



Лекция 3

Водно-солевой режим оборотной системы.

Эффективность использования воды.

Коэффициент концентрирования солей

Оборотная система представляет собой систему, позволяющую многократно использовать воду на производственные нужды. Часть воды загрязняется и направляется на очистку, другая часть теряется на градирнях. На рис. 1 представлена принципиальная схема оборотной системы. Насосная станция оборотного водоснабжения подает требуемый расход $Q_{\text{охл}}$ на технологические установки. На технологических установках часть оборотной воды q_3 , в основном от охлаждения сальников и подшипников технологических насосов, сбрасывается в промканализацию.

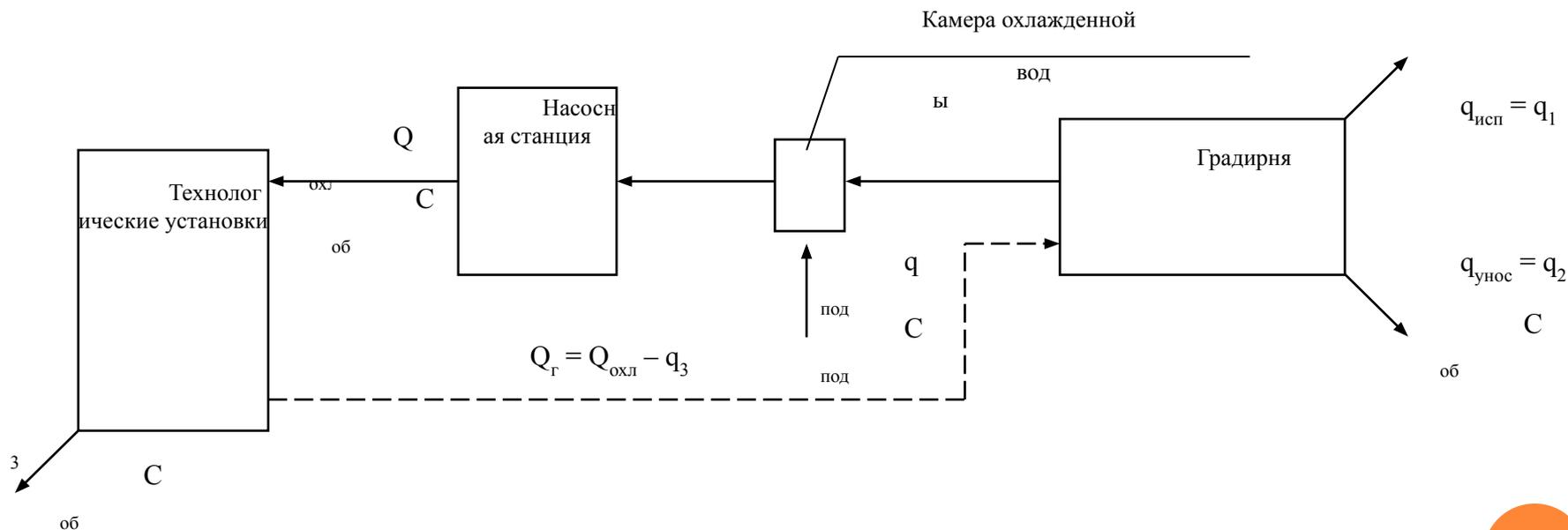


Рис. 1. Принципиальная схема оборотного водоснабжения



Расход горячей воды, поступающей с технологических установок на водяной блок Q_{Γ} , меньше на величину потерь:

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{охл}} - q_3. \quad (1)$$

Нагретая вода подается для охлаждения на градирни. В процессе охлаждения воды на градирне, часть ее испаряется – q_1 , другая часть теряется в виде капель – q_2 . Суммы потерь воды на охладителе называются безвозвратными потерями.

