удаления пены; 7 — насосы; 8 — сборник загрязненных транспортно-моечных вод; 9 — трубо-проводы для сброса осадка; 10 — лоток-мешалка; 11 — спуск осадка в сборник

ковании воды до pH 9,5–10. Содержание сухих веществ в удаляемом осадке составляет 15–18 %.

На рис. 4.6 представлена технологическая схема очистки транспор-терно-моечных вод с применением вертикальных отстойников ВОУ-1 на Лучанском сахарном заводе. Схема очистки транспортно-моечных вод на этом заводе обеспечивает эффективную и надежную работу обо-ротной системы вод II категории с 1973 г.

Разработан НПО "Сахар" вертикальный отстойник-сгуститель для осветления транспортно-моечной воды и одновременного сгущения оседающего осадка. Диаметр отстойника-сгустителя 15 м, а производи-тельность по транспортно-моечной воде $850 \text{ м}^3/\text{ч}$, по сгущенной суспен-зии не менее $28 \text{ м}^3/\text{ч}$ при влажности осадка не выше 84 %. Эффект осветления транспортно-моечной воды при обработке известью до pH 10–11,5 не менее 70 %.

Схема конструкции отстойника-сгустителя транспортно-моечных вод (марка Ш1-ПОС-3) приведена на рис. 4.7.

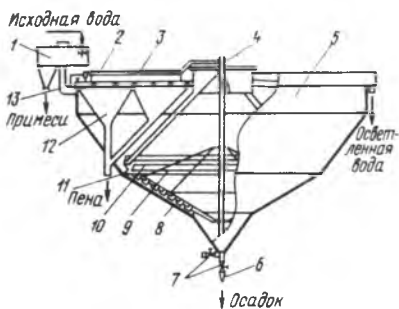


Рис. 4.7. Схема конструкции вертикального отстойника-сгустителя транспортно-моечных вод марки Ш1-ПОС-3:

1 — примесулавливатель; 2 — водоотводящее устройство; 3 — пеносгребное устройство; 4 — центральный вал; 5 — корпус; 6 — разгрузочная насадка; 7 — задвижки; 8 — перегребное устройство; 9 — водораспределительное устройство; 10 — щель для впуска воды; 11 — щель для смыва осадка; 12 — воронка; 13 — водоподводящий трубопровод

Одним из эффективных технических решений, которое заложено в конструкцию отстойника-сгустителя и позволяет получить высокий эффект осветления транспортно-моечных вод, является специальное распределительное устройство для осветляемой воды. Устройство выполнено в виде цилиндрической обечайки, над которой расположен конический козырек. Между обечайкой и козырьком образуется кольцевая щель для впуска воды в отстойник, а между обечайкой и днищем отстойника образуется щель для сползания крупных фракций осадка, которые выпадают из поступающих на отстаивание транспортно-моечных вод.

Результаты эксплуатационных испытаний отстойника-сгустителя на Яготинском сахарном заводе им. Ильича в течение четырех производственных сезонов показали, что производительность отстойника по неосветленной транспортно-моечной воде за указанный период времени в среднем составила $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, влажность удаляемого осадка — 80 % и менее, эффект осветления воды — более 70 %.

Отстойник-сгуститель Ш1-ПОС-3 принят приемочной комиссией и рекомендован к применению на свеклосахарных заводах для очистки транспортно-моечных вод. Завод-изготовитель вертикального отстойника-сгустителя — Яготинский опытный механический завод.

Осветлители. Применение на свеклосахарных заводах более совершенных отстойников для очистки транспортно-моечных вод резко уменьшало количество оборотной транспортно-моечной воды, удаляемой из оборотной системы совместно с транспортно-моечным осадком. Однако расход свежей воды, поступающей на мойку для ополаскивания свеклы и поступающей в оборотную систему, приводит к появлению в системе избыточных транспортно-моечных вод, очистка которых требует затрат и капитальных вложений на очистные сооружения. В связи с этим возникла необходимость в доосветлении части транспортно-моечной воды, отводимой из отстойников, и очистке ее до тех кондиций, при которых вода может использоваться на мойку свеклы

вместо свежей. Это позволит снизить количество получаемых избыточных вод от оборотной системы и количество свежей воды.

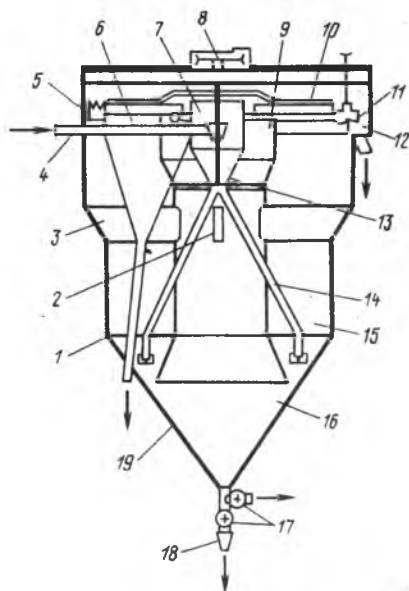
В практике очистки от высокодисперсных и коллоидных загрязнений широкое распространение получил метод осветления в специальных сооружениях-осветлителях. В них обрабатываемая вода проходит снизу вверх через слой выделяющегося из воды осадка, поддерживая его во взвешенном состоянии. Работа осветлителей со взвешенным слоем осадка основана на явлении контактной коагуляции. Последняя в отличие от коагуляции, происходящей в свободном объеме, протекает на поверхности сорбента. При этом коллоидные и взвешенные примеси воды сближаются с частицами сорбента и под действием молекулярных сил прилипают к их поверхности или к ранее осевшим на них частицам примесей. Контактная коагуляция характеризуется двумя особенностями. Первая из них заключается в относительно быстром извлечении из воды мелких частиц крупными, так как интенсивность прилипания мелких частиц к крупным значительно больше, чем интенсивность слипания мелких частиц. Вторая особенность — расход реагента, необходимый для нарушения агрегативной устойчивости загрязняющих воду примесей, может быть меньше, чем это необходимо для коагуляции в свободном объеме.

Для очистки осветленной транспортерно-моечной воды до кондиций, которые могли бы удовлетворить требования к качеству воды, направляемой на мойку свеклы НПО "Сахар", был разработан осветлитель марки Ш1-ПОЭ со взвешенным слоем осадка (рис. 4.8).

Осветлитель работает следующим образом. Осветленная транспортерно-моечная вода (вода после отстойников) по водоподводящему трубопроводу 4 поступает в распределительную камеру 9 с воздухо-

Рис. 4.8. Схема вертикального осветлителя транспортерно-моечных вод марки Ш1-ПОЭ:

1 — корпус; 2 — окна; 3 — рабочая камера; 4 — водоподводящий трубопровод; 5 — периферийный кольцевой желоб; 6 — воронка для сброса пены и плавающих примесей; 7 — воздухоотделитель; 8 — центральный вал с приводом; 9 — распределительная камера; 10 — пеногребной щит; 11 — трубопровод с регулирующим вентилем; 12 — приемный ящик осветленной воды; 13 — клапан; 14 — распределительные трубы; 15 — секции; 16 — щель; 17 — задвижки; 18 — грязевое сопло; 19 — осадкоуплотнитель



отделителем 7, где удаляется воздух из очищаемой воды. Из распределительной камеры 9 вода через клапан 13 направляется по распределительным трубам 14 в секции 15 рабочей камеры 3. Клапан, вращаясь на валу, плавно перекрывает вход в распределительные трубы. В той секции, куда доступ воды перекрывается, скорость потока уменьшается до минимума, происходит уплотнение взвешенного слоя осадка. Если удается получить более плотный слой осадка, достигается более высокий эффект очистки воды, фильтруемой через этот слой от мелкодисперсной фракции. Избыток твердой фазы через окна 2 и щель 16 поступает в осадкоуплотнитель 19. Осветленная в рабочей камере вода отводится через периферийный кольцевой желоб 5.

Осадкоуплотнитель работает, как обычный вертикальный отстойник. Взвешенные частицы осаждаются в нижнюю коническую часть, где осадок уплотняется под действием гравитационных сил и затем удаляется через задвижку 17 и сопло 18. Осветленная вода из верхней части осадкоуплотнителя отводится и ящики 15 по трубопроводу с регулирующим вентилем 11.

Результаты эксплуатационных испытаний осветлителя на Яготинском сахарном заводе им. Ильича в течение нескольких производственных сезонов показали надежную и эффективную работу осветлителя. Расход воды на осветлитель в среднем составлял $116 \text{ м}^3/\text{ч}$, количество удалявшегося осадка — в среднем $3,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, влажность осадка — в среднем 95 %.

Эффект осветления (доосветления) транспортерно-моечных вод в значительной степени зависит от дозы коагулянта. При соответствующем подборе коагулянтов качество доосветленной транспортерно-моечной воды вполне может соответствовать тем требованиям, которые предъявляются к воде, направляемой на мойку и ополаскивание свеклы.

Вертикальный осветлитель был принят приемочной комиссией и рекомендован для использования в качестве очистных сооружений для доосветления транспортерно-моечных вод.

Изготовитель осветлителей — Яготинский опытный механический завод.

СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СГУЩЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТЕРНО-МОЕЧНОГО ОСАДКА

Уменьшение объема транспортерно-моечного осадка, удаляемого из сооружений механической очистки транспортерно-моечных вод, является задачей, решение которой позволит снизить расход свежей воды и уменьшить количество сточных вод.

В практике обработки осадков широко используются естественные и искусственные методы обезвоживания осадков. Обезвоживание осадков в естественных условиях на иловых площадках и иловых пруд-

дах сопряжено с необходимостью строительства иловых площадок и прудов, а также длительностью процесса, который, в свою очередь, зависит от климатических условий. Обезвоживание осадков в искусственных условиях производят на фильтрационном оборудовании (вакуум-фильтрах и фильтрах-прессах) и на оборудовании, работающем по принципу разделения суспензий в поле центробежных сил (гидроциклонах, центрифугах и сепараторах).

Транспортерно-моечный осадок образуется при осаждении взвеси в отстойниках транспортерно-моечных вод. Объем осадка и количество удаляемой с осадком воды зависят от многих факторов: типа отстойника, совершенства оборотной системы, количества подпиточной воды, добавляемой в оборотную систему, и способа удаления осадка из отстойников.

Из большинства типов отстойников транспортерно-моечных вод, применяемых в настоящее время на сахарных заводах (радиальных, горизонтальных, секционных), осадок удаляется в разбавленном виде с содержанием до 93—98 % воды.

На новых сахарных заводах разбавленный транспортерно-моечный осадок из отстойника подают насосом в накопители отдельно от других сточных вод. Из накопителя часть отстоявшейся воды возвращают в сборник осветленной воды, из которого воду насосами подают на гидротранспортер. Другую часть отстоявшейся в накопителе воды направляют на сооружения искусственной биологической очистки. После этого очищенную воду сбрасывают в водоем (реку, пруд). Летом один из двух накопителей освобождают от воды. Осадок подсушивают в естественных условиях и вывозят на сельскохозяйственные поля. Другой накопитель должен быть заполнен водой, так как сооружения искусственной биологической очистки работают круглый год.

Такой способ сгущения и обезвоживания транспортерно-моечного осадка нельзя признать рациональным, так как он имеет ряд недостатков, связанных прежде всего со значительными эксплуатационными затратами.

ВНИИСПом был разработан способ сгущения и обезвоживания транспортерно-моечного осадка, суть которого состоит в применении вертикальных отстойников-сгустителей транспортерно-моечных вод, в них одновременно происходят осветление транспортерно-моечной воды и сгущение выпавшего транспортерно-моечного осадка, который затем обезвоживается на осадительной шнековой центрифуге непрерывного действия типа НОГШ.

На Яготинском сахарном заводе им. Ильича эксплуатируется установка из двух вертикальных отстойников-сгустителей марки ШТ-ПОС-3 и двух вертикальных осветлителей марки Ш1-ПОЭ, напорных гидроциклонов, осадочной центрифуги НОГШ, сборников, мешалок и насосов. Схема установки представлена на рис. 4.9.

Установка работает следующим образом. Загрязненная транспортер-

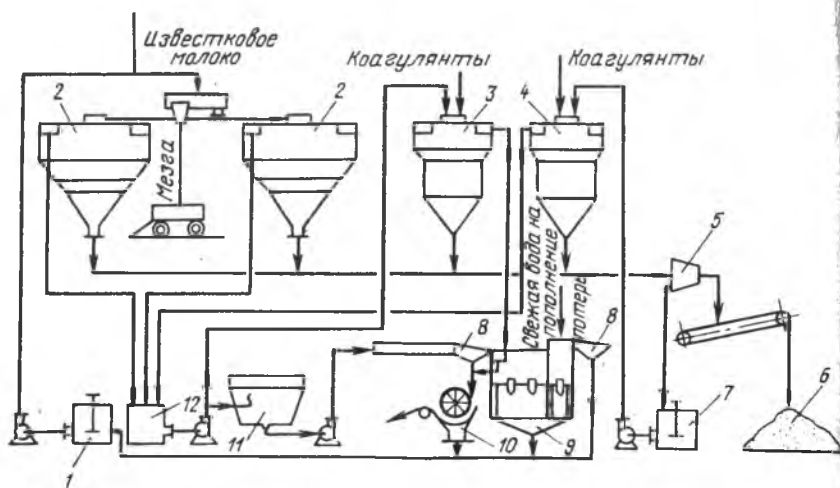


Рис. 4.9. Схема оборотной системы гидротранспорта и мойки свеклы с отстойниками-сгустителями, осветлителями и осадочной центрифугой для обезвоживания транспортно-мочного осадка:

1 — сборник-мешалка транспортно-мочных вод; 2 — вертикальный отстойник-сгуститель; 3 — вертикальный осветлитель декантата; 4 — вертикальный осветлитель фугата; 5 — отстойная центрифуга; 6 — площадка для складирования обезвоженного осадка; 7 — сборник-мешалка фугата; 8 — водоотделитель; 9 — свеломойка; 10 — хвостикоулавливатель; 11 — бурчаная; 12 — сборник осветленной воды

но-мочная вода из завода поступает в сборник грязных транспортно-мочных вод. Здесь она насосом подается на вертикальные отстойники-сгустители, в которых происходит осаждение взвеси. После этого осветленная вода вновь используется на гидротранспорт свеклы. В процессе осаждения взвесей из воды и при ее осветлении происходит также и сгущение осадка в количественной части отстойника.

Часть осветленной воды из вертикальных отстойников направляется самотеком в осветлители со взвешенным слоем осадка на доосветление. Доосветленная транспортно-мочная вода перекачивается на свеломойку и используется взамен свежей воды.

Осадок из вертикальных отстойников-сгустителей под гидростатическим давлением направляется непосредственно в гидроциклоны, которыми оборудована коническая часть отстойников. Пройдя разделение в гидроциклонах, осадок из нижней части (песковой) удаляется в лоток, при этом содержание воды в осадке уменьшается в 2 раза. Если необходимо получить осадок с более низкой степенью содержания воды, его направляют на осадительную центрифугу типа НОГШ, после которой осадок уже содержит около 40 % воды и представляет собой транспортабельное вещество, сохраняющее форму.

СХЕМЫ ОЧИСТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТЕРНО-МОЕЧНЫХ ВОД В ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

На всех свеклосахарных заводах страны транспортерно-моечные воды после очистки используются повторно в системе оборотного водоснабжения. В зависимости от мощности сахарного завода и типа очистных сооружений применяется та или иная схема использования воды в оборотной системе.

Наиболее простая схема предусматривает следующее движение воды: грязные транспортерно-моечные воды от водоотделителей перед свекломойкой, уплотнения сальников свеклонасосов, мойки свеклы, обмывки элеватора свеклы и весов по самотечному коллектору направляются в сборник грязных транспортерно-моечных вод перед насосной станцией оборотного водоснабжения. Из сборника транспортерно-моечная вода насосами подается на отстойники для очистки от механических примесей. В зависимости от типа отстойников поступление транспортерно-моечных вод на отстойники осуществляется самотеком без перекачивания насосами. Почти во всех случаях требуется перекачка воды при установке вертикальных отстойников, так как отметка верхней части вертикального отстойника значительно выше отметки коллектора, по которому поступает вода с завода. Осветленная вода после отстойников направляется в сборник осветленных вод, откуда насосами под избыточным давлением она перекачивается на кагатное поле, бурачную для гидротранспортировки свеклы на завод.

Осадок из отстойников самотеком или насосом направляется в сборник сточных вод III категории, куда с завода поступают другие сточные воды III категории (разбавленный фильтрационный осадок, продувки от отстойников жомпрессовой воды, вода после стирки фильтрационной ткани и др.). Из сборника вод III категории транспортерно-моечный осадок совместно с другими сточными водами III категории перекачивается на земляные отстойники полей фильтрации. Для улучшения качества осветленной транспортерно-моечной воды в воду, поступающую на отстойники, добавляют известковое молоко. Варианты дозирования известкового молока могут быть самые разнообразные. Обычно применяют добавление известкового молока непосредственно в моечном отделении. Однако необходимо заметить, что это не самый лучший вариант. Добавление известкового молока в моечном отделении приводит к тому, что возникшие в результате коагуляции большие хлопья и укрупненные частицы взвеси вследствие турбулентности потока разрушаются на более мелкие и при поступлении воды на отстойники эффективность осветления транспортерно-моечной воды снижается. При длительной рециркуляции воды в системе, а также вследствие поступления загрязнений со свеклой в воде происходит накопление высокодисперсных взвесей и микроорганизмов. Для стабилизации и предупреждения процессов брожения транспортерно-моечную воду после

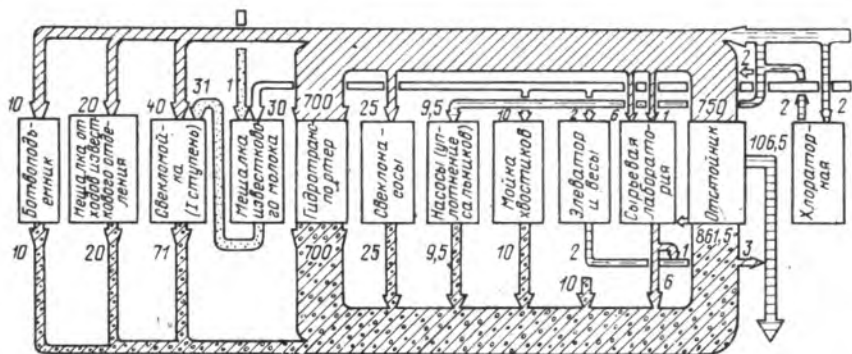


Рис. 4.10. Балансовая схема оборотной системы транспортерно-моечных вод по схеме водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы свеклы

отстойников обрабатывают хлорной водой, получаемой в хлораторных при растворении газообразного хлора в воде. Добавление хлорной воды осуществляют периодически, чередуя с обработкой транспортерно-моечной воды известковым молоком. На ряде сахарных заводов свеклу после ополаскивания обеззараживают раствором хлорной извести. Поступление части хлорной извести в транспортерно-моечные воды положительно сказывается на очистке их в отстойниках и на качестве воды в оборотной системе в целом. Для простой схемы использования воды в оборотной системе всегда присущ значительный расход свежей воды на пополнение системы, так как убыль части транспортерно-моечной воды с осадком требует восполнения потерь. Такая оборотная система связана со значительной продувкой и подпиткой, что приводит к повышению расхода свежей воды и количества сточных вод. Иногда складывается впечатление, что оборотная система функционирует удовлетворительно, так как качество оборотной воды при этом соответствует требованиям. Однако ложное впечатление—следствие того, что на качество оборотной воды в системе оказывает большое влияние не только очистка воды как таковая, а и простое обновление воды в системе при высоких значениях подпитки.

Такая схема использования воды в оборотной системе гидротранспорта и мойки свеклы предусматривается принципиальной усовершенствованной схемой водоснабжения и канализации действующего свеклосахарного завода с количеством сточных вод 170 % массы свеклы.

На рис. 4.10 приведена балансовая схема оборотной системы транспортерно-моечных вод, которая предусмотрена схемой водоснабжения и канализации с количеством сточных вод 170 % массы свеклы. Как видно из схемы, количество сточных вод, сбрасываемых от оборотной системы, составляет 106,5 % массы свеклы.

Более совершенной схемой очистки и использования воды в оборотной системе гидротранспорта и мойки свеклы является схема водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов с количеством сточных вод до 50 % массы свеклы. Этой схемой предусматривается прежде всего установка радиальных или вертикальных отстойников, позволяющих снизить расход оборотной транспортно-моечной воды при удалении транспортно-моечного осадка.

Движение воды по этой схеме следующее: грязная транспортно-моечная вода по самотечному коллектору направляется в сборник грязных транспортно-моечных вод перед насосной станцией. Из сборника воды насосами подается на сооружение механической очистки I ступени. Когда в качестве очистного сооружения используется радиальный отстойник, поступление транспортно-моечных вод на I ступень может осуществляться непосредственно самотеком. Осветленная вода после I ступени направляется в сборник осветленных вод, откуда большая часть воды насосом направляется на кагатное поле, бурачную и комплексно-механизированный склад свеклы для гидротранспортировки свеклы на сахарный завод. Меньшая часть осветленной воды насосом или самотеком направляется на доосветление. В качестве очистных сооружений для доосветления транспортно-моечных вод могут применяться осветлители со взвешенным слоем осадка или отстойники со временем пребывания воды в них достаточным, чтобы из воды осадились взвеси мелких фракций. Для интенсификации доосветления используются коагулянты. Доосветленная вода направляется в специальный сборник, откуда насосом направляется на уплотнение сальников насосов,

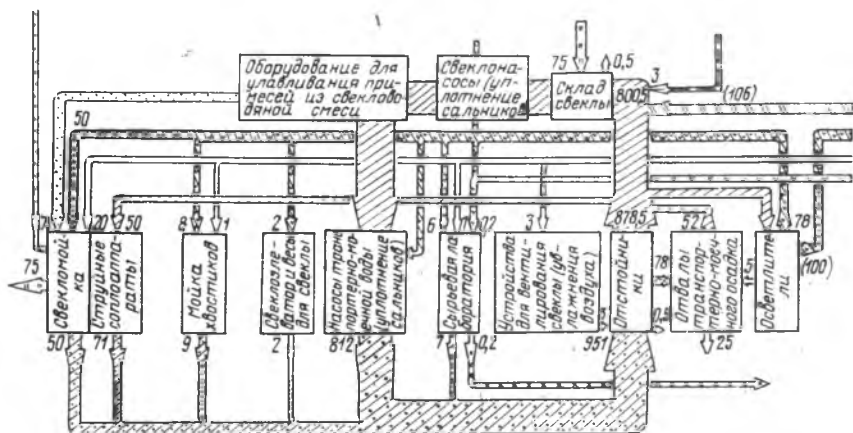


Рис. 4.11. Балансовая схема оборотной системы гидротранспорта и мойки свеклы по схеме водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов с количеством сточных вод до 50 % массы свеклы

в том числе и свеклонасосов, мойку свеклы и свекловичных хвостиков, а в холодное время года — на спецконденсатор для подогрева воды.