Величина потерь воды на испарение – q_1 определяется по СНиП 2.04.02-84* по формуле

$$q_1 = K_{\text{исп}} \cdot \Delta t \cdot Q_{\Gamma}, \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где $\Delta t = t_{\text{гор}} - t_{\text{охл}}$ – перепад температуры воды, определяемый как разность температур воды, поступающей на охладитель (пруд, брызгальный бассейн или градирню) $t_{\text{гор}}$ и охлажденной воды $t_{\text{охл}}$, °С;

Q_{Γ} – расход оборотной воды, м³/ч;

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи испарением в общей теплоотдаче, в зависимости от температуры воздуха (по сухому термометру):

Температура воздуха по сухому термометру	0° С	10 °С	20 °С	30 °С	40 °С
Значения коэффициента $K_{\text{исп}}$ для градирен и брызгальных бассейнов	0, 001	0, 0012	0, 0014	0, 0015	0, 0016



Потери воды в системе обратного водоснабжения удобнее выражать в процентах от производительности системы. Процент потери на испарение от расхода горячей воды Q_{Γ} обозначается P_1 и определяется по формуле:

$$P_1 = \frac{q_1}{Q_{\Gamma}} \cdot 100 \quad (3)$$

Процент потерь на испарение от расхода охлажденной воды $Q_{\text{охл}}$ обозначается и определяется по формуле

$$\frac{q_1}{Q_{\text{охл}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Величина капельного уноса q_2 определяется типом охладителя, конструкцией водоуловителя и принимается в процентах P_2 от расхода горячей воды Q_{Γ} подаваемого на охладитель (табл. 1).



Таблица 1

Потери воды на капельный унос

Охладитель	Потери воды P_2 вследствие капельного уноса, % от расхода охлаждаемой воды
Вентиляторные градирни с водоуловительными устройствами:	
при отсутствии в оборотной воде токсичных веществ	0,1÷0,2
при наличии токсичных веществ	0,05
Башенные градирни без водоуловительных устройств и оросительные теплообменные аппараты	0,5÷1
Башенные градирни с водоуловительными устройствами	0,01÷0,05
Открытые и брызгальные градирни	1÷1,5
Брызгальные бассейны производительностью, м ³ /ч:	
до 500	2÷3
свыше 500 до 5000	1,5÷2
свыше 5000	0,75÷1
Примечание. Меньшие значения потерь надлежит принимать для охладителей большей производительности, а также для расчетов обработки охлаждающей воды в целях предотвращения карбонатных отложений.	



Расход q_2 определяется по формуле

$$q_2 = \frac{Q_{\Gamma} \cdot P_2}{100}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (5)$$

Процент потерь на капельный унос от расхода охлажденной воды $Q_{\text{охл}}$ обозначается P'_2 и определяется по формуле

$$P'_2 = \frac{q_2}{Q_{\text{охл}}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Аналогично процент потерь оборотной воды на технологических установках от расхода охлажденной воды $Q_{\text{охл}}$ определяется по формуле

$$P_3 = \frac{q_3}{Q_{\text{охл}}} \cdot 100\%. \quad (7)$$

В значение q_3 входят все виды потерь оборотной воды: в охлажденном и нагретом виде, в систему канализации или другие оборотные системы и называется продувкой оборотной системы. Следовательно, P_3 является процентом воды на продувку. Для восполнения указанных потерь воды в оборотную систему добавляется речная вода, которая называется подпиткой оборотной системы и определяется по формуле

$$q_{\text{подп}} = q_1 + q_2 + q_3. \quad (8)$$



Расход подпитки $q_{\text{подп}}$, представленный в процентах от охлажденной воды, подаваемой на технологические установки, называется процентом подпитки и определяется из выражения

$$P = \frac{q_{\text{подп}}}{Q_{\text{охл}}} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Подставим в формулу (8) значения входящих в нее величин, выраженных через процент потерь:

$$\frac{P \cdot Q_{\text{охл}}}{100} = \frac{P'_1 \cdot Q_{\text{охл}}}{100} + \frac{P'_2 \cdot Q_{\text{охл}}}{100} + \frac{P_3 \cdot Q_{\text{охл}}}{100}.$$

Разделив все значения уравнения на величину $Q_{\text{охл}}/100$, получим:

$$P = P'_1 + P'_2 + P_3. \quad (10)$$

Таким образом, получено уравнение водного баланса оборотной системы, выраженное в процентах. Все значения процентов отнесены к расходу охлажденной воды $Q_{\text{охл}}$.

Одним из важных показателей эффективности оборотной системы является процент водооборота, показывающий процент количества воды, повторно подаваемого на технологические установки. Процент водооборота P_4 определяется по формуле

$$P_4 = 100 - (P'_1 + P'_2 + P_3). \quad (11)$$



Проанализируем зависимость величины процента водооборота от составляющих потери воды системой. Процент испарения P_1 , как видно из формулы (2), зависит от температурного перепада Δt , который по условиям работы системы изменяется в пределах $5...15^\circ\text{C}$. Следовательно, для летнего периода года при $t_c = 40^\circ\text{C}$ P_1^{\min} и P_1^{\max} определяются из выражения:

$$P_1^{\min} = \frac{(0,0016 \cdot 5^\circ\text{C})}{100} = 0,8\%, \quad P_1^{\max} = \frac{(0,0016 \cdot 15^\circ\text{C})}{100} = 2,4\%.$$

Процент капельного уноса на вентиляторных градирнях с каплеуловителями: $P_2 = 0,1...0,2\%$.

Процент потерь воды на технологические установки P_3 зависит от типов и количества технологических насосов и другого оборудования и изменяется в достаточно широком диапазоне: $P_3 = 2...7\%$

Из вышеизложенного следует, что минимальный процент потерь оборотной воды составляет:

$$P_{\min} = 0,8 + 0,1 + 2 = 2,9\%,$$

максимальный процент потерь

$$P_{\max} = 2,4 + 0,2 + 7 = 9,6\%.$$

Соответственно процент водооборота:

$$P_4^{\max} = 100 - P_{\min} = 100 - 2,9 = 97,1\%,$$

$$P_4^{\min} = 100 - P_{\max} = 100 - 9,6 = 90,4\%.$$



Эффективность системы оборотного водоснабжения как видно из приведенных расчетов, определяется величиной продувки P_3 . Обратные системы НПЗ имеют процент водооборота $P_4 = 94 \div 98\%$. Максимальный процент водооборота, как следует из формулы (2.11), имеет место при $P_3 = 0$. Такая система называется оборотной системой без сброса стоков, процент водооборота которой зависит только от потерь воды на охладителе. Это достигается переводом системы охлаждения подшипников и уплотнения сальников технологических насосов с прямоточной системы водоснабжения на закрытую.

$$P_4 = 100 - (P_1 + P_2).$$

Максимальное и минимальное значения процента водооборота такой оборотной системы составит:

$$P_4^{\max} = 100 - (0,8 + 0,1) = 99,1\%,$$

$$P_4^{\min} = 100 - (2,4 + 0,2) = 97,4\%.$$

В результате испарения части воды повышается концентрация минеральных солей, растворенных в воде оборотных систем. Некоторое количество концентрированных солей выводится с продувочной водой. Обозначим концентрацию солей в воде оборотной системы $C_{об}$ и через $C_{под}$ – концентрацию солей в подпиточной воде. Количество солей, выводимых из системы, составит:

$$C_{об} \cdot (q_2 + q_3).$$



Количество солей, вводимых с речной водой, составит:

$$C_{\text{под}} \cdot Q_{\text{подп}}$$

Солесодержание оборотной воды стабилизируется при условии равенства количества выводимых солей количеству вводимых (баланс солей):

$$C_{\text{под}} \cdot Q_{\text{подп}} = C_{\text{об}} \cdot (q_2 + q_3) \quad (12)$$

Учитывая уравнения (5)...(8), баланс солей по формуле (12) можно представить в обобщенном виде для любой оборотной системы:

$$C_{\text{подп}} \cdot P = C_{\text{об}} (P_2 + P_3)$$

или

$$C_{\text{подп}} \cdot (P'_1 + P'_2 + P'_3) = C_{\text{об}} \cdot (P - P_1). \quad (13)$$

Из формулы (13) следует:

$$\frac{C_{\text{об}}}{C_{\text{подп}}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P - P_1}. \quad (14)$$

Из условия «упаривания» воды в оборотной системе: $C_{\text{об}}$ всегда больше $C_{\text{подп}}$.