Осадок из очистных сооружений I и II ступени направляется в сборник транспортерно-моечного осадка. Здесь насосами он перекачивается на специальные земляные отвалы-отстойники, где происходит уплотнение осадка и осветление иловой жидкости. Эта жидкость через водосборные устройства отводится в сборник, откуда перекачивается на сооружения механической очистки I ступени. Для предупреждения процессов брожения транспортерно-моечной воды ее обеззараживают хлором. Хлорную воду дозируют как в осветленную транспортерно-моечную воду, так и в доосветленную. Дозу хлора и режим хлорирования устанавливают в зависимости от степени загрязнения воды.

Такая принципиальная схема очистки и использования воды в оборотной системе гидротранспорта и мойки свеклы позволяет резко снизить расход свежей воды и количество сточных вод. Так как схема не предусматривает сброса оборотной воды (избыточной и с осадком) в сточные воды III категории, которые направляются на сооружение биохимической очистки, такая схема может быть отнесена к замкнутой оборотной системе.

На рис. 4.11 показана балансовая схема оборотной системы гидротранспорта и мойки свеклы, которая предусматривается схемой водоснабжения и канализации для новых и комплексно реконструируемых сахарных заводов с количеством сточных вод до 50 % массы свеклы.

Глава 5 ОБОРОТНАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОПРОМЫВАТЕЛЕЙ САТУРАЦИОННОГО ГАЗА

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И БЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЛАВЕРНЫХ ВОД

Лаверная вода в свеклосахарном производстве образуется в газопромывателях (лаверах) аппаратах скрубберного типа при промывке и охлаждении сатурационного газа свежей или оборотной водой.

Очистку и обеззараживание лаверных вод на свеклосахарных заводах преимущественно осуществляют в смеси с другими высококонцентрированными сточными водами III категории.

Наиболее распространенными методами очистки этих вод являются биологические методы, которые осуществляются в естественных и искусственных условиях.

Биологическая очистка сточных вод в естественных условиях на сахарных заводах осуществляется на полях фильтрации, земледельческих полях орошения, в биологических прудах.

Естественная биологическая очистка основана на способности микроорганизмов в естественных аэробных или анаэробных условиях осу-

щественлять минерализацию органических веществ и восстанавливать некоторые минеральные вещества. Наиболее простой способ естественной биологической очистки сточных вод состоит в использовании почвенных методов очистки на полях фильтрации и полях орошения. В декструкции органических веществ при этих способах очистки принимают участие почвенная микрофлора и микроорганизмы, попавшие в почву вместе со сточной водой.

Однако метод естественной биологической очистки на полях фильтрации становится в настоящее время весьма неэкономичным, так как поля фильтрации занимают значительные земельные площади.

Для ускорения естественной биологической очистки сточных вод на полях фильтрации и повышения их эффективности стали широко применять метод направленного регулирования состава альгофлоры, содержащейся в воде. Метод заключается в посеве зеленых протокочковых водорослей типа *Chlorella* и *Scenedesmus* в виде суспензии или пасты в специальную карту-маточник с последующим рассевом после их массового развития в другие карты полей фильтрации.

Находит применение на сахарных заводах и естественная биологическая очистка сточных вод в биологических прудах, которые представляют собой искусственные или естественные котлованы, рассчитанные на определенное время пребывания в них сточной воды, в течение которого происходит ее самоочищение. На сахарных заводах применяют непроточные и проточные биологические пруды, а также пруды-накопители для основной очистки производственных сточных вод.

В связи с наращиванием мощностей сахарных заводов и увеличением при этом количества сбрасываемых сточных вод существующие карты полей фильтрации превратились на ряде сахарных заводов в накопители сточных вод, очистка воды в которых осуществляется в режиме биологических прудов.

ВНИИСПом был разработан способ естественной биологической очистки сточных вод сахарных заводов в непроточных биологических прудах, позволяющий снизить БПК₅ сточных вод на 98 % и более. Способ предполагает обработку сточных вод известью перед поступлением их в непроточные биологические пруды до оптимального значения рН 7,5–8, длительность выдерживания сточных вод в непроточных биологических прудах и поддержание в них определенных уровней воды (осенью до 1 м, зимой 1–1,2 м, весной и летом 1,1–0,9 м), создание благоприятных условий для роста одноклеточных зеленых водорослей.

На ряде свеклосахарных заводов сточные воды обеззараживаются на земледельческих полях орошения — специализированных комплексных водохозяйственных объектах круглогодичного действия. При орошении сельскохозяйственных культур сточными водами в почве происходит разрушение органических веществ, превращение их в соединения, доступные для питания растений.

Использование сточных вод для орошения позволяет не только производить их очистку, но и обеспечивает охрану водоемов от загрязнения, а также интенсифицирует сельскохозяйственное производство.

В последние десятилетия на сахарных заводах начали применять методы биологической очистки сточных вод в искусственных условиях.

На сахарных заводах нашли применение аэробные методы искусственной биологической очистки с использованием активного ила или биопленки. Основными сооружениями, на которых осуществляют этот вид очистки, являются аэротенки-смесители и аэротенки-вытеснители, радиальные окислители и биофильтры.

Наряду с аэробными методами широко применяют анаэробные, а также комбинированные методы анаэробно-аэробной очистки. Для осуществления этих процессов используются аэротенки, аэроакселаторы, циркуляционные окислительные каналы, аэрируемые бассейны с активным илом, метантенки и др.

Несмотря на довольно высокую эффективность биохимической очистки сточных вод III категории, включающих и лаверные воды, эти методы не лишены недостатков: длительность процесса очистки и зависимость ее от климатических условий, высокая капиталоемкость и энергоемкость, а также и то, что эти методы не позволяют снизить расход свежей воды в производстве и рационально ее использовать.

Лаверные воды содержат органические вещества (фенолы, смолы, продукты сухой перегонки топлива, которые относятся к биологически жестким веществам, отрицательно влияющим на процесс биохимической очистки), поэтому очистка их биохимическими методами является нерациональной. Она должна производиться механическими и физико-химическими методами и повторно использоваться в локальной оборотной системе.

Для снижения расхода свежей воды в производстве и количества сточных вод III категории лаверные воды на ряде свеклосахарных заводов используют для разбавления фильтрационного осадка после вакуум-фильтров и дальнейшего его гидротранспорта на специальные отвалы или очистные сооружения.

На некоторых сахарных заводах применяют усовершенствованную схему очистки сатурационного газа. Схемой предусматривается повторное использование отработанной воды после очистки и газа.

Осаждение взвешенных веществ осуществляется в гидрозатворе-отстойнике, который оборудован шнеком для удаления взвесей и поплавковым клапаном-регулятором уровня воды. Осветленная вода из гидрозатвора-отстойника насосами направляется на повторное использование. Количество воды, необходимое для очистки газа по этой схеме, составляет 100 % массы свеклы. Осуществление схемы газоочистки на свеклосахарном заводе позволило ликвидировать загорание компрессоров, снизить расход свежей воды по заводу на 35—40 % массы перерабатываемой свеклы.

Опыт эксплуатации таких схем очистки насыщенного газа на ряде свеклосахарных заводов показывает, что из-за низкой эффективности очистки воды и повышения ее температуры снижается эффективность очистки и охлаждения насыщенного газа, вследствие чего приходится добавлять в оборот значительное количество свежей воды и почти такое же количество оборотной воды сбрасывать в производственные стоки.

Специалистами Рыжовского сахарного завода разработана и осуществлена схема очистки насыщенного газа с модернизированной циклонной ловушкой, в которой осуществляется гидравлическое удаление осадка. Согласно схеме гидравлическое удаление осадка из циклонной ловушки осуществляется лаверной водой из ящика-гидрозатвора. Применение схемы позволяет значительно увеличить время между остановками компрессоров насыщенного газа на профилактический ремонт, снизить расход мощности за счет снижения общего сопротивления тракта очистки газа и расход свежей холодной воды на промывку и охлаждение газа за счет частичного повторного использования лаверной воды на модернизированную циклонную ловушку. Расход воды на промывку и охлаждение насыщенного газа при его очистке по осуществленной схеме составляет 22—24 % массы перерабатываемой свеклы.

Аналогичная схема очистки насыщенного газа также была смонтирована на Адыгейском сахарном заводе. Однако на ловушку перед газопромывателями подавали не осветленную лаверную воду, а свежую. В результате осуществления такой схемы повысилась эффективность очистки насыщенного газа, улучшилась работа турбогазодувок, отпала необходимость в их промывке. Расход электроэнергии снизился на 50 кВт, а расход воды — на 5 м³/ч.

Была разработана технология очистки лаверных вод для использования их в локальной системе оборотного водоснабжения. Взвешенные вещества из них удаляются методами механического разделения в гравитационном поле и фильтрования через зернистые загрузки.

Механическое разделение в гравитационном поле (осветление воды) проводилось без предварительной обработки и с обработкой воды коагулянтами. Основными факторами, влияющими на осветление воды без обработки ее коагулянтами, являются гидравлическая крупность частиц (U_0) и начальная концентрация взвеси в воде (C_0) эффект осветления рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = [(\sum q_n - n\Delta V_n C_0) / (V_1 C_0 - (n-1)\Delta V_n C_0)] 100, \quad (5.1)$$

где q_n — общая масса взвесей в объеме n -ной пробы, кг; n — количество отбираемых проб; ΔV_n — объем отбираемых проб воды, л; C_0 — концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л; V_1 — рабочий объем воды в цилиндре, л.

При осветлении лаверных вод с предварительной обработкой коагулянтами следует иметь в виду, что наиболее эффективным является гидроксид кальция, применяемый в виде известкового молока. Его применение позволяет также производить очистку лаверных вод и от органических веществ.

Метод фильтрации через зернистые загрузки для удаления из лаверных вод взвешенных веществ и коллоидальных загрязнений позволяет добиться высокой степени очистки. Оптимальная скорость фильтрации должна находиться в пределах 10—12 м/ч. Этот метод целесообразно применять на завершающей стадии очистки, что позволит увеличить продолжительность фильтроцикла до 26—32 ч.

Для удаления из лаверных вод растворенных газов и летучих соединений лучше применять метод физической дегазации, который легко осуществляется в аппаратах с барботажным слоем жидкости, в аппаратах с насадкой из колец Рашига, с хордовой насадкой, а также в полых распыливающих десорберах.

Применение того или иного метода дегазации зависит от физико-химических свойств летучих веществ и взвешенных частиц, содержащихся в воде. Присутствие в сточной воде взвешенных частиц в значительной мере влияет на эффективность и работу дегазаторов, в особенности тех, конструкция которых предусматривает устройства насадок и сопел и не влияет на работу аппаратов с барботажным слоем жидкости.

В практике очистки производственных сточных вод от органических веществ (фенолов и смол) находят применение методы сорбционной очистки. Для получения данных по эффективности сорбционной очистки лаверных вод ВНИИСПом были проведены опыты по применению активированных углей АГС-4 и АГС-4"М", а также коксовой мелочи для удаления из этих вод органических веществ по ХПК.

Лучшим адсорбентом является активированный уголь марки АГС-4"М". Очистка лаверных вод адсорбцией по коксовой мелочи малоэффективна, а в ряде случаев приводит к дополнительному загрязнению воды.

Результаты опытов по сорбционной очистке лаверных вод показали, что, несмотря на удовлетворительные результаты по применению активированных углей для очистки, рекомендовать этот метод для практического использования по технико-экономическим соображениям нельзя из-за значительного расхода адсорбента и дополнительных затрат на последующую его регенерацию.

На основании результатов исследований по эффективности методов очистки лаверных вод была спроектирована и испытана стендовая установка для очистки лаверных вод и для использования их в оборотной системе промывки и охлаждения сатурационного газа. Схема установки представлена на рис. 5.1. Технология очистки лаверных вод на установке осуществлялась по следующей схеме. Лаверная вода из ящика-гидрозатора поступает в горизонтальный отстойник, где она освобождается от грубодисперсных взвесей, которые периодически удаляются в коллектор вод III категории. Осветленная вода насосом подается на 4-секционный барботажный аэратор. Здесь подвергается аэрации воздухом, при этом из лаверной воды удаляются растворенные газы и летучие соединения. Пройдя секции аэратора, вода собирается в сборнике под аэратором,

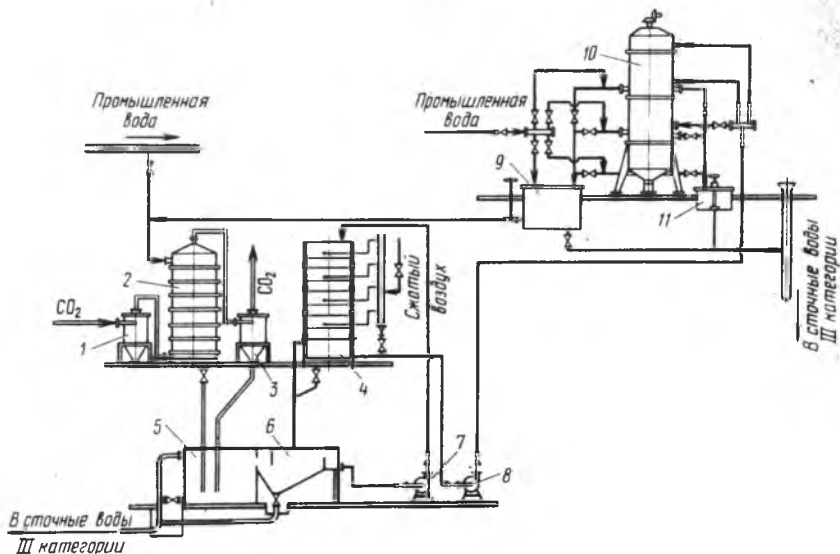


Рис. 5.1. Схема стендовой установки для очистки лаверных вод сахарного завода:

1 — сухая ловушка; 2 — газопромыватель; 3 — мокрая ловушка; 4 — четырехсекционный барботажный аэратор; 5 — ящик-гидрозатвор; 6 — горизонтальный отстойник; 7, 8 — насосы; 9 — сборник осветленной воды; 10 — трехъярусный напорный песчаный фильтр; 11 — сборник промывочных вод

из которого насосом подается на 3-ярусный напорный песчаный фильтр. Сквозь его два яруса вода под давлением проходит через загрузку из песка, освобождаясь при этом от высокодисперсной взвеси и коллоидных загрязнений. Профильтрованная вода затем собирается в сборник, из которого направляется на газопромыватель или при необходимости в канализацию. Третий ярус при этом промывается (регенерируется) и подготавливается к циклу фильтрования.

Качество воды после стендовой установки соответствует требованиям, которые предъявляются к воде, используемой для промывки и охлаждения сатурационного газа. Процент снижения загрязнения в лаверной воде после каждой ступени очистки указывает, что нагрузка на каждую ступень очистки неравномерна. Значительный эффект очистки достигнут на завершающей стадии — напорном песчаном фильтре, что является нерациональным из-за длительности фильтроциклов и необходимости частой промывки ярусов фильтра, следовательно, и значительного расхода промывных вод. Устранить эти недостатки на завершающей стадии очистки можно увеличением нагрузки по очистке воды на первой ступени — при осветлении лаверной воды и при аэрации в барботажном слое жидкости.

Принципиальная схема очистки лаверной воды на стендовой установке была использована при разработке промышленной установки по очистке лаверных вод в локальной системе оборотного водоснабжения газопромывателем.

Результаты испытаний стендовой установки представлены в табл. 5.1.

5.1. Результаты испытаний стендовой установки по очистке лаверных вод

Показатель	Лаверная вода		% снижения загрязнений после очистки		
	до очистки	после очистки	на отстойнике	на аэраторе	на фильтре
pH	6,5	7,99	—	—	—
Взвешенные вещества, мг/л	530,8	43,68	21,7	—	91,6
ХПК, мгО ₂ /л	115,7	67,8	2,4	18,4	44,2
БПК ₅ , мгО ₂ /л	74,9	49,6	—	18,5	63,1
Сульфиды, мг/л	20,4	9,5	3,6	52,1	55,8

СХЕМА ОЧИСТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАВЕРНЫХ ВОД В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГАЗПРОМЫВАТЕЛЕЙ

Локальная система оборотного водоснабжения газопромывателей разработана НПО "Сахар" на основании принципиальной схемы стендовой установки и результатов ее испытаний, а также с учетом результатов испытаний методов очистки лаверных вод. Схема локальной системы оборотного водоснабжения включает приемы очистки воды в следующей последовательности: первичное отстаивание (осветление воды в гравитационном поле), аэрация в барботажном слое жидкости, вторичное отстаивание (осветление) и доосветление фильтрованием через зернистые загрузки. Для интенсификации процессов осветления воды в гравитационном поле в качестве коагулянта используется известь (гидроксид кальция), которая способствует также умягчению воды. Повышение эффективности применения извести и уменьшение ее расхода достигается известкованием воды за 10–15 мин до окончания процесса барботажной аэрации. Эта схема представлена на рис. 5.2.

Отработанная вода из газопромывателей и мокрой ловушки сатурационного газа направляется в отстойник-гидрозатвор, служащий одновременно и барометрическим сборником, для поддержания соответствующего разряжения в газопромывателях. В отстойнике-гидрозатворе вода освобождается от грубодисперсных примесей, которые в виде осадка (шлама) удаляются в стоки III категории. Осветленная вода из отстойника-гидрозатвора насосом подается в барботажный 4-секцион-

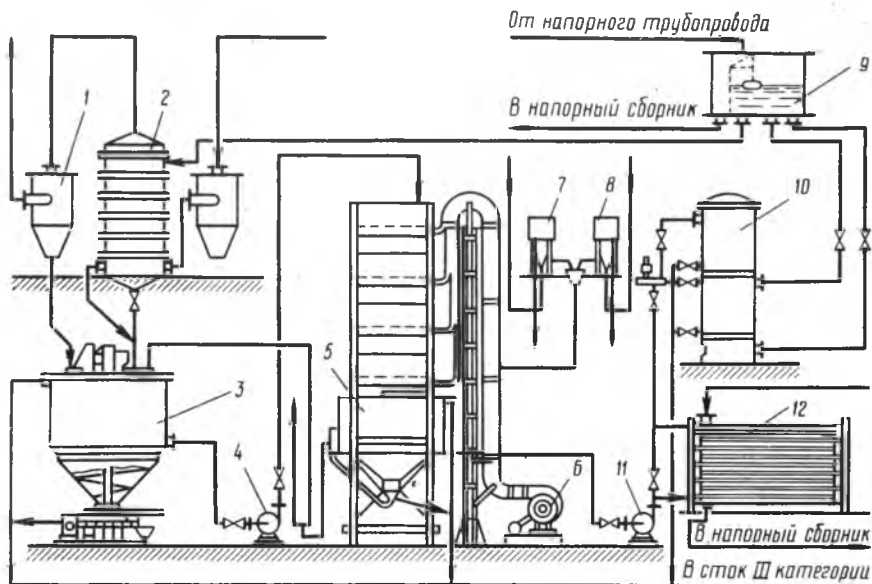


Рис. 5.2. Схема очистки и использования лаверных вод в локальной системе оборотного водоснабжения сахарного завода:

1 — мокрая ловушка; 2 — газопромыватель (лавер); 3 — отстойник-гидрозатвор; 4, 11 — насосы; 5 — барботажный четырехсекционный аэратор; 6 — высоконапорный вентилятор; 7 — дозатор известкового молока; 8 — дозатор подпиточной воды; 9 — напорный сборник; 10 — песчаный двухъярусный фильтр; 12 — теплообменник типа труба в трубе

ный аэратор, где последовательно проходит все 4 секции, подвергаясь при этом барботажной аэрации воздухом, нагнетаемым высоконапорным вентилятором. В третью секцию аэратора в барботажный слой воды подаются известь в виде известкового молока и подпиточная свежая вода, которые дозируются дозаторами постоянной дозы. Реакцию лаверных вод при этом поддерживают в пределах 9,6—9,8.

Проаэрированная вода из нижней четвертой секции аэратора поступает в отстойную часть, которой оборудован аэратор. Здесь из воды выпадает скоагулированная взвесь с карбонатом кальция, образовавшимся в процессе известкового умягчения воды. Осадок из отстойной части аэратора через контрольный ящик самотеком направляется в центральную трубу отстойника-гидрозатвора, где он используется в качестве коагулянта. Осветленная вода из отстойной части аэратора насосом направляется на 2-ярусный напорный песчаный фильтр для доосветления. В осеннее время перед фильтрованием воду предварительно пропускают через теплообменник типа труба в трубе для снижения ее температуры.

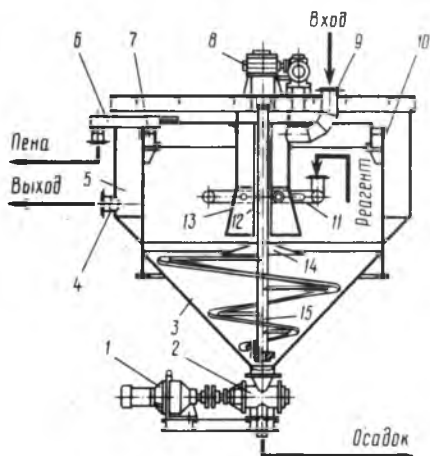


Рис. 5.3. Общий вид отстойника-гидрозатвора РЗ-ПОБ:

1 — привод турникета; 2 — турникет; 3 — коническое днище; 4 — патрубок для отвода воды; 5 — кольцевой приемник; 6 — лоток для удаления пены и плавающих примесей; 7 — полупогружной кольцевой пенозадерживающий щит; 8 — привод вала ленточного шнека; 9 — патрубок для подвода воды; 10 — регулируемый треугольный водослив; 11 — кольцевая труба; 12 — внутренняя труба; 13 — водоподводящая труба с раструбом; 14 — отражательный щит; 15 — вал ленточного шнека

Охлаждающим агентом в теплообменнике служит свежая или охлажденная вода I категории. В зимнее время воду в теплообменнике не охлаждают.