Обозначим:

$$\frac{C_{\text{об}}}{C_{\text{подп}}} = K_{\text{к}}, \quad (15)$$



где K_k – коэффициент концентрирования растворимых минеральных солей в оборотной воде при условии исключения выпадения их в осадок.

Тогда формула (14) запишется:

$$K_k = \frac{P}{P - P_1} = \frac{1}{\left(1 - \frac{P_1}{P}\right)}. \quad (16)$$

Для вышеприведенных примеров расчета оборотных систем водооборота коэффициенты концентрирования составят:

– для оборотных систем со сбросом стоков ($P_3 > 0$):

$$K_k^{\min} = \frac{9,6}{9,6 - 2,4} = 1,33,$$

$$K_k^{\max} = \frac{2,9}{2,9 - 0,8} = 1,38,$$

– для оборотных систем без сброса стоков ($P_3 = 0$):

$$K_k^{\min} = \frac{0,9}{0,9 - 0,8} = 9,$$

$$K_k^{\max} = \frac{2,6}{2,6 - 0,2} = 13.$$

Коэффициент концентрирования не зависит от процента водооборота: при $P_4^{\max} = 97,4$, $K_k^{\max} = 1,38$ для первого случая и при $P_4^{\max} = 97,4$, $K_k^{\max} = 13$ для второго случая.

Коэффициент концентрирования зависит от доли процента испарения от общих потерь, т.е. от отношения P_1/P для оборотной системы со сбросом стоков.

Для оборотной системы без сброса стоков формула (16) преобразуется:

$$K_k = \frac{P_1 + P_2}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{P_1 + P_2}{P_2} = \frac{P_1}{P_2} + 1. \quad (17)$$

Уравнение (17) показывает, что коэффициент концентрирования оборотных систем без сброса стоков увеличивается при росте температурного перепада Δt или при уменьшении процента капельного уноса P_2 . В данной системе капельный унос выполняет функцию вывода концентрированных солей, т.е. продувки системы.



Прогнозирование химического состава воды оборотной системы

Солевой баланс имеет большое значение для эксплуатации систем оборотного водоснабжения. Концентрация тех или иных солей изменяется в зависимости от их растворимости и водного режима системы. Соли, поступающие в систему оборотного водоснабжения, можно разделить на две основные группы:

I – соли, хорошо растворимые и не выпадающие в осадок (хлориды калия, натрия, магния);

II – соли, которые вследствие недостаточной растворимости могут выпадать в осадок (сульфат и бикарбонат кальция)

Соли II группы представляют особый интерес, поскольку, выпадая в осадок в теплообменных аппаратах, трубопроводах и градирнях, создают затруднения при эксплуатации системы оборотного водоснабжения. На процесс отложения солей влияет сезонное изменение химического состава подпиточной воды.

Поэтому для правильного выбора режима обработки оборотной воды необходимо прогнозирование изменения химического состава оборотной воды в течение года. На основании закона концентрирования солей в оборотной воде можно определить общее солесодержание оборотной воды по уравнению

$$C_{об} = K_k \cdot C_{подп}, \quad \text{мг/л}, \quad (18)$$

где $C_{об}$ – концентрация солей в оборотной воде, мг/л;

$C_{подп}$ – концентрация солей в подпиточной воде, мг/л;

K_k – коэффициент концентрирования.



Уравнение (18) справедливо как для общей концентрации всех солей, так и для концентрации отдельных ионов при условии невыпадения их в осадок.

$$\begin{aligned}Ca_{об}^{2+} &= K_{к} \cdot Ca_{подп}^{2+}; & Mg_{об}^{2+} &= K_{к} \cdot Mg_{подп}^{2+}; \\Na_{об}^{2+} &= K_{к} \cdot Na_{подп}^{+}; & K_{об}^{+} &= K_{к} \cdot K_{подп}^{+}; \\(HCO_3^{-})_{об} &= K_{к} \cdot (HCO_3^{-})_{подп}; & Cl_{об}^{-} &= K_{к} \cdot Cl_{подп}^{-}; \\(SO_4^{2-})_{об} &= K_{к} \cdot (SO_4^{2-})_{подп}.\end{aligned}\tag{19}$$

Указанные расчеты удобнее проводить на основании среднемесячных значений каждого показателя в подпиточной воде. Коэффициент концентрирования меняется в зависимости от сезона года, так как изменяется процент испарения воды.

На основании среднемесячного химического состава подпиточной воды определяется химический состав оборотной воды по соответствующим сезонам года по уравнению (2.36). По данной методике можно произвести расчеты как для 1-й, так и для 2-й оборотной системы по соответствующим значениям $K'_{к}$ и $K''_{к}$.



Вывод формулы нарастания солей в системе оборотного водоснабжения

Перед пуском в эксплуатацию оборотная система заполняется речной водой с концентрацией солей $C_{\text{подп}}$. Обозначим объем воды в системе W .

Общее количество солей G в системе оборотного водоснабжения на данный момент определяется из выражения

$$G = W \cdot C_{\text{подп}}. \quad (1)$$

Прирост количества солей в оборотной системе в момент пуска может быть представлен следующим дифференциальным уравнением:

$$dG = C_{\text{подп}} \cdot (q_1 + q_2 + q_3)dt - C \cdot (q_2 + q_3)dt, \quad (2)$$

где dG – мгновенный прирост количества солей в системе;

C – меняющаяся концентрация солей за счет испарения.

Продифференцируем выражение (1) с учетом замены $C_{\text{подп}} = \text{const}$ на C переменную:

$$dG = WdC. \quad (3)$$

Объем воды в системе W может быть выражен через расход оборотной воды $Q_{\text{охл}}$ и продолжительность одного цикла (оборота) a .

$$W = Q_{\text{охл}} \cdot a. \quad (4)$$

Продолжительность одного цикла, т.е. одного оборота воды в системе, прямо пропорционально объему воды в системе и обратно пропорционально расходу оборотной воды $Q_{\text{охл}}$.

Решая совместно уравнения (2), (3), (4), получим:

$$aQ_{\text{охл}}dC = C_{\text{подп}}(q_1 + q_2 + q_3) dt - C(q_2 + q_3)dt. \quad (5)$$

Проведем преобразования уравнения (3), разделив правую и левую части на $Q_{\text{охл}}$, dt и a , получим:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{C_{\text{подп}}}{a} \left(\frac{q_1}{Q_{\text{охл}}} + \frac{q_2}{Q_{\text{охл}}} + \frac{q_3}{Q_{\text{охл}}} \right) - \frac{C}{a} \left(\frac{q_2}{Q_{\text{охл}}} + \frac{q_3}{Q_{\text{охл}}} \right). \quad (6)$$

Заменяя $q_1/Q_{\text{охл}}$, $q_2/Q_{\text{охл}}$, $q_3/Q_{\text{охл}}$ соответственно P_1 , P_2 , P_3 выраженные в долях единицы, уравнение (6) можно записать в виде:

$$\frac{dC}{dt} = C_{\text{подп}} \left(\frac{P_1 + P_2 + P_3}{a} \right) - \left(\frac{P_2 + P_3}{a} \right) \cdot C. \quad (7)$$

Разделив переменные, приведем уравнение (7) к виду, удобному для интегрирования:

$$\int_0^{\infty} \frac{dC}{C} = \int_0^{\infty} \left[C_{\text{подп}} \left(\frac{P_1 + P_2 + P_3}{a} \right) - \left(\frac{P_2 + P_3}{a} \right) \right] dt. \quad (8)$$

После интегрирования получаем уравнение изменения концентрации солей от времени:

$$C = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} \cdot C_{\text{подп}} - \frac{P_1}{P_2 + P_3} \cdot C_{\text{подп}} \cdot e^{-\frac{(P_2 + P_3) \cdot t}{a}}. \quad (9)$$



Преобразуем уравнение (9) с учетом (7):

$$C = C_{об} - \frac{P_1}{P_2 + P_3} \cdot C_{подп} \cdot e^{-(P_2 + P_3) \cdot \frac{t}{a}}. \quad (10)$$

$$C = C_{об} - \frac{\frac{P_1}{P_2 + P_3} \cdot C_{подп}}{e^{(P_2 + P_3) \cdot \frac{t}{a}}}. \quad (11)$$

Выражение $\frac{\frac{P_1}{P_2 + P_3} \cdot C_{подп}}{e^{(P_2 + P_3) \cdot \frac{t}{a}}}$ при $t \rightarrow \infty$ равно 0.