Из фильтра вода направляется в напорный сборник с целью повторного использования для промывки и охлаждения сатурационного газа. Промывная вода из фильтра отводится в сточные воды III категории.

На рис. 5.3 представлен общий вид отстойника-гидрозатвора марки РЗ-ПОБ. Отстойник-гидрозатвор представляет собой металлический резервуар в плане круглой формы, состоящий из цилиндрического корпуса и конического днища. Вода в отстойник-гидрозатвор подводится двумя патрубками, к которым крепятся барометрические трубы, отводящие лаверную воду из газопромывателей и мокрой ловушки. Из патрубков вода направляется в кольцевое пространство, образованное водоподводящей трубой с раструбом и внутренней трубой, в которой расположен вал. Равномерное распределение воды по всему сечению отстойника обеспечивает отражательный щит.

В водоподводящую трубу поступает также осадок из отстойной части аэратора. Для его подвода служит кольцевая труба, оборудованная четырьмя тангенциально расположенными патрубками, которые вварены в водоподводящую трубу.

Осветленная вода отводится из верхней части отстойника через периферически регулируемые треугольные водосливы в кольцевой приемник, из которого выводится наружу.

Осадок из конической части отстойника-гидрозатвора транспортируется к выходному отверстию ленточным шнеком, укрепленным на валу. Из выходного отверстия осадок поступает в турникет. Вращение вала с ленточным шнеком и вала турникета осуществляется привода-

ми. Из турникета осадок непрерывно отводится в сточные воды III категории.

Сверху отстойник-гидрозатвор закрыт настилом из листового рифленого железа. Пена и плавающие примеси задерживаются полупогруженным кольцевым щитом и по мере накопления направляются в лоток, из которого сбрасываются также в сточные воды III категории.

Отстойник-гидрозатвор рассчитан на задержание взвешенных веществ с гидравлической крупностью 2,5 мм/с, при максимальном расходе лаверных вод, т. е. порядка 30 % массы перерабатываемой свеклы для сахарного завода мощностью 3 тыс. т свеклы в сут.

На рис. 5.4 приведен общий вид барботажного четырехсекционного аэратора марки РЗ-ПАО, который представляет собой совмещенный аппарат, состоящий из 4 унифицированных секций, расположенных одна над другой, и отстойной части, находящейся в нижней части аппарата.

В аэратор осветленная вода подается в верхнюю (первую) секцию. Корпус секции имеет форму квадратного ящика с наклонным плоским днищем, над которым в горизонтальной плоскости на углах уложены керамические пористые плиты. Пространство между наклонным днищем и керамическими плитами образует воздушную камеру, в которую высоконапорным вентилятором нагнетается воздух. Над керамическими плитами установлены перегородки, не достигающие до противоположной стороны корпуса и создающие направленное зигзагообразное движение потока воды, поступающей в секцию. Высота слоя воды в секции регулируется водосливом. При прохождении воды через секцию она подвергается барботажной аэрации воздухом, который диспергируется керамическими пористыми плитами. Затем вода сливается в воронку с водоотводящей грубой, по которой направляется в нижележащую секцию. Пройдя все 4 секции, вода поступает в отстойную часть аэратора, которая выполнена в виде квадратного резервуара, оборудованного пирамидальным днищем. Вода в отстойную часть подводится лотком и водоподводящей трубой с раструбом и отражательным щитом. Осветленная вода из отстойной части отводится через треугольные водосливы в приемники-карманы, которыми оборудованы 2 стороны резервуара отстойной части. Приемники-карманы соединены между собой горизонтальными трубами, и один из них имеет патрубок для отвода воды из аэратора.

Осадок из отстойной части отводится под гидростатическим давлением воды в контрольный ящик. Количество осадка регулируется клапаном, которым оборудован контрольный ящик.

Пена и плавающие примеси задерживаются щитом и по мере их накопления удаляются из отстойной части аэратора в лоток, по которому сбрасываются в стоки III категории. Все секции и отстойную часть аэратора монтируют на опорной металлоконструкции, выполненной из швеллеров и угловой стали, а воздухопровод прикреплен к отдельно стоящей колонне.

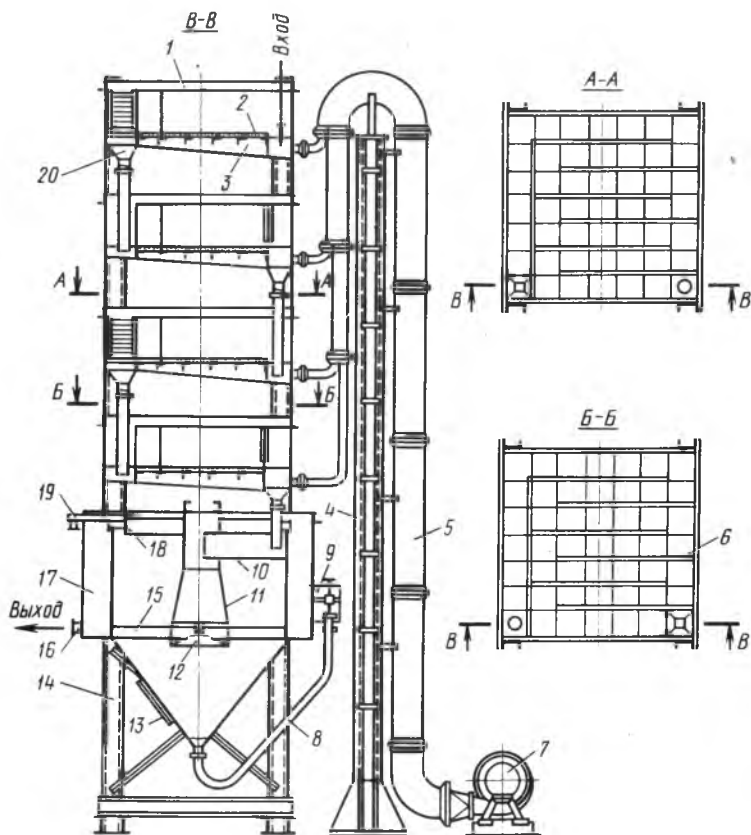


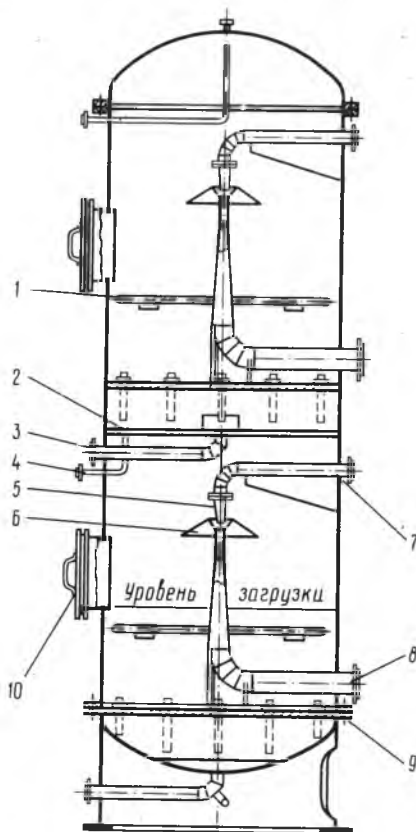
Рис. 5.4. Общий вид барботажного четырехсекционного аэратора РЗ-ПАО:

1 — корпус секции; 2 — керамические пористые плиты; 3 — воздушная камера; 4 — колонна; 5 — воздухопровод; 6 — перегородки; 7 — высоконапорный вентилятор; 8 — труба для отвода осадка; 9 — корпус отстойной части; 10 — лоток для подвода воды; 11 — водоподводящая труба с раструбом; 12 — отражательный щит; 13 — люк-лаз; 14 — опорная металлоконструкция; 15 — горизонтальные соединительные трубы; 16 — патрубок для отвода воды; 17 — приемники-карманы; 18 — пенозадерживающий щит; 19 — лоток для отвода пены и плавающих примесей; 20 — воронка с водоотводящей трубой

На рис. 5.5 представлен общий вид песчаного двухъярусного фильтра марки РЗ-ПФП, входящего в состав схемы. Фильтр представляет собой вертикальный сосуд, состоящий из цилиндрического корпуса со сферическим дном и крышкой. Корпус имеет 2 люка-лаза для внутреннего осмотра, ремонта и загрузки фильтра. Вертикальной перегородкой

Рис. 5.5. Песчаный двухъярусный фильтр РЗ-ПФП:

1 — барботер; 2 — перегородка; 3 — патрубок для отвода воды; 4 — трубка для выпуска воздуха; 5 — сопловый аппарат; 6 — распределительный щит; 7 — патрубок для подвода воды; 8 — труба для сброса промывной воды; 9 — плита с длинноствольными дренажными колпачками; 10 — люк-лаз



сосуд разделен на 2 части (ярусы), каждая из которых является отдельным самостоятельным фильтром. Корпус фильтра опирается на постамент. С его помощью монтируют фильтр на фундаменте или площадке.

Вода в фильтр подается через сопло и равномерно распределяется над всей поверхностью загрузки при помощи щита. Профильтрованная вода через дренажные колпачки поступает в поддренажное пространство, а затем под избыточным давлением выводится из фильтра.

Для взрыхления верхнего фильтрующего слоя загрузки предусмотрен барботер. Взрыхление всего фильтрующего слоя в фильтре происходит во время работы соплового аппарата при сбросе промывной воды в сточные воды III категории.

Для пополнения потерь воды в оборотной системе, а также дозирования известкового молока и подпиточной воды в схеме предусмотрена установка дозаторов коагулянта и подпиточной воды. Используемые для этой цели дозаторы относятся к дозаторам постоянной дозы, которые широко применяются в системах очистки производственных сточных вод и водоподготовке.

На рис. 5.6 представлен общий вид дозатора. Дозатор металлический сварной конструкции состоит из цилиндрического корпуса с коническим дном, оборудованным в нижней части патрубком для подачи

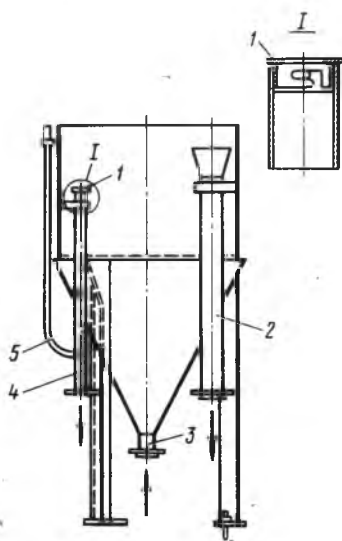


Рис. 5.6. Дозатор коагулянта и подпиточной воды:

1 — сменная диафрагма; 2 — переливная труба; 3 — патрубок для подачи и выпуска известкового молока (воды); 4 — расходная труба; 5 — воздушная трубка

и выпуска жидкости. Внутри расположены расходная трубка, снабженная в верхней части сменной диафрагмой, воздушная и переливная трубки. Снаружи цилиндрический корпус имеет 3 опоры из угловой стали. В дозаторе поддерживается постоянный уровень жидкости (подпиточной воды или известкового молока) за счет переливной (чересной) трубы. Истечение жидкости происходит через отверстие в диафрагме под постоянным напором, в связи с чем расход жидкости постоянен и может изменяться при замене диафрагмы. Основным элементом в дозаторе является сменная диафрагма. Диаметр ее отверстия обеспечивает подачу определенной дозы реагента или воды.

Для снижения температуры лаверных вод в осенний период до 22°C или же утилизации их теплоты в зимний период предусматривается установка теплообменника типа труба в трубе. В качестве охлаждающего агента для теплообменника может быть использована свежая, обратная вода I категории или вторично осветленная транспортно-моечная вода. Первую обычно используют в начале производства, а вторую — в зимний период для ее подогрева.

С учетом выявленных конструктивных недостатков аппаратов и схемы в целом НПО "Сахар" была разработана опытно-промышленная установка для очистки лаверных вод в локальной системе оборотного водоснабжения газопромывателей сатурационного газа. Установка была смонтирована на Яготинском сахарном заводе им. Ильича и прошла опытную эксплуатацию и промышленные испытания. Схема установки для очистки лаверных вод марки Ш1-ПОВ-3 представлена на рис. 5.7.

Установка состоит из отстойника-гидрозатвора, барботажного 4-секционного азуратора, теплообменника типа труба в трубе, дозатора известкового молока и подпиточной воды, напорного сборника, подпольных сборников в комплекте с вертикальными насосами, эрлифтов и системы автоматизации с щитом управления.

Изготовление установки предусмотрено в двух исполнениях:

Ш1-ПОВ-3 и Ш1-ПОВ-3.01. Последнее исполнение комплектуется насосами марки СOT-60 вместо 2 подпольных сборников с вертикальными насосами марки ФВ 81/186.

Установка изготавливается серийно по техническим условиям ТУ 18.1 УССР 267—84. Техническая характеристика приведена ниже.

Производительность по:		
очищаемой воде, м ³ /ч		40
свекле, тыс. т в сут		3
Эффект очистки воды, %:		
по взвешенным веществам		65
по ХПК		45
Количество удаляемого осадка, % расхода воды		3—5
Влажность осадка, %		98
Расход извести (СаО) на очистку воды, кг/сут		60
Расход охлаждающей оборотной воды на теплообменник, м ³ /ч		110
Потребляемая мощность, кВт		45
Масса, кг		22700

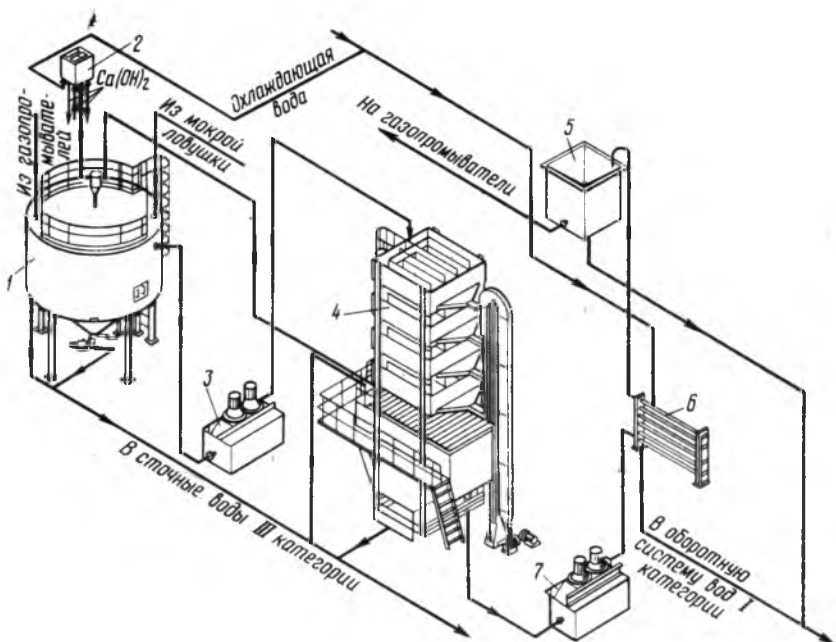


Рис. 5.7. Схема установки для очистки лаверных вод Ш1-ПОВ-3:

1 — отстойник-гидрозатвор; 2 — дозатор подпиточной воды и известкового молока; 3, 7 — подпольные сборники с вертикальными насосами; 4 — 4-секционный барботажный аэратор; 5 — напорный сборник; 6 — теплообменник типа труба в трубе

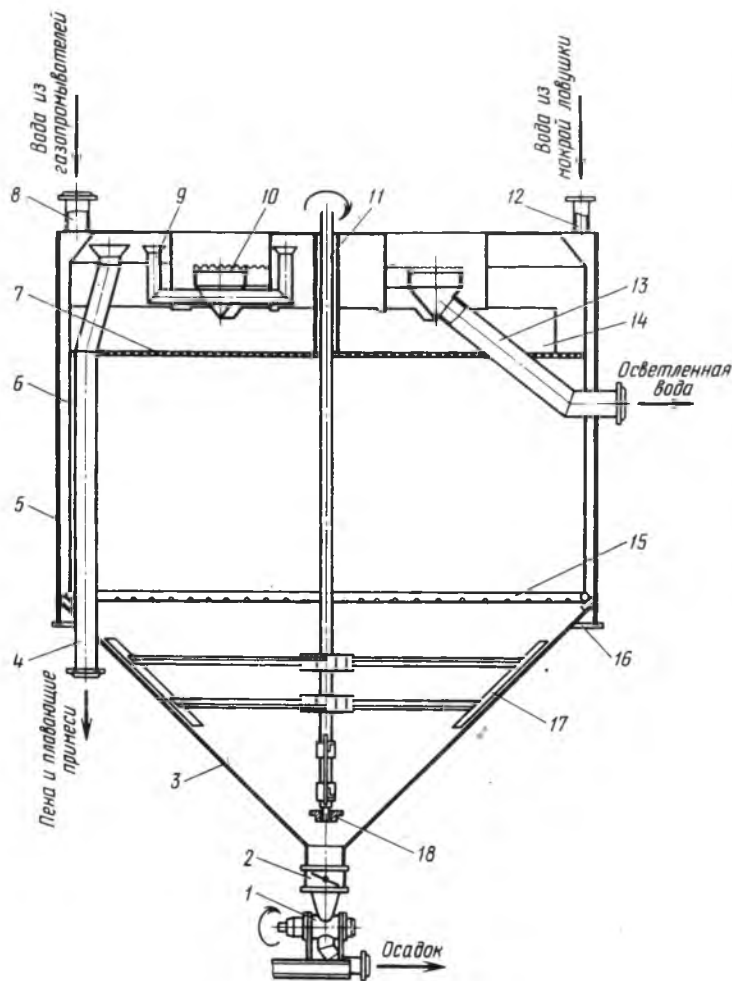


Рис. 5.8. Схема отстойника-гидрозатора установки Ш1-ПОВ-3:

1 — турникет; 2 — заслонка; 3 — коническое днище; 4 — труба отвода пены и плавающих примесей; 5 — корпус; 6 — внутренняя цилиндрическая обечайка; 7 — горизонтальная струевыправительная перегородка; 8 — патрубок подвода исходной воды; 9 — соединительные трубы; 10 — кольцевой водосборный лоток; 11 — вал мешательного устройства; 12 — патрубок подвода исходной воды из мокрой ловушки; 13 — труба отвода осветленной воды; 14 — радиальные косынки; 15 — кольцевая труба; 16 — опорное кольцо; 17 — мешательное устройство; 18 — опорный подшипник

На рис. 5.8 представлен общий вид отстойника-гидрозатвора, а на рис. 5.9 — общий вид аэратора барботажного четырехсекционного — основных аппаратов в схеме очистки лаверных вод. Отстойник-гидрозатор разработан с учетом удаления взвесей, обладающих гидравлической крупностью 1,5 мм/с. Аэратор барботажный четырехсекционный с учетом снижения затрат при монтаже. Отстойная часть аэратора выполнена в виде отстойника с тонким слоем.

Принципиальная схема установки Ш1-ПОВ-3 аналогична описанной. Установка комплектуется системой автоматического управления, которая позволяет контролировать и автоматически управлять процессами очистки оборотной воды и дистанционно управлять всеми приводами установки.

Применение установки Ш1-ПОВ-3 обеспечивает очистку и повторное использование лаверных вод в локальной системе оборотного водоснабжения сахарного завода. Это позволяет уменьшить расход свежей воды по заводу на 30 % массы свеклы, потребность земельной площади под поля фильтрации на 12—15 га или снизить на 10—15 % капитальные вложения в сооружения искусственной биологической очистки с одновременным снижением эксплуатационных расходов. Установка серийно изготавливается Яготинским опытным механическим заводом НПО "Сахар" и Киевским опытным заводом "Сахавтомат".

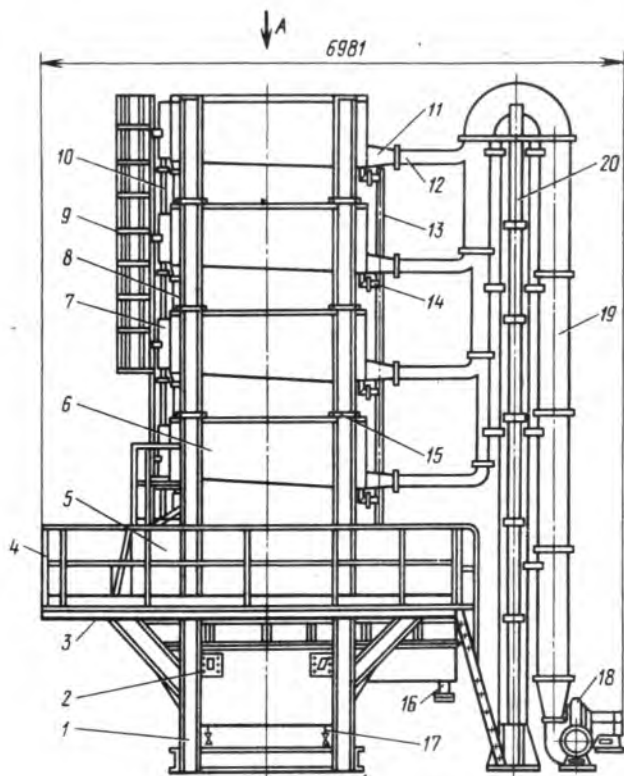
Глава 6 ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОБОРОТНЫХ ВОД

СПОСОБЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОБОРОТНЫХ ВОД В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Существующие в практике методы обеззараживания воды можно разделить на реагентные и безреагентные. К реагентным методам относятся: обработка воды окислителями (хлором, озоном, перманганатом калия), введение в воду ионов меди, ртути, серебра. К числу безреагентных методов относятся: облучение воды ультрафиолетовыми лучами и ультразвуковыми волнами, действие ионизирующего излучения и термическая обработка.