Таким образом, концентрация солей C достигает своего предельного значения согласно уравнению

$$C_{об} = K_k \cdot C_{подп}.$$

Закономерность изменения концентрации солей от начала пуска в эксплуатацию и время достижения предельного значения $C_{об}$ приведены на рис. 2.



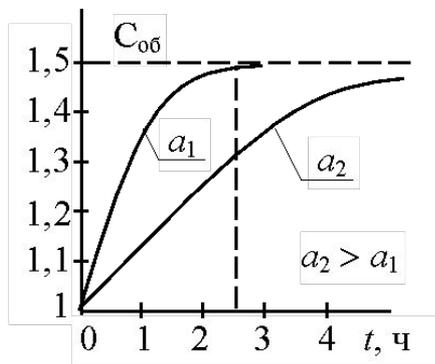


Рис. 2.2. Зависимость нарастания солесодержания оборотной воды от времени оборота

Из графика следует, что время установления предельной концентрации $C_{об}$ повышается с увеличением времени оборота « a ». Время оборота в системах оборотного водоснабжения с градирнями не превышает 1÷3 часов, а в системах оборотного водоснабжения с прудами-охладителями – более 100 ч. Время работы оборотных систем без замены воды – более 10000 ч, поэтому нарастание солей в оборотных системах следует считать



Принципы деления оборотного водоснабжения на системы

Различие технологических установок по температуре охлаждения продукта, по требованию к качеству оборотной воды, а также по степени ее загрязнения в процессе использования обуславливает необходимость деления единого оборотного водоснабжения на системы.

В основу деления оборотного водоснабжения нефтеперерабатывающих заводов были приняты следующие признаки:

- загрязненность оборотной воды в процессе использования;
- температура охлаждения продукта.

Согласно «Ведомственным указаниям по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистке сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности» (ВУТП-97. Министерство топлива и энергетики РФ. Москва, 1997 г.), на заводах проектируются системы оборотного водоснабжения:

- а) 1-я – для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при атмосферном давлении находятся в жидком состоянии;
- б) 2-я – для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при атмосферном давлении находятся в газообразном состоянии;
- в) 2а-система водоснабжения – для конденсаторов паровых турбин установок ЛК-6У и ТЭЦ с выделением в самостоятельные оборотные циклы.
- г) 4-я – для аппаратов, в которых возможно загрязнение охлаждающей воды парафином и жирными кислотами;
- д) отдельные специальные оборотные циклы для производств сс специфическими веществами, которые могут загрязнять оборотную воду (серная кислота и др.).

Третья оборотная система на новых установках АВТ не проектируется, так как барометрический конденсатор смешения заменен на поверхностный (кожухотрубный) и обеспечивается водой первой системы оборотного водоснабжения.

В приведенном выше делении оборотного водоснабжения на системы полностью учитывается первый признак деления – по загрязненности оборотной воды в процессе использования. По условиям деления на системы во вторую оборотную систему были отнесены продукты переработки с температурой охлаждения не выше 40°C (пропан, бутан, углеводородные газы), а также воздушные компрессоры для системы пневмоавтоматики завода, воздушные компрессоры на технологических установках и аммиачные конденсаторы, температура охлаждения которых не выше 35°C . В процессе эксплуатации второй оборотной системы выявилась устойчивая тенденция к загрязненности оборотной воды нефтепродуктом. Поэтому на нефтеперерабатывающих заводах по условиям эксплуатации произошло выделение воздушных компрессорных и аммиачных конденсаторов в отдельную оборотную систему. Данное разделение не противоречит нормам проектирования. В отдельных оборотных системах, при соответствующем технико-экономическом обосновании, допускается применение радиаторных (сухих) градирен с заполнением системы и пополнением потерь в ней умягченной водой или конденсатом.