Любой вид обеззараживания приводит к поражению бактериальной клетки — свертыванию белков, неспецифическому и специфическому химическим связываниям, действию по поверхностям, комбинированному действию.

Свертывание белков происходит при тепловой обработке, а также при действии электролитов и ряда веществ, приводящих к коагуляции коллоидных суспензий протоплазмы клеток. Коагуляцию коллоидных суспензий вызывают CuSO_4 , AgNO_3 , HgCl_2 и ZnO . Все эти вещества широко используются в качестве бактерицидов.



Вид А

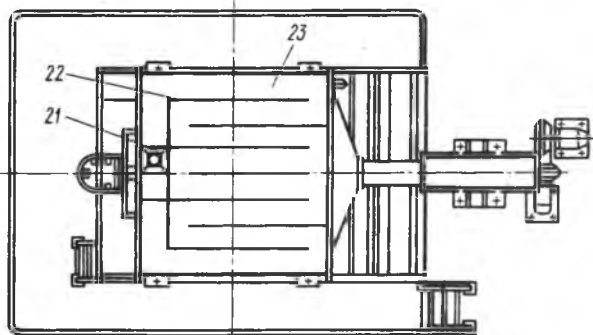


Рис. 5.9. Схема четырехсекционного барботажного аэратора установки Ш1-ПОВ-3:

1 — опорная рама; 2 — люк-лаз; 3 — площадка для обслуживания; 4 — ограждение; 5 — отстойная часть аэратора; 6 — аэрационная секция; 7 — пеносборная камера; 8 — переливная труба; 9 — лестница-стремянка; 10 — труба отвода пены; 11 — конфузор; 12 — патрубок подвода воздуха; 13 — труба отвода воды; 14 — патрубок отвода воды; 15 — болтовое соединение опор; 16 — патрубок отвода воды из аэратора; 17 — патрубок для опорожнения; 18 — вентиляторы Ц10-28 № 4; 19 — воздуховод; 20 — колонна; 21 — регулируемый водослив; 22 — перегородки; 23 — днище из керамических пористых плит

Многие реакционно способные вещества связываются с одним или многими белками и родственными им соединениями. К таким веществам относятся хлор, йод, фенол, формальдегид, креозот, сильные кислоты и щелочи. Действие этих веществ неспецифично — они вступают в химическое взаимодействие со многими веществами, в том числе и с протоплазмой клетки, в результате чего клетка погибает.

Специфическим связыванием обладают представители нескольких классов соединений, среди которых важная роль принадлежит антибиотикам. При относительно низких концентрациях они способны проникать внутрь клетки и подавлять или блокировать действие одной или нескольких функциональных групп ферментов. Сорбируясь на поверхности клетки, они ухудшают проницаемость оболочки, что приводит к нарушению равновесия клетки с внешней средой и гибели. Действие таких бактерицидов может быть настолько сильным, что сопровождается механическим нарушением целостности оболочки. В этом случае немедленно происходит лизис клетки.

Наиболее распространенным приемом обеззараживания воды является хлорирование, то есть обработка ее газообразным хлором или веществами, содержащими активный хлор, — хлорной известью, гипохлоритами натрия и кальция, хлораминами и диоксидом хлора. Наиболее широкое распространение в практике хлорирования воды получили газообразный хлор, хлорная известь, гипохлориты и хлорамины.

Согласно современным представлениям бактерицидное действие хлора обуславливается главным образом присутствием в обеззараживаемой воде хлорноватистой кислоты (HClO) и ClO^- -ионов, которые непосредственно взаимодействуют с веществом бактериальной клетки. В результате в ней происходят необратимые изменения, обмен веществ в клетке нарушается и бактерии гибнут.

Одним из наиболее перспективных методов обеззараживания воды является также озонирование. В последнее время этот метод находит все более широкое применение не только с целью обеззараживания воды в питьевом водоснабжении, но и для очистки сточных вод от ряда органических веществ.

Озонирование воды обеспечивает высокий бактерицидный эффект и не требует тщательного контроля дозирования.

Обеззараживание воды ионами тяжелых металлов (медь, серебро, ртуть, цинк) основано на способности их подавлять микроорганизмы. Требуемые для этого концентрации не превышают сотых долей мг/л. Однако, учитывая ядовитость соединений меди, ртути и цинка, этот метод имеет ограниченное применение.

Применяют два способа обработки воды серебром: прибавление к воде готовых препаратов (раствора нитрата серебра, аммиачного серебра — аммаргема и др.) и приготовление серебряной воды электролитическим методом. Для осуществления электролитического метода разработаны специальные устройства — ионаторы.

К безреагентным методам обеззараживания воды относятся методы облучения ультрафиолетовыми лучами, ультразвуковыми волнами и излучениями высоких энергий (лучи Рентгена, радиоактивное излучение), а также термическое обеззараживание воды.

Преимуществом этих методов перед реагентными является отсутствие изменений физико-химического состава обрабатываемой воды и мгновенное протекание процесса обеззараживания при наличии всех видов бактерий, в том числе и споровых.

Экспериментально установлено, что лучи, принадлежащие к ультрафиолетовой области спектра (295—200 нм), при воздействии на бактерии вызывают их гибель.

Губительное действие на микроорганизмы оказывает ультразвук с длиной волны, соизмеримой с размерами озвучиваемых организмов. Опыты показали, что волны частотой 20, 25, 30 кГц по бактерицидному действию практически равноценны. Основная масса бактерий гибнет за 2—5 с.

Толщина слоя воды, мутность и цветность (в определенных пределах) при озвучивании мало влияют на бактерицидный эффект. Значительное влияние оказывает интенсивность колебаний.

Микрофлора оборотных вод. Многократная рециркуляция воды в оборотных системах водоснабжения сахарных заводов приводит к накоплению в ней различных загрязнений, фазово-дисперсный состав которых в основном представлен органическими веществами в растворенной и коллоидальной формах. Этот вид загрязнений является хорошей питательной средой для развития микроорганизмов в воде.

Микроорганизмы причиняют большой урон свеклосахарному производству, оказывая отрицательное воздействие на протекание технологических процессов и качество сахара. В результате их жизнедеятельности образуются кислоты, происходит ослизнение соков и сиропов, которое значительно ухудшает процесс их фильтрации, а также ежедневно теряется около 0,2 % сахара.

Загрязнение воды микроорганизмами в свеклосахарном производстве происходит на различных этапах ее использования и зависит прежде

всего от бактериальной загрязненности источника водоснабжения, качества свеклы, принятой технологии ее очистки и климатических условий.

Увеличение обсемененности свекловичной стружки на одном из сахарных заводов происходило при низком уровне воды в реке. В речной воде в этот период насчитывалось микроорганизмов 10^6 в 1 мл. Была выявлена зависимость между количеством бактерий в диффузионном соке и их количеством в моечной воде. Транспортно-моечная вода при большой загрязненности может быть опасным очагом инфицирования свеклы, а следовательно, свекловичной стружки. В 1 мл транспортно-моечной воды находится 10^7 бактерий. При рециркуляции транспортно-моечной воды количество бактерий в ней постепенно увеличивается. В том случае, когда в транспортно-моечную воду попадает теплая барометрическая вода, может начаться брожение с выделением сероводорода.

Микробиологические исследования транспортно-моечных вод, проведенные на Мироновском и Бобровицком сахарных заводах, показали, что количество микроорганизмов в этих водах колебалось в зависимости от времени года. Так, содержание мезофилов в 1 мл транспортно-моечной воды Бобровицкого сахарного завода осенью доходило до $3 \cdot 10^6$, а термофилов — до $1,8 \cdot 10^3$; зимой же содержание их уменьшилось и составило соответственно $6,8 \cdot 10^4$ и 10^3 .

В 1 мл транспортно-моечной воды может содержаться от 400 млн до нескольких миллиардов спор бактерий и плесневых грибов. Дрожжи, обнаруженные в транспортно-моечной воде, были обнаружены и в диффузионном соке. Это подтверждает, что свекла и диффузионный сок дополнительно инфицированы транспортно-моечной водой.

Содержание мезофильных микроорганизмов в транспортно-моечной воде уменьшается зимой. При высоком содержании термофильных микроорганизмов наблюдается повышенное их содержание и в диффузионном соке. Обработка транспортно-моечных вод антисептиком оказывает положительное влияние на бактериологическое состояние диффузионного сока.

Содержание микроорганизмов в различных видах воды неодинаковое. Так, количество микроорганизмов в 1 мл сточной воды, выросших на среде МПА, составило: в конденсате 3, в барометрической воде 10^6 , в транспортно-моечной воде 10^9 .

Из сточных вод Носовского сахарного завода было выделено 42 чистые культуры микроорганизмов, относящихся к трем группам: неспороносные бактерии (28 штаммов), подвижные и неподвижные палочки и кокки; бациллы (11 штаммов); дрожжеподобные организмы (3 штамма).

Наиболее разнообразная микрофлора была в транспортно-моечных водах, так как в них содержалось значительное количество органических веществ, которые являлись необходимой питательной средой для развития микроорганизмов.

При изучении микробиологических качеств транспортно-моечных вод сахарных заводов УССР было установлено, что источником заражения вод микроорганизмами является земля, которая совместно с определенным количеством сахара из поврежденной свеклы поступает в циркуляционный контур. Была обнаружена связь между заражением транспортно-моечных вод и заражением свекловичной стружки. Это подтверждает тот факт, что свекла во время гидротранспортировки адсорбирует определенное количество зараженной воды.

Количественное и качественное разнообразие микроорганизмов в транспортно-моечных водах зависит от сооружений, применяемых для очистки этих вод (отстойники, осадительные пруды). Из микроорганизмов в этих водах были обнаружены психрофильные и мезофильные зародыши, количество которых значительно преобладало над количеством термофильных бактерий. Спорообразующие зародыши были обнаружены в транспортно-моечных водах, к которым добавлялись барометрические воды.

Количество психрофильных и мезофильных бактерий зависит от рН воды. При более низких значениях рН воды, когда степень седиментации взвесей в транспортно-моечных водах незначительная, количество этих микроорганизмов в воде поддерживается на уровне 10^8 в 1 мл; при рН 7,5–9 количество микроорганизмов снижалось на один порядок.

Исследования биоценоза охлаждающей воды оборотной системы сахарного завода, показали, что спектр микроорганизмов настолько широк, что количество гетеротрофных психрофильных бактерий достигало величины 10^7 клеток в 1 мл. Эти скопления состоят из 5 % сухих веществ и 33 % органических веществ.

Внешний вид и физические особенности скоплений, образованных в среде, загрязненной сахаром, отличаются от скоплений, образованных в среде других промышленных стоков (коксохимических, металлургических и химических заводов). Основное отличие наблюдается в консистенции скоплений в водах сахарных заводов — это плотная декстрановая слизь, образованная в основном переплетением грибных гифов дрожжеподобной формы с желеобразной биомассой. Слизистый характер скоплений является основной причиной их высокой сопротивляемости по отношению к дезинфекторам, применяемым для дезинфекции охлаждающих контуров.

Таким образом, микрофлора оборотных и сточных вод сахарных заводов зависит главным образом от вида воды, длительности ее рециркуляции в оборотной системе, методов очистки и обеззараживания воды.

Снижение количества микроорганизмов в оборотных водах. Снижение количества микроорганизмов в оборотных водах сахарного завода является весьма важной задачей, от решения которой зависят эффективность производства (снижение потерь сахара) и его санитарное состояние. Снижение микроорганизмов в оборотных водах достигается разными методами, которые включают как способы и схемы очистки воды,

так и способы ее обеззараживания. В процессе очистки оборотной воды от загрязнений происходит снижение количества микроорганизмов. При этом эффективность снижения зависит от многих факторов, основным из которых является эффективность очистки воды, применяемого способа очистки, применяемых реагентов, а также схем очистки и способов обеззараживания. Например, без известкования в оборотной воде обычно содержится от $5 \cdot 10^3$ до 10^9 микроорганизмов, а при известковании до pH 11 в 1 мл оборотной воды обнаруживали 10^5 бактерий в спорообразном состоянии.

Хлорирование транспортерно-моечных вод также снижает количество мезофильных бактерий до 10^4 клеток в 1 мл. Расход хлора при этом составлял 1000 г/ч, а концентрация остаточного активного хлора в воде — 1,24 мг/л.

Снижение количества микроорганизмов в транспортерно-моечных водах происходит и при биологической аэробной очистке этих вод. В процессе такой очистки не требуется регулировать величину pH воды, так как микроорганизмы сами оптимально повышают pH до 7. При биологической очистке нужно только добавлять питательные вещества — азот и фосфор, которые содержатся в незначительных количествах и необходимы для питания бактерий. Под влиянием аэрации количество мезофильных и термофильных бактерий в воде значительно снижается: мезофильных от исходной величины 10^7 – 10^8 в 1 мл до $3 \cdot 10^5$ в 1 мл, а термофильных бактерий от $20 \cdot 10^5$ до $50 \cdot 10^3$.

Электрофлотационная очистка транспортерно-моечных вод наряду с очисткой воды обеззараживает ее. Снижение количества микроорганизмов при электрофлотационной очистке зависит от плотности тока на электродах и времени обработки. Обеззараживание воды происходит за счет действия атомарного кислорода, аниона хлорноватистой кислоты, за счет удаляемых в пену бактерий (25–30%), а также за счет адсорбции их на поверхности твердых частиц и газовых пузырей. Губительное действие атомарного кислорода на микроорганизмы в транспортерно-моечной воде объясняется тем, что значительная часть бактерий, находящихся в воде, относится к облигатным анаэробам, для которых кислород токсичен.

При обработке известью, коагулянтами, а также известью и хлором транспортерно-моечных вод сахарного завода, не осуществляющего рециркуляцию, лучшие результаты получаются при обработке стоков известью до pH 10–11. Хлорирование таких вод не рекомендуется. При обработке транспортерно-моечных вод на заводе, применяющем рециркуляцию, при добавлении извести в воду последняя образует с растворенными органическими веществами нежелательные соединения, препятствующие осаждению взвесей. В связи с этим обработку воды известью на таких заводах рекомендуется осуществлять только при необходимости для изменения pH, но хлорировать постоянно.

При отстаивании транспортерно-мочных вод количество микроорганизмов снижается в 1,5–2,5 раза. При известковании транспортерно-мочных вод и последующем отстаивании количество удаляемых микроорганизмов зависит от рН, причем с увеличением рН эффект удаления их из воды увеличивается. Снижение количества микроорганизмов при отстаивании объясняется совместным осаждением микроорганизмов со взвешенными частицами в грязную суспензию, удаляемую затем из отстойников.

На основании исследований, проведенных во ВНИИСПе, установлено, что качество рециркулируемых вод зависит как от схемы очистки оборотных вод, так и от длительности их рециркуляции в системе. Лучшими и стабильными качествами отличались осветленные воды со схемами очистки, предусматривавшими хлорирование осветленных вод. Эффективность обеззараживания воды хлором всегда выше при более низком значении рН воды.

При обеззараживании оборотной транспортерно-мочной воды при периодическом режиме хлорирования эффективность выше, чем при постоянном. В производственных условиях хлорирование воды целесообразно проводить через 6–12 ч, или 2–4 раза в сутки. Продолжительность хлорирования, зависящая от объема оборотной системы и ее расхода, определяется по формуле

$$T = V_c / W_n + 0,5, \quad (6.1)$$

где V_c — объем воды в системе от насосной станции до наиболее удаленного потребителя, м³; W_n — количество воды, подаваемой потребителям, м³/ч; 0,5 — дезинфицирующее время хлора в воде, ч.

Из описанных выше методов удаления из оборотных и сточных вод микроорганизмов наиболее эффективными являются: тщательная механическая очистка воды от взвесей; подщелачивание воды известью до высоких значений рН, при которых наблюдаются увеличение седиментации взвесей и одновременная инактивация вегетативных клеток микроорганизмов; обработка воды хлором или хлоропродуктами. Последний метод является наиболее универсальным, так как может применяться для всех видов воды, не изменяя при этом ее качество. Это очень важно с точки зрения требований, предъявляемых к воде, технологическим операциям и процессам. Указанные методы применяются как самостоятельно, так и совместно, в зависимости от принятой технологии очистки воды.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ХЛОРОМ И ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ РЕАГЕНТАМИ

Свойства хлора и хлорсодержащих реагентов. Хлор — желтоватый газ с неприятным резким запахом, в свободном состоянии образует молекулы Cl_2 с молекулярной массой 70,914.

Хлор получают электролизом насыщенного раствора поваренной

соли. С понижением температуры и повышением давления хлор переходит из газообразного состояния в жидкое, а при дальнейшем понижении температуры — в твердое.

Хлор ядовит, вдыхание его вызывает отравление, признаками которого являются кашель, удушье, головная боль, боли в груди и животе. В воздухе помещений, где хранится или дозируется хлор и находится обслуживающий персонал, допускается содержание не более 0,001 мг хлора в 1 дм³ воздуха.

Растворимость хлора в воде зависит от температуры и давления. При атмосферном давлении и температуре 10 °С в 1 л воды растворяется около 3 л газообразного хлора. При снижении температуры насыщенной хлором воды из нее выпадают кристаллы гидратов хлора.

Растворение хлора в воде идет с выделением теплоты — при растворении 1 моля хлора выделяется 32,07 кДж теплоты при температуре 6 °С.

Перед введением в воду жидкий хлор превращают в газ путем его испарения. Удельная скрытая теплота парообразования хлора составляет около 260,4 кДж/кг. Теплоемкость жидкого хлора при постоянном давлении равна 0,5212 кДж/(кг·К). Кроме жидкого и газообразного хлора, для обеззараживания воды применяют соли хлорноватистой кислоты — гипохлориты.

Гипохлорит кальция Ca(OCl)₂ получают насыщением известкового молока газообразным хлором и последующим отделением Ca(OCl)₂ от избытка извести и продуктов реакции:



Гипохлорит кальция негигроскопичен и может, не теряя активности, долго храниться в сухом темном прохладном помещении.

Хлорную известь на заводах получают в результате реакции хлора с гашеной известью. В ней содержится 40—45 % гипохлорита кальция. При хранении, особенно в сыром помещении, хлорная известь распадается, выделяя газообразный хлор.

Для обеззараживания небольших количеств воды применяются таблетки хлораминов.

В практике обеззараживания воды плавательных бассейнов находят применение различные хлорпроизводные органических веществ, например хлорпроизводные циануровой кислоты, амидосульфоновой кислоты и др. Эти соединения в воде медленно гидролизуются, образуя хлорноватистую кислоту и органический радикал.

Для обеззараживания воды находят применение гипохлорит натрия, получаемый из хлорсодержащих растворов путем их электролиза. В качестве таких растворов используют раствор поваренной соли, сточные воды, содержащие хлориды, воды минеральных подземных источников и морскую воду.

Электролитический способ получения гипохлорита натрия осно-

ван на получении хлора и его взаимодействии со щелочью в одном и том же аппарате — электролизере. По своему бактерицидному эффекту и воздействию на технологические показатели обрабатываемой воды электролитический гипохлорит натрия равноценен жидкому хлору, хлорной извести и другим хлоропродуктам и может быть использован в качестве обеззараживающего реагента для применения при дезинфекции питьевой и сточной вод.

Важным свойством электролитического гипохлорита натрия, получаемого из раствора поваренной соли, является относительно высокая его стойкость при хранении.

Хлор окисляет и разрушает органические примеси, из-за чего снижаются цветность, запахи и другие показатели, связанные с наличием в воде органических веществ. Разрушение при хлорировании органических веществ, стабилизирующих суспензии и препятствующих их слипанию и осаждению, способствует улучшению процессов очистки воды.

Бактерицидный эффект хлора в значительной степени зависит от начальной дозы и продолжительности контакта с водой. На разрушение бактериальных клеток расходуется лишь незначительная часть вводимого в воду хлора. Большая его часть идет на реакции с различными органическими и минеральными примесями воды. В зависимости от концентрации хлора, pH и температуры воды, а также других факторов они могут останавливаться на той или иной стадии.

Хлоропоглощаемость и хлоропотребность оборотных вод. Количество хлора, поглощаемого примесями, определяется как хлоропоглощаемость воды. Хлоропоглощаемость определяется количеством хлора (мг/л), расходуемого при 30-минутном контакте его с исследуемой водой на окисление и хлорирование содержащихся в ней органических и неорганических веществ. К таким веществам относятся водный гумус, продукты распада клетчатки и белковые соединения, соли двухвалентного железа, нитриты, аммиак и соли аммония, сероводород и другие органические вещества. Хлоропоглощаемость воды зависит от начальной дозы хлора. Она в известной степени (при отсутствии окисляющих неорганических примесей или при их учете) является одним из показателей степени загрязнения воды органическими веществами. Хлоропоглощаемость зависит также и от продолжительности контакта хлора с водой; при увеличении продолжительности контакта хлоропоглощаемость воды увеличивается, а концентрация остаточного хлора падает.

На практике при определении необходимой для обеззараживания воды дозы хлора исходят из общей хлоропотребности воды, которая включает ее хлоропоглощаемость и некоторый избыток хлора, обеспечивающий в течение заданного отрезка времени бактерицидный эффект.

Наличие взвешенных в воде примесей как органического, так и минерального происхождения значительно снижает бактерицидный эффект хлорирования. Их поверхность, сорбируя на себе хлор, извлекает его из

воды. Кроме того, **Бактерии**, находящиеся внутри хлопьев или комочков взвесей, в меньшей степени подвергаются влиянию хлора. Поэтому обеззараживание **во**ды, содержащей значительное количество взвесей, нецелесообразно; **об**еззараживание такой воды необходимо осуществлять на завершающей стадии очистки.

Хлоропоглощаемость воды является важным показателем ее качества и характеризует степень загрязнения воды органическими веществами. Данные по хлоропоглощаемости воды позволяют назначать дозы хлора, обеспечивающие требуемую степень обеззараживания воды.