На нефтеперерабатывающих заводах устраиваются две основные системы канализации:

I – для отведения и очистки производственно-ливневых сточных вод, которые после очистки используются для пополнения оборотных систем водоснабжения;

II – для отведения и очистки загрязненных нефтепродуктами, реагентами, солями и другими органическими и неорганическими веществами сточных вод (стоки ЭЛОУ, сернисто-щелочные, подтоварные воды сырьевых парков, соледержащие стоки от продувки котлов-утилизаторов и др.), которые после очистки и доочистки направляются на ликвидацию или в водоем.



Нормы качества подпиточной и оборотной воды

Ведомственные указания по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности устанавливают нормы качества подпиточной воды, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Норма качества подпиточной воды

Ингредиенты	Единицы измерения	Значения (не более)
1. Нефтепродукты	мг/л	1,5
2. Взвешенные вещества	мг/л	25
3. Взвешенные вещества (паводок)	мг/л	100
4. Сульфаты	мг/л	130
5. Хлориды	мг/л	50
6. Общее солесодержание	мг/л	500
7. Карбонатная жесткость	мг-экв/л	2,5
8. Некарбонатная жесткость	мг-экв/л	3,3
9. БПК ₅	мгО ₂ /л	6,0
10. БПК _{полн}	мгО ₂ /л	10,0
11. pH	мгО ₂ /л	7÷8,5



При использовании для подпитки в оборотных системах бытовых стоков качество подпиточной воды должно отвечать требованиям «Методических указаний по гигиенической оценке использования доочищенных городских сточных вод в промышленном водоснабжении», № 3224-85, Минздрав СССР. При солесодержании подпиточной воды более 500 мг/л производится сравнение варианта снижения солесодержания подпиточной воды с вариантом применения увеличенной продувки оборотной воды и принимается наиболее рациональный вариант. Качество оборотной воды I системы при возврате в оборот биохимически очищенных стоков I системы канализации приведено в табл. 2.

Таблица 2

Качество оборотной воды 1-й системы

Ингредиенты	Единица измерения	Значения (не более)
1. Нефтепродукты	мг/л	25
2. Взвешенные вещества	мг/л	25
3. Сульфаты	мг/л	500
4. Хлориды	мг/л	300
5. Общее солесодержание	мг/л	2000
6. Карбонатная жесткость	мг-экв/л	5
7. Некарбонатная жесткость	мг-экв/л	15
8. БПК ₅	мгО ₂ /л	15
9. БПК _{полн}	мгО ₂ /л	25
10. pH		7÷8,5



Нормами предусматривается обязательная комплексная обработка оборотной воды при возврате очищенных стоков для предупреждения накипеобразования, коррозии и биологических обрастаний. Подпитка 2-й оборотной системы рекомендуется свежей водой, качество которой соответствует табл. 1. Качество оборотной воды 2-й системы отличается от 1-й оборотной системы только по содержанию нефтепродуктов:

- на вновь проектируемых заводах должно быть отсутствие нефтепродуктов;
- на действующих предприятиях содержание нефтепродуктов должно быть не более 15 мг/л.

Качество биохимически очищенных стоков I системы канализации НПЗ, направляемых на подпитку оборотной системы, приведено в табл. 3.

Таблица 3

Нормы качества биохимически очищенных стоков

Ингредиенты	Единицы измерения	Значения (не более)
1. Нефтепродукты	мг/л	1,5
2. Взвешенные вещества	мг/л	25
3. БПК ₅	мг O ₂ /л	20
4. БПК _{полн}	мг/л	20
5. Растворенный кислород	мг/л	2, не менее
6. Фенолы	мг/л	0,05
7. pH		6,9÷8,5



Нормы качества оборотной воды должны отвечать требованиям потребителя, которым являются теплообменные аппараты (холодильники). Как было показано выше, качество оборотной воды по взвешенным веществам и нефтепродуктам не обеспечивает нормальной работы кожухотрубного холодильника за межремонтный период (10–11 месяцев). Это объясняется тем, что нормы качества оборотной воды (табл. 2) были разработаны для систем охлаждения, оборудованных погружным холодильниками, и не изменились после перехода на кожухотрубные. Соответствие химического состава оборотной воды будет рассмотрено в разделах по коррозии и накипеобразованию. Представляет интерес сопоставление норм качества оборотных систем НПЗ с другими отраслями промышленности. В табл. 4 приведены требования к качеству воды оборотных систем в химической промышленности.