Степень загрязнения воды органическими веществами определяется также через бихроматную окисляемость (ХПК). Установив характер связи между ХПК воды и ее хлоропоглощаемостью, можно определить дозу хлора — **хл**оропотребность — для обеззараживания воды по величине ХПК.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОБОРОТНЫХ ВОД ГАЗООБРАЗНЫМ ХЛОРОМ И ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ РЕАГЕНТАМИ

Хлораторы. В воду, подлежащую обеззараживанию, вводят хлорную воду, которую получают путем растворения в воде хлоргаза в специальных устройствах, называемых хлораторами. Они подразделяются на хлораторы: постоянного расхода, которые сохраняют постоянное количество подаваемого в воду хлоргаза, установленное степенью открытия регулирующего вентиля, и пропорционального расхода, которые автоматически изменяют количество подаваемого хлоргаза пропорционально расходу воды или автоматически поддерживают заданную концентрацию остаточного хлора в обеззараживаемой воде. Оба типа хлораторов могут быть напорными, вакуумными.

На сахарных заводах наибольшее распространение получили вакуумные хлораторы постоянного расхода. Эти хлораторы конструкции Л. А. Кульского и хлораторы системы ЛОНИИ-100, разработанные в ЛОНИИВодгео.

Хлораторы системы Л. А. Кульского изготавливаются следующих типоразмеров: ЛК-10 малой, средней, большой и увеличенной производительности; ЛК-11 средней производительности и ЛК-12 с отдельным эжектором. Хлораторы ЛК-10 и ЛК-12 имеют ротационные измерители расхода хлора, хлораторы ЛК-11 — маятниковые. Хлор в этих хлораторах смешивается с водой при помощи водоструйного насоса. Концентрация получаемой хлорной воды — до 1,5 г/л. Хлораторы изготавливают из хлороустойчивых материалов (бронзы и чугуна, защищенных пластмассовыми вставками антихлора). В эксплуатации они просты и надежны.

На рис. 6.1 представлены общие виды хлораторов конструкции Л. А. Кульского, а в табл. 6.1 приведена их техническая характеристика.

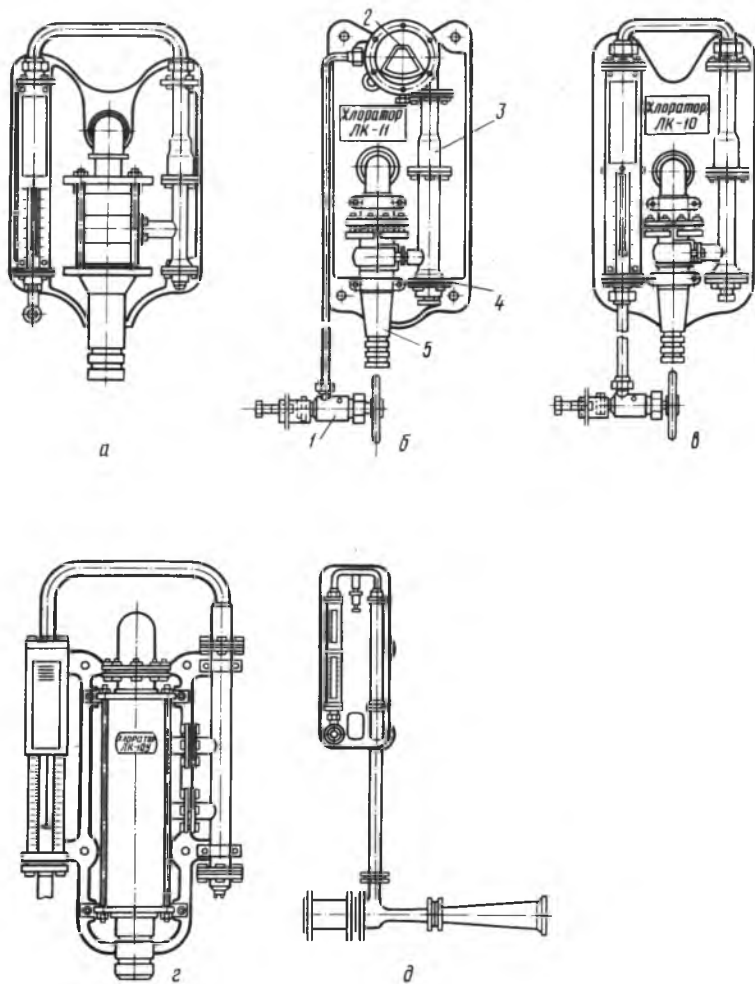


Рис. 6.1. Хлораторы системы Л. А. Кульского:

а — хлоратор ЛК-10 большой производительности; *б* — хлоратор ЛК-11 средней производительности (*1* — регулирующий вентиль; *2* — измеритель; *3* — водяной клапан; *4* — воздушный клапан; *5* — эжектор); *в* — хлоратор ЛК-10 средней и малой производительности; *г* — хлоратор ЛК-10 увеличенной производительности; *д* — хлоратор ЛК-12

6.1. Техническая характеристика хлораторов конструкции Л. А. Кульского

Марка	Производительность по хлору, кг/ч	Расход воды, м ³ /ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты аппарата, мм
ЛК-10м	0,04—0,08	До 5	25	530×230×60
ЛК-10с	1—5,4	До 5	25	530×230×60
ЛК-10б	2—25	До 30	50	300×340×200
ЛК-10у	5—100	До 30	100	1230×640×300
ЛК-11	0,5—5	До 5	25	500×200×125
ЛК-12	1,8—25,4	До 30	100	760×280×350

Этот тип хлораторов изготавливается механическими мастерскими Производственного управления водопроводно-канализационного хозяйства г. Киева, а также опытным производством Института коллоидной химии и химии воды АН УССР.

Кроме хлораторов марки ЛК, в настоящее время выпускаются хлораторы, разработанные в ЛОНИИВодгео.

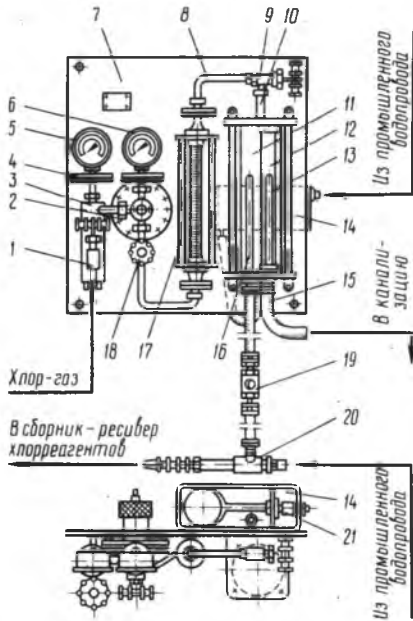
Производительность таких аппаратов: с ротаметром РС-3 — до 10 кг хлора в час, с ротаметром РС-5 — до 20, с ротаметром РС-7 — до 85 кг хлора в час. Они выпускаются Лиховлавским заводом "Светотехника" Министерства электротехнической промышленности СССР, а также центральными ремонтными мастерскими Донбассводотреста Министерства черной металлургии УССР.

Характеристика хлораторов системы ЛОНИИ-100 с жидкостными измерителями и ротаметрами приведена в табл. 6.2, а общий вид хлоратора показан на рис. 6.2.

6.2. Техническая характеристика хлораторов системы ЛОНИИ-100 с жидкостными измерителями и ротаметрами

Хлоратор	Производительность по хлору, кг/ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты аппарата, мм
С жидкостным измерителем	0,2—1	25	800×730×160
	1—5	25	800×730×160
	2—10	50	800×730×160
С ротаметром	0,5—3	25	830×650×160
	1—5	25	830×850×160
	2—10	50	830×650×160

Рис. 6.2. Общий вид хлоратора ЛОНИИ-100:



1 — запорный кран; 2 — редукционный клапан; 3 — фильтр; 4 — мембранная камера; 5 — манометр высокого давления; 6 — манометр низкого давления; 7 — панель; 8 — соединительная трубка; 9 — запорный кран; 10 — входная трубка для хлора; 11 — смеситель; 12 — стеклянная колба; 13 — переливная трубка; 14 — бачок дозирочный; 15 — входной штуцер для воды; 16 — выходная трубка; 17 — ротаметр; 18 — регулирующий кран; 19 — проходной кран; 20 — эжектор; 21 — поплавковый клапан

Электролизные установки.

Для получения электролитического гипохлорита натрия из растворов поваренной соли или других хлоридсодержащих жидкостей применяют различного типа электролизные установки, серийно выпускаемые отечественной промышленностью.

Наиболее широкое распространение получили электролизные установки проточного и непроточного типов, разработанные Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Панфилова.

Установка проточного типа с пластинчатыми графитовыми электродами "Индекс ЭОВ", серийно выпускаемая Московским экспериментальным машиностроительным заводом "Коммунальник", была испытана на Яготинском сахарном заводе. Результаты испытаний показали высокую эффективность обеззараживания оборотных вод электролитическим гипохлоритом натрия при периодическом режиме хлорирования. Работа установки автоматизирована. Она позволяет при соответствующей подготовке хлоридсодержащего раствора (раствора поваренной соли) достичь проектной производительности при содержании активного хлора в полученном растворе порядка 1,8–2 г/л.

На рис. 6.3 представлен общий вид электролизной установки "Индекс ЭОВ", а на рис. 6.4 — общий вид ее электролизера.

Установка состоит из баков для приготовления и дозирования раствора поваренной соли, бака-накопителя гипохлорита натрия, электролизера с графитовыми электродами — выпрямительного агрегата и элементов автоматики. Техническая характеристика установки приведена ниже.

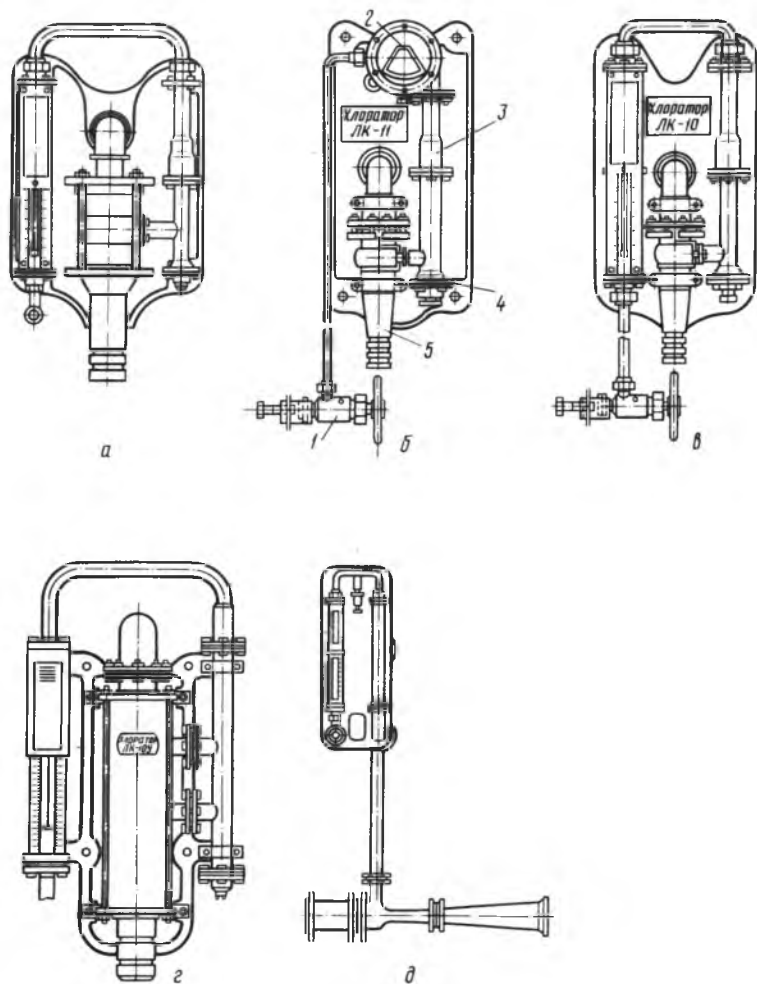


Рис. 6.1. Хлораторы системы Л. А. Кульского:

а — хлоратор ЛК-10 большой производительности; *б* — хлоратор ЛК-11 средней производительности (*1* — регулирующий вентиль; *2* — измеритель; *3* — водяной клапан; *4* — воздушный клапан; *5* — эжектор); *в* — хлоратор ЛК-10 средней и малой производительности; *г* — хлоратор ЛК-10 увеличенной производительности; *д* — хлоратор ЛК-12

6.1. Техническая характеристика хлораторов конструкции Л. А. Кульского

Марка	Производительность по хлору, кг/ч	Расход воды, м ³ /ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты аппарата, мм
ЛК-10м	0,04—0,08	До 5	25	530×230×60
ЛК-10с	1—5,4	До 5	25	530×230×60
ЛК-10б	2—25	До 30	50	300×340×200
ЛК-10у	5—100	До 30	100	1230×640×300
ЛК-11	0,5—5	До 5	25	500×200×125
ЛК-12	1,8—25,4	До 30	100	760×280×350

Этот тип хлораторов изготавливается механическими мастерскими Производственного управления водопроводно-канализационного хозяйства г. Киева, а также опытным производством Института коллоидной химии и химии воды АН УССР.

Кроме хлораторов марки ЛК, в настоящее время выпускаются хлораторы, разработанные в ЛОНИИВодгео.

Производительность таких аппаратов: с ротаметром РС-3 — до 10 кг хлора в час; с ротаметром РС-5 — до 20, с ротаметром РС-7 — до 85 кг хлора в час. Они выпускаются Лихоелавским заводом "Светотехника" Министерства электротехнической промышленности СССР, а также центральными ремонтными мастерскими Донбассводотреста Министерства черной металлургии УССР.

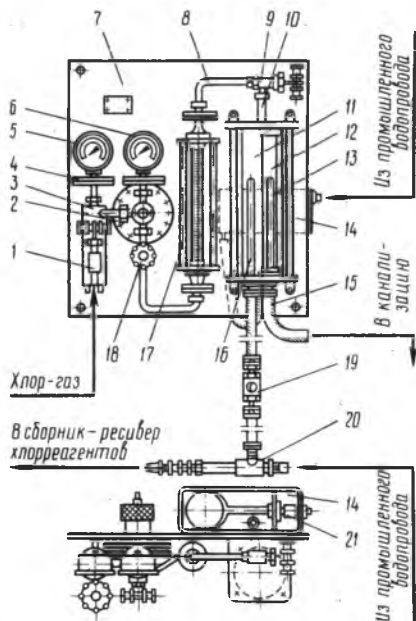
Характеристика хлораторов системы ЛОНИИ-100 с жидкостными измерителями и ротаметрами приведена в табл. 6.2, а общий вид хлоратора показан на рис. 6.2.

6.2. Техническая характеристика хлораторов системы ЛОНИИ-100 с жидкостными измерителями и ротаметрами

Хлоратор	Производительность по хлору, кг/ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты аппарата, мм
С жидкостным измерителем	0,2—1	25	800×730×160
	1—5	25	800×730×160
	2—10	50	800×730×160
С ротаметром	0,5—3	25	830×650×160
	1—5	25	830×850×160
	2—10	50	830×650×160

Рис. 6.2. Общий вид хлоратора ЛОНИИ-100:

1 — запорный кран; 2 — редукционный клапан; 3 — фильтр; 4 — мембранная камера; 5 — манометр высокого давления; 6 — манометр низкого давления; 7 — панель; 8 — соединительная трубка; 9 — запорный кран; 10 — входная трубка для хлора; 11 — смеситель; 12 — стеклянная колба; 13 — переливная трубка; 14 — бакоч дозировочный; 15 — входной штуцер для воды; 16 — выходная трубка; 17 — ротаметр; 18 — регулирующий кран; 19 — проходной кран; 20 — эжектор; 21 — поплавковый клапан



Электролизные установки.

Для получения электролитического гипохлорита натрия из растворов поваренной соли или других хлоридсодержащих жидкостей применяют различного типа электролизные установки, се-

рийно выпускаемые отечественной промышленностью.

Наиболее широкое распространение получили электролизные установки проточного и непроточного типов, разработанные Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Панфилова.

Установка проточного типа с пластинчатыми графитовыми электродами "Индекс ЭОВ", серийно выпускаемая Московским экспериментальным машиностроительным заводом "Коммунальник", была испытана на Яготинском сахарном заводе. Результаты испытаний показали высокую эффективность обеззараживания оборотных вод электролитическим гипохлоритом натрия при периодическом режиме хлорирования. Работа установки автоматизирована. Она позволяет при соответствующей подготовке хлоридсодержащего раствора (раствора поваренной соли) достичь проектной производительности при содержании активного хлора в полученном растворе порядка 1,8–2 г/л.

На рис. 6.3 представлен общий вид электролизной установки "Индекс ЭОВ", а на рис. 6.4 — общий вид ее электролизера.

Установка состоит из баков для приготовления и дозирования раствора поваренной соли, бака-накопителя гипохлорита натрия, электролизера с графитовыми электродами — выпрямительного агрегата и элементов автоматики. Техническая характеристика установки приведена ниже.

Производительность, кг/сут активного хлора	25–30
Напряжение питания В (Гц)	380 (50)
Расход электроэнергии на 1 кг активного хлора, кВт·ч	7–9
Расход соли на 1 кг активного хлора, кг	6–8
Масса установки, кг	2000

На станции можно устанавливать до 4–5 параллельно работающих электролизных установок, из которых одна должна быть резервной. Электролизеры смогут обеспечивать обеззараживающим реагентом очистные сооружения с потребностью в активном хлоре от 25 до 100 кг/сут.

Были разработаны электролизные установки непроточного типа производительностью 1, 5, 25 и 100 кг активного хлора в сутки ("Индекс ЭН-1", "ЭН-5", "ЭН-25" и "ЭН-100"). Общий вид электролизной установки "Индекс ЭН-25" представлен на рис. 6.5. Основной

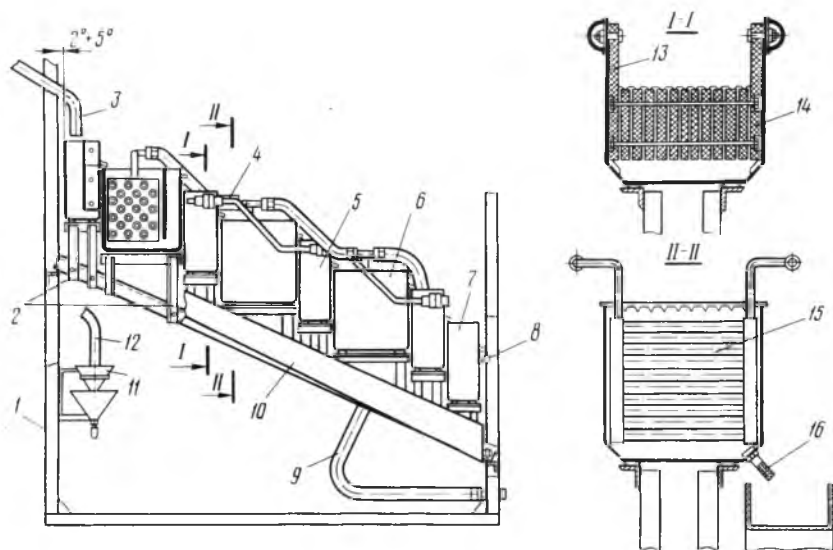


Рис. 6.4. Общий вид электролизера "Индекс ЭОВ":

1 — рама; 2 — кронштейны под камеры; 3 — шланг поступления электролита; 4 — электроперемычки; 5 — электролитическая камера; 6 — холодильная камера; 7 — сборная камера; 8 — штуцер отвода гипохлорита натрия; 9 — шланг подвода охлаждающей воды; 10 — приемный лоток; 11 — воронка-датчик струйного реле; 12 — шланг отвода охлаждающей воды; 13 — токоподводящие графитовые электроды; 14 — промежуточные графитовые электроды; 15 — трубчатые водяные теплообменники; 16 — штуцера с пробками

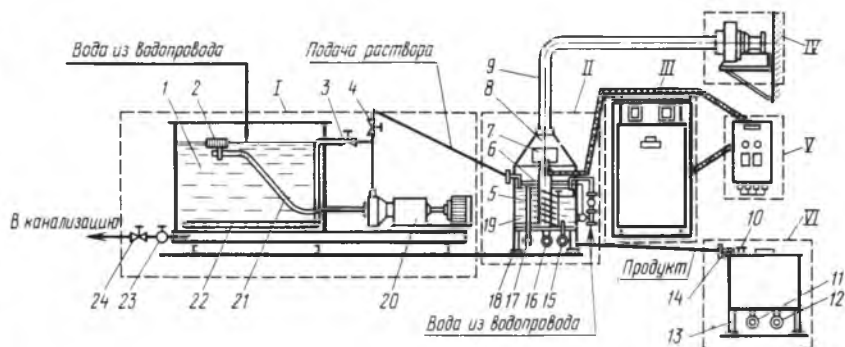


Рис. 6.5. Общий вид электролизной установки "ЭН-25":

I — растворный узел; II — электролизер; III — выпрямительный агрегат; IV — вентилятор; V — шкаф управления; VI — бак-накопитель; 1 — бак-растворитель; 2 — поплавок; 3 — резиновый шланг; 4 — трубчатая решетка; 5 — зонт; 6 — корпус; 7 — вентиль выхода продукта; 8 — патрубок для промывки; 9 — вентиль слива осадка; 10 — корпус; 11 — кассета; 12 — насос с электродвигателем; 13 — электролитическая ванна; 14 — патрубок перелива; 15 — вентиль для подачи воды в теплообменник; 16 — вентиль промывки; 17 — патрубок подачи раствора; 18 — воздуховод; 19 — крышка; 20 — теплообменник; 21 — вентиль перекачки раствора; 22 — вентиль перемешивания раствора; 23 — вентиль сброса раствора; 24 — вентиль продувки

элемент установки — электролизер — выполнен в виде электролитической ванны с расположенным в ней пакетом графитовых электродов (электролитическая кассета), состоящим из системы токоподводящих и биполярных электродов, собранных в общий пакет с помощью стяжек. Между электродами установлены фиксирующие шайбы, обеспечивающие поддержание заданного межэлектродного расстояния. Техническая характеристика установки "ЭН-25" приведена ниже.

Производительность по активному хлору, кг/сут	25
Удельный расход соли на 1 кг активного хлора, кг	8—12
Удельный расход электроэнергии на 1 кг активного хлора, кВт·ч	8—10
Продолжительность цикла электролиза, ч	7—8
Рабочее напряжение на ванне, В	55—60
Концентрация активного хлора в растворе, г/л	10—12

Электролизная установка "Индекс ЭН-25" была смонтирована и испытана на Козовском сахарном заводе. Результаты испытаний этой установки показали, что по сравнению с электролизной установкой проточного типа она обладает рядом достоинств, позволяющих получить электролитический гипохлорит натрия с более высокой концентрацией — порядка 10—12 г/л активного хлора.

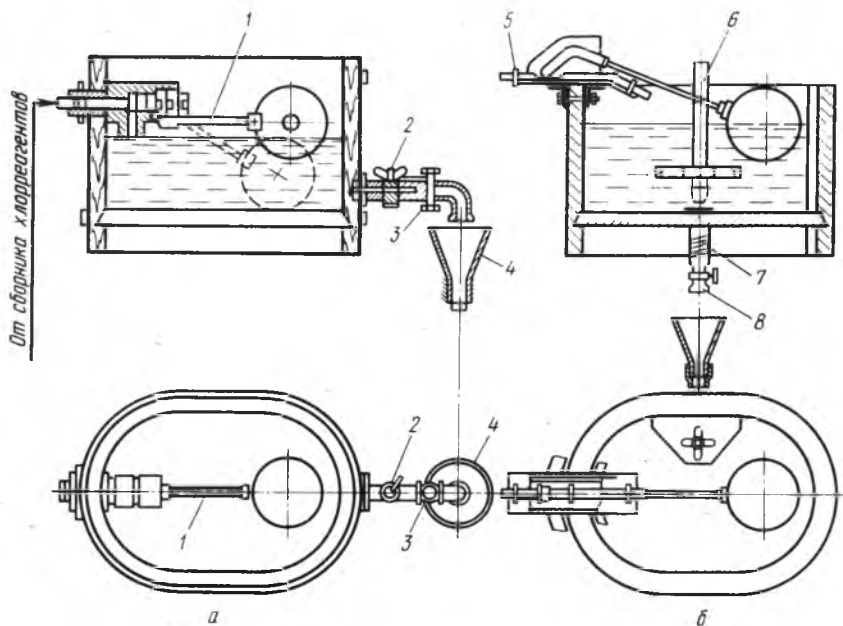


Рис. 6.6. Дозировочный бачок постоянной дозы:

а — с краном; *б* — с диафрагмой; 1 — шаровой кран; 2 — кран для включения и выключения дозировочного бачка; 3 — дозировочный кран; 4 — воронка; 5 — резиновая трубка; 6 — запорное устройство; 7 — патрубок; 8 — штуцер

Дозаторы. Важным элементом устройств по обеззараживанию воды являются дозаторы, назначение которых — дозирование требуемого количества хлорагента в обрабатываемую воду. Применяемые в настоящее время дозаторы можно разделить на дозаторы постоянной дозы и пропорциональные дозаторы.

На сахарных заводах для этой цели используются различные дозаторы и приспособления. Наиболее простой и легкоизготавливаемый — это дозатор постоянной дозы. Простейший тип такого дозатора показан на рис. 6.6.

Благодаря наличию в дозаторе шарового клапана уровень раствора над дозирующим краном, а следовательно, и количество вытекающего через кран реагента остаются постоянными.

К этой же категории дозаторов принадлежит поплавковый дозатор Хованского (рис. 6.7), у которого поплавок помещен непосредственно в бак с раствором. С помощью поплавка поддерживают на определенной глубине трубу, соединенную с выпускным гибким шлангом. Поплавок опускается и поднимается в зависимости от уровня раствора в

баке, поэтому напор над отверстием, скорость истечения и подача раствора остаются постоянными. Для предотвращения подсосывания, т. е. при работе в режиме сифона, в конце шланга и поплавка установлена воздушная трубка. Изменение расхода хлорной воды достигается соответствующей заменой калиброванной шайбы. В небольших пределах расход раствора реагента регулируют, изменяя глубину погружения поплавка в раствор.

К дозаторам пропорционального типа относится автоматический струйный дозатор, схема которого представлена на рис. 6.8. Опыт эксплуатации такого дозатора на Козовском сахарном заводе показал, что при обеззараживании вод I категории затруднения не возникают, а при обеззараживании вод II категории засоряется эжектор примесями, присутствующими в этих водах, особенно хвостиками свеклы и крупными взвесями. Этот недостаток может быть устранен, если перед эжектором установить напорный гидроциклон.

Дозатор-расходомер ВНИИСПа представлен на рис. 6.9. В дозаторе-расходомере уровень хлорной воды регулируется шаровым клапаном, а измерение расхода хлорагента производится по уровню жидкости в водомерном стекле. Дозатор-расходомер имеет 2 съемных шибера со щелями пропорциональных водосливов. Это позволяет одновременно дозировать и измерять расход хлорагента в воде I и II категорий. Щели пропорциональных водосливов при этом рассчитываются на максимальные дозы хлорагентов для вод I и II категорий.

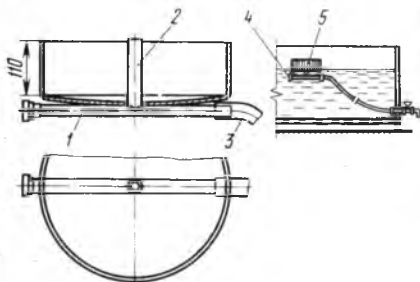


Рис. 6.7. Поплавковый дозатор Хованского:

1 — основная труба; 2 — воздушная трубка; 3 — резиновый шланг; 4 — шайба-диафрагма; 5 — поплавок

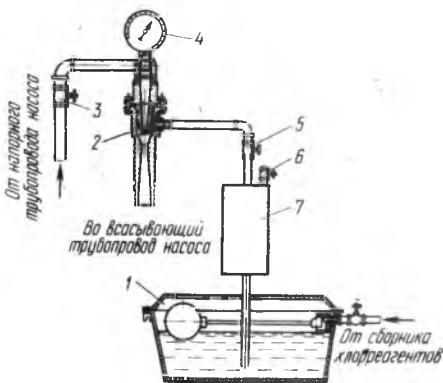
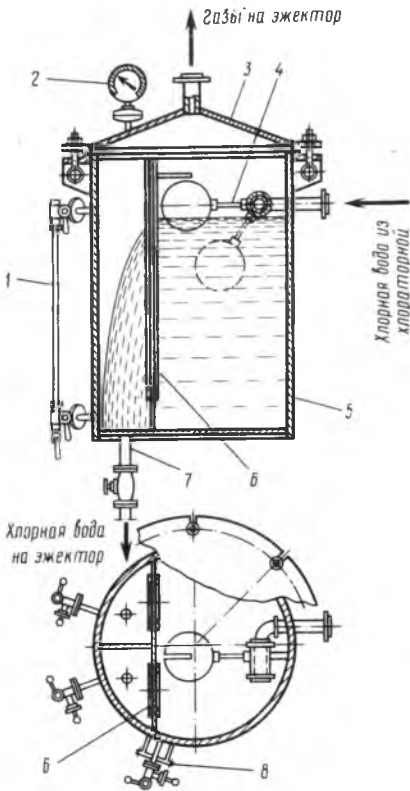


Рис. 6.8. Схема автоматического струйного дозатора:

1 — бачок с шаровым клапаном; 2 — эжектор; 3 — вентиль; 4 — манометр; 5 — регулировочный кран; 6 — воздушный кран; 7 — устройство для контроля расхода хлорреагента

Рис. 6.9. Дозатор-расходомер ВНИИСПа:



1 — водомерное стекло; 2 — мановакуумметр; 3 — крышка; 4 — шаровой клапан; 5 — корпус; 6 — пропорциональный водослив; 7 — патрубок отвода хлорреактента; 8 — расходомерная рейка

Дозатор-расходомер ВНИИСПа имеет преимущества перед другими дозаторами, так как исключает возможность загазованности помещения хлором, а также более точно производит измерения и дозировку хлор-агентов в обрабатываемые воды I и II категорий.

Испытания данной конструкции дозатора-расходомера в производственных условиях Козовского сахарного завода дали положительный результат.

СХЕМЫ ВВОДА ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ В ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ВОДУ

При обеззараживании воды важную роль играет ввод хлорной воды и растворов других хлор-агентов (гипохлорит натрия, кальция) в обрабатываемую воду. В свеклосахарном производстве применяют непосредственную подачу обеззараживающего раствора в сборники воды перед насосами и ввод во всасывающую линию насосов или напорный трубопровод. Непосредственная подача обеззараживающего раствора в сборники воды имеет ряд недостатков, к которым необходимо отнести неудовлетворительный контакт обеззараживающего раствора со всей массой воды, а также низкую эффективность его использования.

Наиболее рациональным способом ввода обеззараживающего раствора является ввод с помощью эжекторов, установленных на линии, соединяющей напорную линию насоса со всасывающей линией. Схема ввода обеззараживающего раствора по этому способу представлена

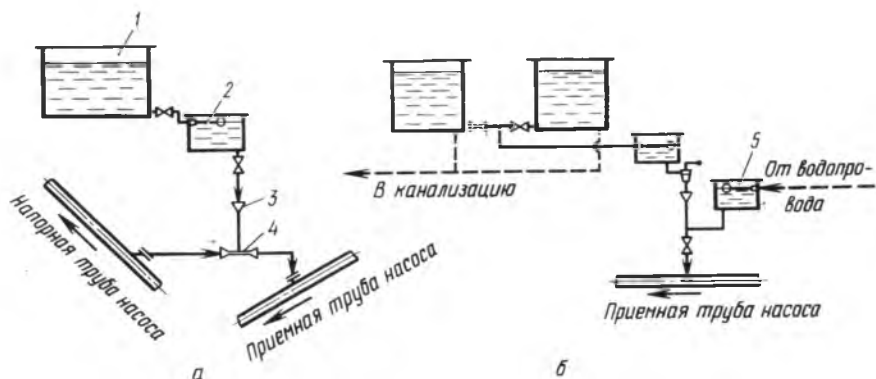
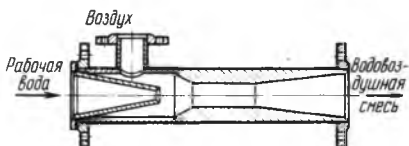


Рис. 6.10. Схема ввода хлорреagenta:

а — в напорный трубопровод при помощи эжектора; б — во всасывающую трубу насоса; 1 — сборник-накопитель хлорреagenta; 2 — дозирующий бачок; 3 — воронка; 4 — эжектор; 5 — бачок постоянного уровня

Рис. 6.11. Общий вид эжектора Т-2094



на рис. 6.10. Основным элементом этой схемы является эжектор (гидрозелеватор). Опыт обеззараживания оборотных вод сахарных заводов показал, что использование конструкции эжекторов серии Т-2094 обеспечивает требуемое разрежение для засасывания обеззараживающего раствора, эффективное перемешивание всей массы воды с реагентом и соответствующую ступень обеззараживания. Общий вид эжектора указанной конструкции представлен на рис. 6.11, а в табл. 6.3 приведены технические характеристики этих эжекторов.

Ввод обеззараживающего реагента непосредственно в напорный трубопровод применяется редко, однако такой ввод обеспечивает эффективное перемешивание реагента со всей массой воды, при котором достигается высокая степень обеззараживания. Непосредственный ввод реагента в напорный трубопровод осуществляется с помощью насосов-дозаторов, которые изготавливаются серийно в нашей стране. Ввод реагентов в напорный трубопровод может быть также осуществлен при условии, когда приемная воронка в месте ввода раствора будет выше линии пьезометрического давления воды в трубе и когда между местом ввода и концом трубы отсутствуют задвижки, применяемые для регулирования поступающей воды.

Для лучшего смешения раствора реагента с обрабатываемой водой и сокращения длины участка устраивают сужения в напорном тру-

6.3. Технические характеристики эжекторов серии Т-2094

Показатель	Марки эжектора			
	ЭВ50-7	ЭВ60-11	ЭВ100-14	ЭВ100-18
Производительность, м ³ /ч	12-20	20-40	36-60	60-120
Расход рабочей воды, м ³ /ч	5-7	10-14	16-20	23-40
Давление рабочей воды, кПа	294-588	294-588	294-588	294-588
Давление, создаваемое эжектором, кПа	245	245	245	245
Диаметр патрубков рабочей воды и водовоздушной смеси, мм	50	50	100	100
Диаметр патрубка воздуха, мм	432	32	65	65
Диаметр сопла, мм	7	11	14	18
Габаритные размеры, мм	412x154	400x154	834x255	830x255
Масса эжектора, кг	8,8	8,6	29,9	28,1

бопроводе в виде трубы Вентури или диафрагмы. Эти сужения позволяют несколько снизить пьезометрическое давление в месте ввода раствора реагентов в трубопровод и, следовательно, уменьшить высоту расположения дозатора. Такие дроссельные устройства обуславливают появление вихревых потоков в обрабатываемой воде, что благоприятствует смешению ее с реагентами. Потеря напора в них не должна превышать 3-4 кПа.

КОНТРОЛЬ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОБОРОТНЫХ ВОД ХЛОРОМ И ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ РЕАГЕНТАМИ

Эффективность обеззараживания воды в значительной степени зависит от оперативности контроля процесса обеззараживания. Степень обеззараживания воды, которая зависит от многих факторов, может быть найдена на основании микробиологических исследований или определения в воде остаточного активного хлора. Метод микробиологического состава является довольно длительным процессом и для оперативного контроля не может быть использован.

Наиболее рациональным методом контроля эффективности обеззараживания является определение величины остаточного активного хлора в обрабатываемой воде. Остаточный активный хлор в чистой воде определяют объемным йодометрическим или калориметрическим с о-толидином методом. Этот метод из-за присутствия в воде высокодисперсных взвесей, препятствующих определению, также не может быть использован.

ВНИИСПом для целей контроля эффективности обеззараживания оборотной транспортно-моечной воды газообразным хлором или хлорсодержащими реагентами предложен видоизмененный йодометрический метод определения остаточного активного хлора.

Сущность метода заключается в следующем: при добавлении к пробе транспортерно-моечной воды, содержащей активный хлор, уксусно-ацетатного буферного раствора и йодида калия происходит окисление I^- -ионов до свободного йода, который затем фиксируется гипосульфатом натрия (его титрованный раствор прибавляют в избытке к пробе). После фиксации выделившегося йода пробу подвергают осветлению на лабораторной пробирочной центрифуге и в фугате (осветленной воде) определяют непрореагировавший тиосульфат натрия путем титрования его 0,01 н. раствором йода при индикаторе — 0,5 %-ном растворе крахмала.

По разности между количеством добавленного раствора тиосульфата натрия и найденного при титровании раствором йода рассчитывают содержание активного хлора в транспортерно-моечной воде. При этом разница между числом грамм-эквивалентов тиосульфата натрия, прибавленного к пробе, и числом грамм-эквивалентов йода, затраченного при титровании пробы, равна числу грамм-эквивалентов йода, вытесненного из йодида калия активным хлором, т. е. числу грамм-эквивалентов активного хлора в пробе.

Глава 7

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Применение оборотных систем водоснабжения в свеклосахарном производстве позволяет резко сократить расходы свежей воды и количество сточных вод, что дает положительный эффект. Он складывается из полного или частичного предотвращения экономического ущерба, вызываемого истощением водного объекта, эффекта от предотвращения или уменьшения ущерба от загрязнения воды в водоеме.

Большая часть общего экономического эффекта, получаемого за счет такого водоохранного мероприятия, как внедрение оборотных систем водоснабжения, приходится на предотвращение ущерба от загрязнения и истощения водного объекта. Однако расчет комплексного ущерба при экономической оценке водоохранных мероприятий очень трудоемок, а иногда и невозможен из-за отсутствия исходной информации. Поэтому экономическая эффективность водоохранных мероприятий должна определяться расчетом оценки экономичности внедряемого мероприятия.

Показателями экономической эффективности проводимого водоохранного мероприятия являются приведенные затраты, которые по сравнению с существующим (базовым) вариантом должны быть значительно ниже. Этим и обеспечивается экономическая эффективность проводимого водоохранного мероприятия. Приведенные затраты представляют собой сумму текущих издержек (себестоимости) и единовременных затрат, приведенных к одинаковой размерности с помощью нормативного коэффициента эффективности:

$$П_j = C_j + E_n K_j, \quad (7.1)$$

где $П_j$ — приведенные затраты по сравниваемым вариантам; C_j — себестоимость продукции по сравниваемым вариантам; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K_j — капитальные вложения по этим же вариантам.

Сравнение вариантов может быть произведено по полным удельным приведенным затратам. В этом случае расчет осуществляется по формуле

$$d_n = C + E_n K_y, \quad (7.2)$$

где C — себестоимость единицы продукции, в нашем случае себестоимость 1 м³ воды; K_y — удельные капитальные вложения, приходящиеся на единицу данной продукции, на 1 м³ воды.

Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений принимается равным 0,15.

Строительство водоохраных предприятий оборотных систем водоснабжения, внедрение новой технологии очистки оборотной воды, более совершенных очистных сооружений могут осуществляться в одну или несколько очередей. В этом случае сравнение вариантов с разными сроками освоения капитальных вложений следует производить приведением затрат более поздних лет к базисному году по формуле

$$K_{пр} = \sum_{i=1}^t K_i / B_{пр i}, \quad (7.3)$$

где $K_{пр}$ — капитальные вложения, приведенные к базисному году; K_i — затраты в i -м году строительства; $B_{пр i} = (1 + E_{н.п})^i$ — коэффициент приведения затрат будущих лет к началу базисного года; здесь $E_{н.п} = 0,08$ — норматив для приведения разновременных затрат; t — период времени приведения, год.

Затраты могут приводиться к любому заданному моменту времени:

начальному, конечному, среднему. Для оценки водоохранного мероприятия это не имеет значения.

При оценке водоохранных мероприятий надо учитывать, что отсутствие повторных затрат на замену менее долговечной техники более долговечной вызывает изменение расходов на капитальные и текущие ремонты. Для внедрения технологического оборудования с меньшим сроком службы необходимо определять суммарные затраты на восстановление техники за весь срок службы сравниваемого базового и более долговечного вариантов.

Эти суммарные затраты рассчитываются по формуле

$$K_B = K_1 + \frac{K_2}{(1 + E_{н.п})^{t_1}} + \frac{K_1}{(1 + E_{н.п})^{2t_1}} + \dots$$

$$\dots + \frac{K_1}{(1 + E_{н.п})^{nt_1}} \cdot \frac{t_2 - nt_1}{t_1}, \quad (7.4)$$

где K — затраты на создание или первоначальное приобретение менее долговечной техники; t_1 — срок службы менее долговечной техники; t_2 — срок службы более долговечной техники; n — количество замен менее долговечной техники более долговечной.

При кратном числе замен менее долговечной техники $(t_2 - nt_1) / t_1$ принимается равным 1.

Разность приведенных затрат по двум вариантам (Π_1 и Π_2) дает величину годового экономического эффекта \mathcal{E} .

Если приведенные затраты определены по удельным показателям, годовой экономической эффект вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = A (\Pi_1 - \Pi_2), \quad (7.5)$$

где A — годовой объем продукции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПО СРАВНИВАЕМЫМ ВАРИАНТАМ

В состав капиталовложений по рассматриваемым вариантам должны быть включены стоимости всех сооружений принятой схемы того или иного варианта, кроме стоимостей одинаковых сооружений.

Определение стоимости сооружений сравниваемых вариантов производится по укрупненным показателям: сметной стоимости очистных сооружений, оптовым ценам на те или иные виды технологического оборудования с учетом затрат на строительные-монтажные работы. В

ряде случаев необходимо определять стоимости сооружений по укрупненным показателям стоимостей отдельных видов работ и конструктивных элементов.

В приложении приведены показатели стоимости отдельных сооружений, составленные по укрупненным сметным нормам и разработкам проектных организаций.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТЫ ГОДОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

Смета годовых эксплуатационных расходов является неотъемлемой частью каждого расчета по оценке экономической эффективности водоохранных мероприятий.

Эксплуатационную смету составляют по следующим основным статьям затрат:

заработная плата обслуживающего персонала с начислениями на социальное страхование;

реагенты;

электроэнергия;

амортизационные отчисления;

текущий ремонт;

затраты на подачу свежей воды и очистку продувочных вод;

прочие расходы.

По годовым эксплуатационным затратам и годовом расходе оборотной воды находят себестоимость 1 м^3 оборотной воды.

В некоторых случаях эксплуатационные затраты определяют для отдельных узлов сооружений и по ним устанавливают себестоимость 1 м^3 воды, подаваемой на очистные сооружения или потребители, а также себестоимость очистки воды.

Определение затрат на заработную плату. При внедрении водоохранного сооружения на сахарном заводе затраты на заработную плату учитываются только в том случае, если для этого сооружения предусматривается специальное техническое обслуживание. Затраты на заработную плату учитываются также и в случае, когда количество обслуживающего персонала остается, как и до внедрения мероприятия, но в связи с увеличением объема обслуживания персоналу повышается тарифный разряд.

Фонд заработной платы определяется на основе среднегодовой заработной платы по категориям работающих с учетом всех видов оплаты и премий.

Отчисления на социальное страхование составляют 12 % годового фонда заработной платы.

Стоимость реагентов. Для интенсификации очистки и стабилизации качества воды в оборотных системах водоснабжения применяют различные реагенты — коагулянты, флокулянты и др.

Годовой расход реагентов для интенсификации очистки и стабилизации качества оборотной воды определяется по расходу воды за производственный сезон и средней зоне реагентов:

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{max}}k, \quad (7.6)$$

где D_{max} — максимальная доза реагентов (с учетом содержания основного вещества); k — коэффициент, учитывающий качество оборотных вод, в начальный период производства $k = 0,5$, в средней — $k = 0,6$, в конце $k = 0,7$.

Стоимость реагентов равна сумме отпускной (оптовой) цены реагента с учетом заготовительно-складских расходов предприятия и стоимости перевозок железнодорожным и водным транспортом. Если расстояние перевозки установить невозможно, затраты на реагенты могут быть приняты по усредненной стоимости с учетом транспортных расходов.

Расчет годовых расходов на реагенты сводится в специальную ведомость.

Стоимость затрат на электроэнергию. Значительную часть эксплуатационных затрат составляют затраты на электроэнергию. Поэтому от правильного их определения зависит оценка экономичности внедряемого водоохранного сооружения. Стоимость электроэнергии рассчитывают по годовому расходу электроэнергии насосной станции оборотного водоснабжения и годовому расходу электроэнергии на привод технологических механизмов (вентиляторов, градирни, собственных нужд насосной).