Таблица 4

Качество воды охлаждающих систем в химической промышленности

Ингредиенты	Единицы измерения	Оборотная вода	Подпиточная вода	
			при работе с продувкой	при работе без продувки
1. Жесткость карбонатная	мг-экв/л	2,5	2	0,9
2. Жесткость не карбонатная	мг-экв/л	5	4	1,9
3. Общее солесодержание	мг/л	1200	900	445
4. Хлориды	мг/л	300	237	112
5. Сульфаты	мг/л	350-500	277÷395	119÷187
6. Сумма фосфора и азота	мг/л	3	2,4	1,1
7. Взвешенные вещества	мг/л	30	23,6	11,2
8. Окисляемость перманганатная	мгО ₂ /л	8-15	11,8÷12,8	3÷5,7
9. ХПК	мгО ₂ /л	70	55	26
10. Масло и смолообразующие	мг/л	0,3	0,25	0,1



По химическому составу нормы качества в химической промышленности соответствуют нормам на нефтеперерабатывающих заводах.

Весьма существенное отличие в требованиях к содержанию органических загрязнений, в том числе и к содержанию масел и смолообразующих веществ. Так, по содержанию биологически окисляемых органических продуктов требования в химической промышленности определяются перманганатной окисляемостью в пределах 8–15 мг/л, что ориентировочно соответствует $\text{БПК}_{\text{полн}} = 3$ мг/л. В нормах для оборотных систем нефтеперерабатывающего завода допускается $\text{БПК}_{\text{полн}} = 25$ мг/л. Если в нормах для НПЗ содержание нефтепродуктов допускается до 25 мг/л, то в химической промышленности (табл. 4) содержание масла и смолообразующих — только 0,3 мг/л. Это объясняется тем фактом, что в химической промышленности широко используются пластинчатые холодильники специальной конструкции.

В табл. 5 приведены данные качества оборотной воды по отраслям промышленности в России и зарубежных странах.

Из анализа данных табл. 5 следует отметить весьма высокие требования, принятые в США. По химсоставу они практически соответствуют нормам качества подпиточной воды для НПЗ. Содержание взвешенных веществ устанавливают не более 5 мг/л и отсутствие нефтепродуктов.



Нормы качества воды оборотных систем

Показатели качества	Ед. измерения	В России		В странах Европы	В США
		азотная промышленность	хлорная промышленность		
Температура	t°С	28-30	25-30	25-28	-
Жесткость общая	г-экв/м ³	1,5-2,5	5,5	≤ 7	-
Жесткость карбонатная	г-экв/м ³	1,5-2,5	≤ 3	1,5-2,5	2,5-5,0
Щелочность	г-экв/м ³	-	2-4	2-4	2,5
Общее солесодержание	г/м ³	1200	800-1200	2000	500
Окисляемость перманганатная	г O ₂ /м ³	≤ 15	8-10	≤ 20	-
ХПК	г O ₂ /м ³	70	70	-	75
Взвешенные вещества	г/м ³	20-30	10-20	10-20	5
Масло и смолообразующие вещества	г/м ³	0,3	0	20	-
ПАВ	г/м ³	0	0	-	-
Анионы	г/м ³	0	0	-	-
- хлоридов	г/м ³	до 350	150÷300	до 350	500
- сульфатов	г/м ³	≥ 500	350-500	≥ 500	200
- фосфатов (в пересчете на PO ₄ ³⁻)	г/м ³	≥ 6	1,5-9	≥ 12	-
- соединений азота (в пересчете на аммиак)	г/м ³	≥ 2,4	0,12-2,4	≥ 36	-
- ионы тяжелых метал.	г/м ³	-	0	-	-
Растворенный кислород	г O ₂ /м ³	-	6-8	6-8	-
Остаточный активный хлор	г/м ³	-	до	1,0	-
pH		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5