Годовой расход электроэнергии насосной станции определяют на основании расчетной мощности электродвигателей насосов по перекачиванию оборотной воды.

Требуемая мощность электродвигателя, непосредственно соединенного с насосом (в кВт), определяют по формуле

$$N = \frac{(Q_p H k)}{(102 \eta_H)}, \quad (7.7)$$

где Q_p — расчетная подача воды насосом, л/м; H — полная высота подъема воды, м; k — коэффициент запаса мощности, принимаемый в зависимости от мощности электродвигателя (см. ниже); η_H — КПД насоса (принимается по каталогу).

Мощность электродвигателя, кВт	20	25—50	50—300	Более 300
Коэффициент запаса мощности	1,25	1,2	1,15	1,1

Электродвигатели мощностью более 200 кВт принимаются высоковольтными.

Оплачиваемая мощность высоковольтных электродвигателей, кВт:

$$N = \sum N' \cos \varphi, \quad (7.8)$$

где $\sum N'$ — сумма присоединенных мощностей электродвигателей по каталогу, кВт; $\cos \varphi$ — коэффициент мощности, $\cos \varphi = 0,9$.

При отсутствии данных характеристик электродвигателя по каталогу его оплачиваемая мощность (в кВт) определяется по формуле

$$N = N k_1 / \cos \varphi, \quad (7.9)$$

где N — мощность высоковольтного двигателя; k_1 — коэффициент, учитывающий переход от фактической требуемой мощности электродвигателя к ближайшей мощности электродвигателя по каталогу; $k_1 = 1,1$.

При низковольтных электродвигателях оплата производится за мощность установленных трансформаторов, кВт · А:

$$N_{\text{ТР}} = k_2 k_3 \sum N_j / \cos \varphi, \quad (7.10)$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий трансформаторный резерв, $k_2 = 1,5$; k_3 — коэффициент, учитывающий электроосветительную нагрузку, $k_3 = 1,05$; $\sum N_j$ — сумма расчетных мощностей всех одновременно работающих низковольтных силовых электродвигателей.

Годовой расход электроэнергии на период технологических механизмов (кВт · ч) определяют по формуле

$$A = P_{\text{мех}} t / \eta_{\text{эл}}, \quad (7.11)$$

где $P_{\text{мех}}$ — каталожная или расчетная мощность электродвигателя; t — число работы агрегата в течение производственного сезона; $\eta_{\text{эл}}$ — КПД электродвигателя, который зависит от его мощности.

Мощность электродвигателя, кВт	22	22—40	40—100	100—1000
КПД	0,72—0,89	0,89—0,91	0,91—0,92	0,92—0,94

При общей присоединенной мощности электродвигателя до 100 кВт · А стоимость электроэнергии определяется по одноставочному тарифу только за отпущенную энергию, учитываемую счетчиком.

При общей мощности более 100 кВт · А стоимость электроэнергии определяется по двухставочному тарифу и складывается из стоимости суммарной установочной мощности трансформаторов и высоковольтных электродвигателей и стоимости затраченной электроэнергии, учитываемой счетчиком. Плата за суммарную присоединенную мощность производится независимо от количества потребленной электроэнергии. При расчетах по двухставочному тарифу за мощность установленных резервных трансформаторов и высоковольтных электродвигателей, одновременная работа которых с основными трансформаторами и электродвигателями исключена, плата не взимается.

Амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт. Сумма

амортизационных отчислений на полное восстановление и капитальный ремонт основных фондов определяется по нормам Госплана СССР.

Для сооружений оборотного водоснабжения может быть принят усредненный процент амортизационных отчислений — 6 % стоимости строительно-монтажных работ, а для оборудования — 12 % стоимости оборудования.

Расход на текущий ремонт принимаются 50 % годовых амортизационных отчислений.

Прочие расходы. К этой статье относятся расходы, связанные с подачей свежей воды на завод для восполнения потерь воды в оборотных системах. Их рассчитывают, исходя из количества свежей воды, которое используется в качестве подпитки, и себестоимости подачи свежей воды на завод, а также тарифа на воду, забираемую из источника водоснабжения. Себестоимость подачи свежей воды на завод зависит прежде всего от расхода электроэнергии, расстояния между заводом и источником водоснабжения, амортизационных отчислений, текущего ремонта и заработной платы обслуживающего персонала.

К прочим расходам относятся также расходы, связанные с очисткой продувочных вод оборотных систем водоснабжения. Эти продувки являются составляющими сточных вод III категории. Себестоимость очистки сточных вод III категории зависит от схемы очистки и набора очистных сооружений. В настоящее время в сахарной промышленности начинают широко применять искусственную биохимическую очистку. Себестоимость очистки 1 м³ сточной воды составляет 0,28 руб. Для каждого конкретного случая эта величина может быть ниже, в зависимости от способа очистки и состава очистных сооружений.

Статья "Прочие расходы" может учитывать также износ и ремонт малоценных и быстроизнашивающихся инструментов, приспособлений и хозяйственного инвентаря, расходы на технику безопасности и охрану труда, расходы на технические усовершенствования, услуги сторонних организаций и предприятий, транспортные и другие услуги производственного назначения (вывоз отходов, аренда технических средств и механизмов).

Расходы по данной статье затрат, если отсутствуют информационные данные, приблизительно принимаются 5–8 % общей суммы эксплуатационных расходов без учета амортизационных отчислений.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМКНУТОЙ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОД I КАТЕГОРИИ ГЛАВНОГО КОРПУСА

На свеклосахарном заводе мощностью 3 тыс. т переработки свеклы в сутки находится в эксплуатации оборотная система вод I категории главного корпуса, оснащенная вентиляторной градирней, насосной станцией и хлораторной.

С целью снижения расхода свежей воды в производстве (водопотребления) и количества продувочных (сточных) вод на заводе предусмотрено внедрение водоохранного мероприятия — перевод существующей оборотной системы вод I категории главного корпуса на замкнутый режим работы.

Перевод существующей оборотной системы вод I категории на режим работы с минимальной продувкой потребует дополнительных капитальных затрат на установку осветлительных фильтров для стабилизации качества оборотной воды и установку более эффективной групповой ловушки для уфельных паров.

Исходные данные для расчета экономической эффективности перевода существующей оборотной системы вод I категории главного корпуса на указанный режим работы приведен в табл. 7.1.

7.1. Исходные данные для расчета

Показатель	Значения	
	в базовом варианте	в новом варианте
Суточная мощность завода, тыс. т свеклы в сутки	3,0	3,0
Коэффициент использования мощности	0,92	0,92
Длительность производственного сезона, сут	110	110
Расход оборотных вод I категории, % массы свеклы ($\text{м}^3/\text{ч}$)	807 (928)	807 (928)
Водный режим оборотной системы, % массы свеклы:		
потери оборотной воды при испарительном охлаждении на градирне, $W_{\text{исп}}$	29	29
потери оборотной воды на унос ветром из градирни, $W_{\text{ун}}$	3	3
продувка оборотной системы, $W_{\text{пр}}$	40,5	4,5
скрытая подпитка оборотной системы, $W_{\text{под.ск}}$	22,5	22,5
подпитка оборотной системы свежей водой, $W_{\text{под.св.вод}}$	50	14
процент оборота, P	94,2	98,5
Сметная стоимость оборотной системы вод I категории главного корпуса, тыс. руб.	460,9	460,9
Капитальные вложения на установку дополнительного оборудования: осветлительных фильтров, насосов и групповой ловушки и др., тыс. руб.	—	26,3
Норма амортизационных отчислений от основных фондов оборотной системы, %	7	7
Удельный вес основных фондов в сметной стоимости оборотной системы	0,8	0,8
Норма амортизации дополнительного оборудования, % стоимости вводимых основных фондов	—	12,1
Расходы на текущий ремонт, % амортизации	50	50
Себестоимость очистки продувочных (промывочных вод), $\text{руб}/\text{м}^3$	0,28	0,28
Себестоимость подачи свежей воды в завод, $\text{руб}/\text{м}^3$	0,0341	0,0341
Тариф на воду, забираемую из источника водоснабжения, $\text{руб}/\text{м}^3$	0,01	0,01
Доза хлора для обеззараживания оборотной воды, мг/л	5	3

Показатель	Значения	
	в базовом варианте	в новом варианте
Продолжительность обработки воды хлором, ч/сут	8	8
Стоимость 1 т хлора с доставкой автотранспортом на завод, руб/т	115,28	115,28
Количество оборотной воды, направляемое на осветление (фильтрование), % расхода оборотной воды	—	20
Производительность насосов для подачи промывной воды, м ³ /ч	—	95
Напор промывных насосов, м вод. ст.	—	60
Продолжительность промывки фильтров, ч/сут	—	1,5
Расчетная мощность электродвигателей промывных насосов, кВт	—	25
Стоимость электроэнергии, руб/кВт	0,025	0,025

Расчет текущих затрат и дополнительной прибыли от перевода оборотной системы вод I категории на режим работы с минимальной продувкой приведен в табл. 7.2.

7.2. Расчет текущих затрат и дополнительной прибыли

Показатель	Базовый вариант			Новый вариант		
	количество	цена, руб.	сумма, руб.	количество	цена, руб.	сумма, руб.
Расход жидкого хлора, т:	4,08	115,28	470	3,06	115,28	353
в базовом варианте						
$928 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 110 = 4,08$						
в новом варианте						
$928 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 110 = 3,06$						
Расход электроэнергии в новом варианте на промывку фильтров, кВт·ч	—	—	—	4853	0,025	121
$(25 \cdot 1,5 \cdot 110) / 0,85 = 4853$						
Количество продувочных вод, м ³ :	122 958	0,28	34 428	13 662	0,28	3825
в базовом варианте						
$\frac{(3000 \cdot 0,92 \cdot 40,5 \cdot 110)}{100} =$						
$= 122 958$						
в новом варианте						
$\frac{(3000 \cdot 0,92 \cdot 4,5 \cdot 110)}{100} =$						
$= 13 662$						

Показатель	Базовый вариант			Новый вариант		
	количество	цена, руб.	сумма, руб.	количество	цена, руб.	сумма, руб.
Количество свежей воды на подпитку оборотной системы, м ² в базовом варианте $(3000 \cdot 0,92 \cdot 50 \cdot 110) / 100 =$ $= 151\ 800$	151 800	0,0341	5176	—	—	—
Амортизационные отчисления, руб.: в базовом варианте $(460\ 900 \cdot 0,8 \cdot 7) / 100 = 25\ 810$ в новом варианте $(460\ 900 \cdot 0,8 \cdot 7 + 26\ 300 \cdot 0,8 \cdot 12,1) / 100 = 28\ 356$	—	—	25 810	—	—	28 356
Текущий ремонт, руб.: в базовом варианте $25\ 810 \cdot 0,5 = 12\ 905$ в новом варианте $28\ 356 \cdot 0,5 = 14\ 178$	—	—	12 905	—	—	14 178
Итого			78 789			46 833

Увеличение прибыли вследствие дополнительной выработки сахара или сокращения выработки мелассы при применении данного водоохранного мероприятия не предвидится.

Расчет годового экономического эффекта от перевода оборотной системы вод I категории главного корпуса на режим работы с минимальной продувкой приведен в табл. 7.3.

7.3. Расчет годового экономического эффекта (руб.)

Показатель	Обозначение показателей	Значения в вариантах	
		базовом	новом
Текущие затраты по изменяющимся статьям	C_1, C_2	78 789	46 833
Снижение текущих затрат в новом варианте по сравнению с базовым	ΔC	—	31 956
Капитальные вложения	ΔK	—	26 300
Увеличение приведенных затрат в новом варианте	$C_2 + E_n \Delta K$	—	50 778
Годовой экономический эффект	\mathcal{E}	—	28 011
$\mathcal{E} = \Delta C - E_n \Delta K + C_c \Delta A_c$ $31\ 956 - 0,15 \cdot 26\ 300 + 0 = 28\ 011$			

Таким образом, перевод оборотной системы вод I категории на режим работы с минимальной продувкой позволяет за счет снижения затрат на очистку продувочных вод и затрат на подачу свежей воды для восполнения потерь в системе получить годовой экономический эффект 28 тыс. руб. для сахарного завода производительностью 3 тыс. т переработки свеклы в сутки.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ КОНДЕНСАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ПАРОВ ИЗ ВАКУУМ-АППАРАТОВ И ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКИ

Наибольшее количество охлаждаемой воды в свеклосахарном производстве расходуется барометрическими конденсаторами, в которых осуществляется конденсация вторичных паров из вакуум-аппаратов и выпарной установки. Замена барометрических конденсаторов смешения на поверхностные конденсаторы с воздушным охлаждением позволяет уменьшить производительность оборотной системы и снизить капитальные и эксплуатационные расходы. Кроме того, применение аппаратов воздушного охлаждения (АВО) в качестве поверхностных конденсаторов позволяет вернуть в производство конденсат и использовать его в качестве питательной воды для диффузионных установок, а также полностью исключить попадание сахаросодержащих продуктов в оборотные всды.

Исходные данные и результаты расчета экономической эффективности применения воздушного охлаждения при конденсации вторичных паров приведены в табл. 7.4.

7.4. Исходные данные для расчета

Показатель	Значения	
	в базовом варианте (водяное охлаждение)	в новом варианте (воздушное охлаждение)
Суточная мощность завода, тыс. т свеклы в сутки	3,0	3,0
Коэффициент использования мощности	0,92	0,92
Длительность производственного сезона, сут	110	110
Производительность оборотной системы, % массы свеклы ($m^3/ч$)	828 (952)	270 (310)
Водный режим оборотной системы, % массы свеклы: потери воды в системе		
$W_{исп}$	29	8,5
$W_{ун}$	3	1
$W_{пр}$	41,5	3,1

Показатель	Значения	
	в базовом варианте (водяное охлаждение)	в новом варианте (воздушное охлаждение)
подпитка системы		
скрытая подпитка, $W_{\text{под.ск}}$	23	—
подпитка свежей водой, $W_{\text{св.вод}}$	49,5	12,5
Процент оборота, $P_{\text{об}}$	94	95,5
Сметная стоимость оборотной системы вод I категории главного корпуса, тыс. руб.	447,0	144,16
Удельная нагрузка по пару на 1 м ² оребренной поверхности АВО, кг/м ² · ч	—	0,9
Поверхность теплообмена АВО типа АВЗ, м ²	—	7500
Сметная стоимость установки из 4 АВЗ с $F = 7500 \text{ м}^2$, тыс. руб.	—	193,36
Сметная стоимость вакуум-конденсационных установок с барометрическими конденсаторами смешения, тыс. руб.:		
марки А2-ПКБ-3	6	—
марки РЗ-ПКО-10	—	0,76
Доза хлора для обработки оборотных вод, мг/л	5	3
Продолжительность обработки воды хлором, ч/сут	8	8
Стоимость 1 т хлора с доставкой автотранспортом на завод, руб/т	115,28	115,28
Напор насосов, подающих теплую воду на градирню, м	20	20
Напор насосов, подающих охлажденные воды в главный корпус завода, м	40	40
Коэффициент запаса мощности насоса	1,15	1,15
КПД насосов	0,75	0,75
КПД электродвигателей насосов	0,85	0,85
Количество работающих насосов, подающих теплые воды на градирню, шт.	1	1
Количество работающих насосов, подающих охлажденные воды в завод, шт.	1	1
Продолжительность работы насосов, ч/сут	24	24
Количество секций вентиляторной градирни, шт.	5	3
Мощность привода вентилятора градирни, кВт	32	10
Коэффициент использования мощности привода вентилятора градирни	0,8	0,8
Продолжительность работы вентиляторов градирни, ч/сут	24	24
Потребляемая мощность привода вентилятора АВО, кВт	—	95
Стоимость электроэнергии, руб/кВт · ч	0,025	0,025
Основная плата за год за установленную мощность, руб/кВ · А	22	22
Норма амортизационных отчислений от основных фондов оборотной системы, %	7	7
Удельный вес основных фондов в сметной стоимости оборотной системы	0,8	0,8

Показатель	Значения	
	в базовом варианте (водяное охлаждение)	в новом варианте (воздушное охлаждение)
Норма отчислений на текущий ремонт, % суммы амортизационных отчислений	50	50
Норма амортизационных отчислений сметной стоимости установки АВО, % основных фондов	—	12,1
Себестоимость очистки продувочных (сточных вод), руб/м ³	0,28	0,28
Себестоимость подачи свежей воды в завод, руб/м ³	0,0341	0,0341
Тариф на воду, забираемую из источника водоснабжения, руб/м ³	0,01	0,01
Количество конденсата с АВО, используемого в качестве питательной воды для диффузионной установки, % массы свеклы	—	20
Теплоемкость конденсата, ккал/кг	—	1
Температура конденсата с АВО, °С	—	55
Температура питательной (барометрической) воды для диффузионной установки, °С	45	45
Себестоимость теплотенергии, руб/Гкал	—	8

Капитальные затраты в базовом варианте состоят из стоимости комплекса сооружений для оборотной системы вод I категории главного корпуса производительностью 828 % массы перерабатываемой свеклы, которые включают стоимость насосной станции оборотного водоснабжения со сборниками для теплых и охлажденных вод, градирни, хлораторной, самотечного коллектора сточных вод I категории и напорного трубопровода охлажденных вод в главный корпус завода, а также стоимости вакуум-конденсационной установки с барометрическим конденсатором смешения.

Капитальные затраты в новом варианте (с воздушным охлаждением) состоят из стоимости комплекса сооружений для оборотной системы вод I категории главного корпуса производительностью 270 % массы свеклы, состоящего из насосной станции, градирни, хлораторной, сборников, самотечного коллектора и напорного трубопровода охлажденных вод в главный корпус. Кроме того, к капитальным затратам в новом варианте относятся затраты, связанные с установкой аппаратов воздушного охлаждения для конденсации вторичных паров из вакуум-аппаратов и выпарной установки.

Результаты подсчета капитальных затрат в базовом и новом вариантах приведены в табл. 7.5.

7.5. Капитальные затраты в базовом и новом вариантах

Объект и его характеристика	Стоимость объекта, тыс. руб.	Основание
<i>Базовый вариант</i>		
Оборотная система вод I категории производительностью 828 % массы свеклы	447,0	Гипросахпром. Материалы, обосновывающие целесообразность расширения Скидельского сахарного завода
Барометрический конденсатор марки А2-ПКБ-3	6,0	Оборудование технологическое для пищевой промышленности, 1984
Итого	453,0	
<i>Новый вариант</i>		
Оборотная система вод I категории производительностью 270 % массы свеклы	144,16	Гипрониисахпром. Экспериментальный проект рациональной схемы водопользования для сахарных заводов с максимальным возвратом воды в производство, 1978. Часть 2. Сметно-финансовый расчет
Установка 4 аппаратов воздушного охлаждения (АВО) в качестве поверхностных конденсаторов с $F = 7500$	193,36	То же
Концевой охладитель неконденсирующихся газов, барометрический конденсатор марки РЗ-ПКО-10	0,76	Оборудование технологическое для пищевой промышленности, 1984
Итого	338,28	

Эксплуатационные расходы в базовом и новом вариантах состоят из следующих статей затрат:

- реагенты;
- электроэнергия;
- амортизационные отчисления;
- текущий ремонт;
- промвода и очистка продувочных вод.

Затраты, связанные с содержанием обслуживающего персонала, не определены, так как эти затраты одинаковы для обоих вариантов.

В качестве реагентов используют жидкий хлор, который применяют для периодического обеззараживания воды в оборотных системах вод I категории. Годовой расход хлора в базовом варианте составит:

$$P'_{Cl_2} = 952 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 110 = 4,19 \text{ т,}$$

где 952 — расход оборотных вод, м³/ч; 5 — доза хлора, г/м³; 8 — общее количество часов обработки воды хлором в сутки; 110 — количество суток работы завода.

Годовой расход хлора в новом варианте:

$$P_{Cl_2}'' = 310 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 110 = 0,82 \text{ т},$$

где 310 — расход оборотных вод, м³/ч; 3 — доза хлора, г/м³.

Расчет годовых расходов на реагенты в базовом и новом вариантах приведены в табл. 7.6.

7.6. Расходы на реагенты

Показатель	Базовый вариант	Новый вариант
Стоимость 1 т, руб.	115,28	115,28
Количество, т	4,19	0,82
Общая стоимость, т	483	95

Годовой расход электроэнергии в базовом варианте состоит из расхода электроэнергии на подачу оборотной воды на градирню и в главный корпус завода, а также на привод вентиляторов градирни и мелкие потребители.

Годовой расход электроэнергии при подаче охлажденной оборотной воды в главный корпус завода, кВт · ч:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{гл.к}} &= (Q' N' k') / (102 \eta_H) \cdot (n \cdot 110 t) / \eta_D = \\ &= (264 \cdot 40 \cdot 1,15) / (102 \cdot 0,75) \cdot (1 \cdot 110 \cdot 24) / 0,85 = 493 \, 044. \end{aligned}$$

Годовой расход электроэнергии при подаче теплой оборотной воды на градирню, кВт · ч:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{град.}}^I &= (Q' N_2 k) / (102 \eta_H) \cdot (n \cdot 110 t) / \eta_D = \\ &= (264 \cdot 20 \cdot 1,15) / (1,02 \cdot 0,75) \cdot (1 \cdot 110 \cdot 24) / 0,85 = 246 \, 522. \end{aligned}$$

Годовой расход электроэнергии на привод вентиляторов градирни, кВт · ч:

$$\mathcal{E}_{\text{пр.град}}^I = 32 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 110 \cdot 0,8 = 337 \, 920.$$

Мощность трансформатора, который питает электроэнергией насосы и вентиляторы градирни, кВ · А:

$$\begin{aligned} N_{\text{тр}}' &= k_2 k_3 \sum N_i / \cos \varphi = \\ &= 1,5 \cdot 1,05 \left(\frac{264 \cdot 40 \cdot 1,15}{102 \cdot 0,75} + \frac{264 \cdot 20 \cdot 1,15}{102 \cdot 0,75} + 32 \cdot 5 \cdot 0,8 \right) / 0,9 = 640. \end{aligned}$$

Годовой расход электроэнергии в новом варианте состоит из расхода электроэнергии на привод вентиляторов АВО, расхода электроэнергии на подачу теплых вод на градирню и охлажденных вод в главный корпус завода, на привод вентиляторов градирни.

Годовой расход электроэнергии на привод вентиляторов АВО, кВт · ч:

$$Э_{пр.АВО} = 95 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 110 \cdot 0,8 = 802\,560.$$

Годовой расход электроэнергии на подачу теплых вод на градирню, кВт·ч:

$$Э'_{град} = (Q'' H_2 k) / (102 \eta_H) \cdot (n \cdot 110 t) / \eta_D = \\ = (865 \cdot 20 \cdot 1,15) / (102 \cdot 0,75) / (1 \cdot 110 \cdot 24) / 0,85 = 80\,306.$$

Годовой расход электроэнергии на подачу охлажденных вод в главный корпус завода, кВт·ч:

$$Э''_{гл.кор} = (Q'' H_1' k) / (102 \eta_H) \cdot (n \cdot 110 t) / \eta_D = \\ = (86 \cdot 40 \cdot 1,15) / (102 \cdot 0,75) / (1 \cdot 110 \cdot 24) / 0,85 = 160\,613.$$

Годовой расход электроэнергии на привод вентиляторов градирни, кВт·ч:

$$Э''_{гл.град} = 10 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 110 \cdot 0,8 = 63\,360.$$

Мощность трансформатора насосной станции, кВ·А:

$$N''_{тр.н} = k_2 k_3 \sum N_j / \cos \varphi = \\ = 1,5 \cdot 1,05 \left(\frac{86 \cdot 40 \cdot 1,15}{102 \cdot 0,75} + \frac{86 \cdot 20 \cdot 1,15}{102 \cdot 0,75} + 10 \cdot 3 \cdot 0,8 \right) / 0,9 \approx 180.$$

Мощность трансформатора установки АВО, кВ·А:

$$N''_{тр.АВО} = k_2 k_3 \sum N_j / \cos \varphi = \\ = 1,5 \cdot 1,05 \cdot 4 \cdot 95 \cdot 0,8 / 0,9 = 532.$$

Расчет стоимости электроэнергии в базовом и новом вариантах приведен в табл. 7.7.

7.7. Стоимость электроэнергии

Статья затрат	Установленная мощность, кВ·А	Стоимость за 1 кВ·А, руб.	Оплата за установленную мощность, руб.	Годовой расход электроэнергии, кВт·ч	Стоимость 1 кВт·ч, руб.	Общая стоимость электроэнергии, руб.
---------------	------------------------------	---------------------------	--	--------------------------------------	-------------------------	--------------------------------------

Базовый вариант

Подача охлажденной воды в главный корпус завода	—	—	—	493 044	0,025	12 326
Подача теплой воды на градирню	—	—	—	246 522	0,025	6163
Привод вентиляторов градирни	—	—	—	337 920	0,025	8448
За установленную мощность	640	22	14080	—	—	14 080
Всего						41 017

Статья затрат	Установленная мощность, кВт·А	Стоимость за 1 кВт·А, руб.	Оплата за установленную мощность, руб.	Годовой расход электроэнергии, кВт·ч	Стоимость 1 кВт·ч, руб.	Общая стоимость электроэнергии, руб.
---------------	-------------------------------	----------------------------	--	--------------------------------------	-------------------------	--------------------------------------

Новый вариант

Привод вентиляторов АВО	—	—	—	802 560	0,025	20 064
Установленная мощность АВО	532	22	11 704	—	—	11 704
Подача теплых вод на градирню	—	—	—	80 306	0,025	2008
Подача охлажденных вод в главный корпус	—	—	—	160 613	0,025	4015
Привод вентиляторов градирни	—	—	—	63 360	0,025	1584
Установленная мощность насосной станции	180	22	3960	—	—	3960
Всего						43 335

Амортизационные отчисления в базовом варианте приняты 7 % от стоимости основных фондов оборотной системы, руб.:

$$A' = 453\,000 \cdot 0,8 \cdot 0,07 = 25\,368,$$

где 0,8 — удельный вес основных фондов в сметной стоимости оборотной системы.

Текущий ремонт в базовом варианте, руб.:

$$T'_p = 25\,368 \cdot 0,5 = 12\,684.$$

Амортизационные отчисления в новом варианте, руб.:
оборотная система

$$A''_{\text{аб.с}} = 141\,160 \cdot 0,8 \cdot 0,07 = 8073;$$

установка АВО

$$A''_{\text{аво}} = 194\,120 \cdot 0,8 \cdot 0,121 = 18\,791,$$

где 0,121 — процент амортизационных отчислений по установке АВО.

Всего амортизационные отчисления в новом варианте составляют, руб.:

$$A'' = 8073 + 18\,791 = 26\,864.$$

Текущий ремонт в новом варианте, руб.:

$$T''_p = 26\,864 \cdot 0,5 = 13\,432.$$

Затраты, связанные с очисткой продувочных вод, руб.:
в базовом варианте

$$П'_p = 3000 \cdot 0,92 \cdot 0,415 \cdot 110 \cdot 0,28 = 35\,278,$$

где 0,415 — процент продувки оборотной системы, % массы свеклы; 0,28 — себестоимость очистки продувочных вод, руб/м³;

в новом варианте

$$П''_{ад} = 3000 \cdot 0,92 \cdot 0,031 \cdot 110 \cdot 0,28 = 2635,$$

где 0,031 — процент продувки оборотной системы, % массы свеклы.

Затраты, связанные с подачей свежей воды для подпитки оборотных систем руб.:

в базовом варианте

$$П'_{ад} = 3000 \cdot 0,92 \cdot 0,495 \cdot 110 (0,0341 + 0,01) = 6627,$$

где 0,495 — процент подпитки оборотной системы свежей водой, % массы свеклы; 0,0341 — себестоимость подачи свежей воды в завод, руб/м³; 0,01 — тариф на воду, забираемую из источника водоснабжения, руб/м³;

в новом варианте

$$П_{ад} = 3000 \cdot 0,92 \cdot 0,125 \cdot 110 (0,0341 + 0,01) = 1674,$$

где 0,125 — процент подпитки оборотной системы свежей водой, % массы свеклы.

Прибыль от использования конденсата из АВО в качестве питательной воды на диффузию:

$$K_{ЭК} = \frac{3000 \cdot 20 \cdot 0,92 \cdot 110 \cdot 1 (55 - 45) 8}{100 \cdot 1000} = 4858,$$

где 20 — количество конденсата, % массы свеклы, возвращаемое из АВО на диффузионную установку; 8 — себестоимость теплотенергии, руб/Гкал.

Суммарные эксплуатационные расходы по базовому и новому вариантам приведены в табл. 7.8.

Приведенные затраты по базовому и новому вариантам сведены в табл. 7.9.

Годовой экономический эффект от применения воздушного охлаждения для конденсации вторичных паров из вакуум-аппаратов и выпарной установки составит, руб.:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) A = (189\,407 - 133\,919) 1 = 55\,488 \text{ руб.}$$

Таким образом, применение воздушного охлаждения для конденсации вторичных паров из вакуум-аппаратов и выпарной установки позволяет получить годовой экономический эффект 55 тыс. руб.

Из приведенного расчета видно, что экономическая эффективность

7.8. Суммарные эксплуатационные расходы

Статья затрат	Стоимость, руб., по варианту	
	базовому	новому
Реагенты	483	95
Электроэнергия	41 017	43 335
Текущий ремонт	12 684	13 432
Очистка продувочных вод	35 278	2635
Подача свежей воды	6627	1674
Амортизационные отчисления	25 368	26 864
Итого	121 457	88 035
Прибыль от использования конденсата	—	4858
Всего	121 457	83 177

7.9. Приведенные затраты

Затраты	Стоимость, руб., по варианту	
	базовому	новому
Капиталовложения	453 000	338 280
Эксплуатационные расходы	121 457	83 177
Приведенные затраты	189 407	133 919

применения воздушного охлаждения не учитывает народнохозяйственного эффекта, который получается от предотвращения ущерба, наносимого источнику водоснабжения при сбросе в него сточных вод.

Этот вид расчета может быть выполнен при наличии исходной информации по конкретному источнику водоснабжения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**Стоимость прокладки водопроводных сетей в сухих грунтах,
тыс. руб., на 1 км трубопровода**

Диаметр труб, мм	Труба									
	чугунная		стальная		асбестоцементная					
					ВТ-3		ВТ-8		ВТ-9	
	Глубина заложения, м									
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
100	10,3	12,4	9,5	11,6	7,5	9,5	7,5	9,5	9,7	11,7
125	12,2	14,2	10,2	12,3	7,8	9,8	7,9	10	10,5	12,5
150	13,4	15,5	12,6	14,7	9	11	9,2	11,2	12,6	14,7
200	16,2	18,2	14,7	16,7	9,4	11,7	10,3	12,3	13,6	15,6
250	19,4	21,4	16,7	18,8	10,9	12,9	11,7	13,5	15,7	17,7
300	22,6	24	17,9	20	11,7	13,7	12,6	14,6	16,5	18,5
350	27,1	29	21,7	23,7	—	—	—	—	—	—
400	32,9	34,9	27,3	29,2	17	19	18,6	20,5	24,2	26,2
450	36,7	38,6	—	—	—	—	—	—	—	—
500	41,5	43,7	35,6	37,8	20,6	23	22,8	25,2	32,2	34,6
600	52	55	41,8	44,2	26	28,6	29,7	32,2	—	—
700	63	66	45,3	47,7	31,8	34,5	36,1	38,8	—	—
800	75	78	55	57	38,1	40,9	43,3	46,1	—	—
900	90	92	64	67	45,9	48,9	52	55	—	—
1000	104	106	68	71	51	54	59	62	—	—

Позиции по прейскуранту № 05-01	Реагент	ГОСТ (ОСТ, ТУ)	Отпускная цена по прейскуранту, руб/т	Полная стоимость с учетом перевозки, руб/т					
				автотранспортом	железнодорожным транспортом			в цистернах	
					малкими отправлениями	повышенно	гонно		
									до 10 т
1-552	Натрий едкий технический (сода каустическая), жидкий химический, марка Г	ГОСТ 2263-71	53,75	86,84	-	-	-	-	-
-	То же, твердый	-	140	-	175	170	-	-	-
1-558	Натрий кремнефтористый технический, сорт I	ГОСТ 87-66	95	126,75	141	136	-	-	-
8-072	Натрий фтористый технический, сорт I	ГОСТ 2871-75	275	294,51	-	-	-	-	-
1-684	Полиакриламид АМФ	СТУ 43-329-62 СТУ 12-02-21-64 ТУ 7-04-01-66	250	273,01	292	286	284	-	-
1-842	Сода кальцинированная природная, молотая, сорт I	СТУ-21-481-64	29,6	48,37	-	-	-	-	-
1-862	Соль поваренная техническая	СТУ 43-717-65	1,3	7,09	-	-	-	-	-
1-881	Стекло жидкое натровое	ТУ-ИХД 1662-47	28	63,44	81	75	75	-	-
1-917	Сульфуголь, сорт I, крупный, СК-1-0, 55-0,56	СТУ 43-731-65 ГОСТ 5696-74 Изм. № 1	170	179,53	-	189	-	-	-
1-981	Уголь активный гранулированный АГ-3	ТУД-2 ТУ 312-60	560	571,33	587	582	-	-	-
1-985	Уголь активный БАУ	ГОСТ 6217-74	800	807,23	831	826	-	-	-
1-1059	Хлор жидкий	ГОСТ 6718-68	70	115,28	185	163	153	-	86

Стоимость перевозок реагентов железнодорожным и водным транспортом

Расстояние перевозок, км	Железнодорожные перевозки				Перевозка водным транспортом	
	мелкими отправлениями		повагонно	в цистернах	Главного управления речного транспорта при СМ УССР	Пароходства Волжского, Западного, Иртышского, Камского, Московского
	до 10 т	свыше 10 т				
100	1,9	1,3	1	1	1,7	2,5
200	2,5	1,7	1,3	1,4	2,1	3,4
400	3,9	2,6	1,9	2,2	3,1	4,9
600	5,1	3,4	2,3	2,8	3,9	6,2
800	6,4	4,3	2,9	3,5	4,8	7,6
1000	7,8	5,2	3,5	4,3	5,7	9,1
1200	9,1	6,1	4,3	5,1	6,5	10,5
1400	10,4	6,9	5,2	6	7,4	11,9
1600	11,6	7,8	5,9	6,8	8,2	13,2
1800	13,2	8,8	6,9	7,6	9,1	14,6
2000	14,6	9,8	7,8	8,5	10	16
2200	16,1	10,8	8,7	9,4	10,9	17,5
2400	17,6	11,8	9,5	10,2	11,8	18,9
2600	19,1	12,8	10,4	11,1	12,7	20,4
2800	20,6	13,8	11,3	12	13,6	21,8
3000	22,1	14,8	12,3	12,9	14,5	23,5
4000	29,6	19,8	16,7	17,2	19	30,5
5000	37,1	24,8	21,2	21,6	23,5	37,7

Коэффициент приведения затрат будущих лет к началу базисного года

t	$1/(1+0,08)$	t	$1/(1+0,08)$	t	$1/(1+0,08)$
1	0,926	16	0,292	31	0,092
2	0,858	17	0,270	32	0,085
3	0,794	18	0,250	33	0,079
4	0,735	19	0,232	34	0,073
5	0,681	20	0,215	35	0,068
6	0,630	21	0,199	36	0,063
7	0,583	22	0,184	37	0,058
8	0,540	23	0,170	38	0,054
9	0,500	24	0,158	39	0,050
10	0,463	25	0,146	40	0,046
11	0,429	26	0,135	41	0,043
12	0,397	27	0,125	42	0,039
13	0,368	28	0,116	43	0,036
14	0,340	29	0,107	44	0,034
15	0,315	30	0,099	45	0,031

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Л. А., Нечаев А. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов/Под ред. С. В. Яковлева. — М.: Стройиздат. — 1984. — 272 с.
2. Базлов В. Н. Расчет систем очистки и многократного использования сточных вод/Химия и технология воды. — 1985. — Т. 7. — № 1. — С. 29—32.
3. Богомолов А. И., Михайлов К. А. Гидравлика. — М.: Стройиздат. — 1974. — 635 с.
4. Вода и сточные воды в пищевой промышленности/Пер. с польского и спецред. В. М. Кац. — М.: Пищевая промышленность. — 1972. — 384 с.
5. Карюхина Т. А., Чурбанова И. Н. Химия воды и микробиология. — М.: Стройиздат. — 1974. — 215 с.
6. Когановский А. М., Семенюк В. Д. Обратное водоснабжение химических предприятий. — Киев: Будівельник. — 1975. — 165 с.
7. Кожин В. Ф., Кожин И. В. Озонирование воды. — М.: Стройиздат. — 1974. — 160 с.
8. Кучеренко Д. И., Гладков В. А. Обратное водоснабжение. — М.: Стройиздат. — 1980. — 168 с.
9. Лецианова Л. Биоценоз поверхностной и охлаждающей воды, загрязненной сахаром.//Listy Cukrovarnicke. — 1977. — № 1. — С. 17—18.
10. Лобачев П. В., Шевелев Ф. А. Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат. — 1985. — 424 с.
11. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1974. — 336 с.
12. Находкина В. З. Микробиология и микробиологический контроль в свеклосахарном производстве. — М.: Пищевая промышленность. — 1975. — 152 с.
13. Охрана окружающей среды. Справочник/Сост. Л. П. Шариков. — Л.: Судостроение. — 1978. — 560 с.
14. Пархомец А. П., Сергиевко В. И. Биологическая очистка сточных вод сахарных заводов. — М.: Легкая и пищевая промышленность. — 1984. — 209 с.
15. Пархомец А. П., Сергиевко В. И. Использование сточных вод орошения сельскохозяйственных культур. — М.: ЦНИИЭИпищепром. — 1975. — 24 с.
16. Пархомец А. П., Сергиевко В. И., Хвоцинская А. Н. Искусственная биологическая очистка сточных вод. — М.: ЦНИИЭИпищепром. — 1977. — 25 с.
17. Пархомец А. П., Сорокин А. И. Локальная система оборотного водоснабжения лаверов на сахарных заводах. — М.: ЦНИИЭИпищепром. — 1975. — 36 с.
18. Поручкий Г. В. Биохимическая очистка сточных вод органических производств. — М.: Химия. — 1975. — 256 с.
19. Приймак В. М. Технология и технохимконтроль сахарного производства. — М.: Легкая и пищевая промышленность. — 1981. — 240 с.

20. Проектирование бессточных схем промышленного водоснабжения/И. Н. Браславский, В. Д. Семенюк, А. М. Когановский и др. — Киев: Будівельник. — 1977. — 204.

21. Руденко Г. Г., Гороновский Н. Т. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях. — Киев: Будівельник. — 1976. — 208 с.

22. Сапронов А. П., Жушман А. И., Лосева В. А. Общая технология сахара и сахаристых веществ. — М.: Пищевая промышленность. — 1979. — 464 с.

23. Семенюк В. Д., Терновцев В. Е. Комплексное использование воды в промышленном узле. — Киев: Будівельник. — 1974. — 232 с.

24. Снизить потери сахара в транспортно-моечной воде/А. Л. Шойхет Л. И. Чернявская, А. И. Сорокин и др.//Сахарная свекла: производство и переработка. — 1988. — № 4. — С. 52—54.

25. Сорокин А. И., Валовой Б. Н. Исследование процесса осветления лаверных вод//Сахарная свекла: производство и переработка. — 1988. — № 1. — С. 62—64.

26. Сорокин А. И., Пархомец А. П., Находкина В. З. Методические рекомендации по дезинфекции вод I и II категорий газообразным хлором и электролитическим гипохлоритом натрия на свеклосахарных заводах. — Киев: ВНИИСП. — 1979. — 41 с.

27. Сорокин А. И., Пархомец А. П., Находкина В. З. Методы и устройства для обеззараживания оборотных вод в свеклосахарном производстве. — М.: ЦНИИТЭИпищепром. — 1983. — Вып. 12. — С. 1—24.

28. Указания по водному хозяйству сахарных заводов. — Киев: ВНИИСП. — 1978. — 119 с.

29. Укрепленные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности/Совет Экон. Взаимопомощи. ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии. — 2-е изд., перераб. — М.: Стройиздат. — 1982. — 528 с.

30. Фассатова Л. Микробиологическое качество производственных вод сахарного завода//Listy Cukrovarnicke. — 1977. — № 1. — С. 13—21.

31. Fischer J. H. Biological treatment of concentrated sugar beet waster. — Washington. — 1974. — 96 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Системы производственного водоснабжения	5
Схемы и виды оборотных систем водоснабжения	5
Расход воды в свеклосахарном производстве.	7
Баланс воды в системах оборотного водоснабжения	7
Оценка эффективности использования воды на предприятии	9
Методы и устройства для измерения расходов воды.	10
Измерение уровня воды при определении расхода в открытых лотках и каналах	20
Глава 2. Характеристика природных и оборотных вод.	22
Виды природных вод.	22
Показатели качества и свойства воды.	25
Требования к качеству воды в системах оборотного водоснабжения	37
Прогнозирование качества воды в оборотных системах водоснабжения	41
Охрана водоемов и условия сброса сточных вод.	42
Глава 3. Оборотные системы охлаждающего водоснабжения	46
Схемы использования воды в оборотных системах охлаждающего водоснабжения.	46
Характеристика оборотных вод I категории.	54
Водно-химический режим оборотных систем вод I категории и перспективы их перевода в замкнутые системы водоснабжения	59
Охладители оборотной воды и принципы их работы.	68
Перспективы применения воздушного охлаждения в сахарной промышленности	79
Глава 4. Оборотная система гидротранспорта и мойки свеклы (воды II категории)	82
Характеристика примесей транспортерно-моечных вод.	82
Методы очистки транспортерно-моечных вод	89
Сооружения для механической очистки транспортерно-моечных вод	93
Способы и устройства для сгущения и обезвоживания транспортерно-моечного осадка.	106
Схемы очистки и использования транспортерно-моечных вод в оборотной системе водоснабжения.	109
Глава 5. Оборотная система водоснабжения газопромывателей сатурационного газа	112
Способы очистки и обеззараживания лаверных вод	112
Схема очистки и использования лаверных вод в системе оборотного водоснабжения газопромывателей.	118

Глава 6. Обеззараживание оборотных вод	127
Способы обеззараживания оборотных вод в свеклосахарном производстве	127
Обеззараживание воды хлором и хлорсодержащими реагентами	134
Устройства для обеззараживания оборотных вод газообразным хлором и хлорсодержащими реагентами	137
Схемы ввода хлорсодержащих реагентов в обрабатываемую воду	146
Контроль обеззараживания оборотных вод хлором и хлорсодержащими реагентами	148
Глава 7. Технико-экономическая эффективность применения оборотных систем водоснабжения	149
Эколого-экономическая эффективность применения оборотных систем водоснабжения	149
Определение капитальных затрат по сравниваемым вариантам	151
Определение сметы годовых эксплуатационных расходов	152
Экономическая эффективность замкнутой оборотной системы вод I категории главного корпуса	155
Экономическая эффективность применения воздушного охлаждения для конденсации вторичных паров из вакуум-аппаратов и выпарной установки	159
Приложения	168
Список использованной литературы	172

Сорокин Анатолий Иванович
ОБОРОТНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

Зав. редакцией Л. М. Богатая
Художник В. Л. Трифанов
Художественный редактор В. А. Чуракова
Технический редактор М. И. Волкова
Корректор М. Ф. Казакова

ИБ № 6148

Сдано в набор 10.04.89. Подписано в печать 05.09.89. Т-03790. Формат 60 x 88¹/₁₆.
Бумага кн.-журн. Гарнитура Универс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,78.
Усл. кр.-отт. 11,02. Уч.-изд. л. 11,99. Изд. № 439. Тираж 550 экз. Заказ №3114
Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,
Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата,
109033, Москва, Волоцлавская, 40.

В соответствии с Конституцией СССР (ст. 18) в интересах настоящего и будущего поколений принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и недр, водных ресурсов, растительного и животного мира для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды. Конституция СССР (ст. 67) закрепляет обязанность советских граждан беречь природу и охранять ее богатства.

Совет Министров СССР и Советы Министров союзных республик приняли ряд постановлений по предотвращению загрязнения рек Волги, Урала, Каспийского и Балтийского морей.

