

УДК 664.1:628.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ
ОБРАБОТКЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ I КАТЕГОРИИ НА МО-
ДЕЛИ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ

А.И.Сорокин

Задача снижения потребления свежей воды и сброса сточных вод в свеклосахарном производстве является одной из актуальных. Наряду с совершенствованием технологии производства сахара из свеклы эта задача должна решаться также путем создания замкнутых систем производственного водоснабжения, в которых сброс сточных (продувочных)

вод минимальный или полностью исключен, а свежая вода используется только для восполнения безвозвратных потерь.

Применяемая в настоящее время на сахарных заводах оборотная система охлаждающего водоснабжения главного корпуса, т.е. оборотная система вод I категории, эксплуатируется в режиме с продувкой, величина которой значительно превышает нормативную.

Перевод этой системы на режим работы с минимальной продувкой или на беспродувочный режим, требует решения вопросов по стабилизационной обработке оборотной воды.

Известно [1], что в практике эксплуатации охлаждающих оборотных систем для этой цели применяются различные методы и способы, которые направлены на предотвращение солевых отложений, коррозии оборудования и трубопроводов, биологических обрастаний и накопления механических примесей.

Однако применение этих методов для стабилизации качества оборотных вод I категории по техническим, санитарным и экономическим соображениям является не совсем приемлемым.

Оборотная система вод I категории сахарного завода, как известно, имеет свои особенности. Они заключаются в том, что процесс отведения тепла 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 нарушению стабильности; 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 коррозии, а также взвеси биологического происхождения.

В связи с этим для решения вопроса по стабилизационной обработке оборотных вод I категории при замкнутом режиме работы системы возникла необходимость в проведении экспериментальных исследований, которые были проведены ВНИИСПом на модели оборотной системы вод

I категории, смонтированной на Яготинском сахарном заводе им.Ильича (экспериментальное производство).

При разработке модели оборотной системы вод I категории были учтены рекомендации [2], в которых изложены условия моделирования охлаждающих оборотных систем. Одним из основных условий такого моделирования является соответствие способов нагрева, охлаждения и обработки оборотной воды на модели и в производственных условиях.

Аппаратурное оформление модели оборотной системы вод I категории представлено на рис.1. Модель оборотной системы включает: напорный сборник охлажденной оборотной воды, барометрический конденсатор смешения, ящик-гидрозатвор барометрического конденсатора, охладитель оборотной воды, оборудованный вентилятором марки ЦЮ-28 № 4, напорный песчаный фильтр с эжекторной системой промывки.

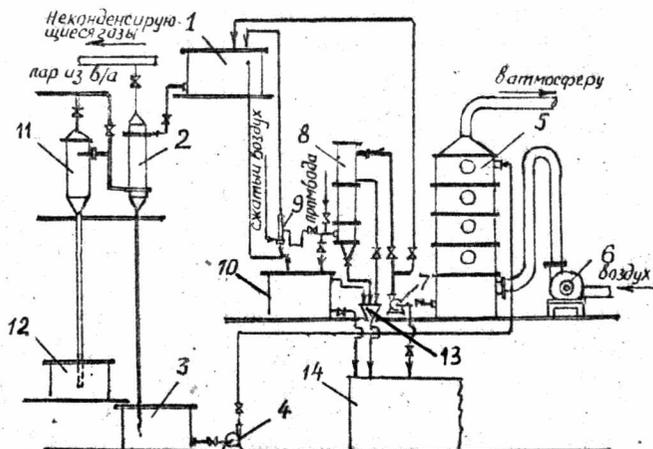


Рис.1. Схема модели оборотной системы вод I категории сахарного завода:

1 - напорный сборник охлажденной оборотной воды; 2 - барометрический конденсатор; 3 - ящик-гидрозатвор барометрического конденсатора; 4, 7 - насосы марки I, 5 К-6; 5 - охладитель; 6 - вентилятор марки ЦЮ-28 № 4; 8 - напорный песчаный фильтр с эжекторной системой промывки; 9 - эрлифт; 10 - измерительный бачок; 11 - сепарационная ловушка; 12 - ящик-гидрозатвор сепарационной ловушки; 13 - воронка; 14 - барометрический ящик (крайне важный)

С целью отделения из парового потока капель и брызг полудроп- дуктов производства на паропроводе перед барометрическим конденса- тором (на байпасной линии) была смонтирована сепарационная ловушка, оборудованная отдельным ящиком-гидрозатвором.

Подача теплой воды на охладитель, охлажденной воды на напорный сборник осуществлялась с помощью насосов марки I,5K-6, осветленной воды после фильтра на напорный сборник - с помощью эрлифта.

Вывод из системы избыточной оборотной воды и измерение ее коли- чества производились с помощью измерительного бачка. Добавка свежей воды в систему осуществлялась через бачок-расходомер в напорный сбор- ник охлажденной оборотной воды.

Исследования* на модели оборотной системы проводились по двум схемам использования воды в системе. Первая предусматривала аналогию ее с использованием воды в оборотной системе вод I категории сахар- ного завода, вторая - наряду с аналогией использования воды в произ- водственной системе фильтрование части оборотной воды после охлади- теля** с возвратом фильтрата (осветленной воды) в оборотную систему, а также сепарацию вторичного пара из вакуум-аппаратов при поступле- нии его в барометрический конденсатор.

Перед пуском модели оборотной системы в работу ее заполняли прудовой водой, показатели качества которой определяли путем химичес- кого анализа. Затем включали в работу барометрический конденсатор, охладитель и насосы по перекачке теплой воды на охладитель и охла- денной воды на напорный сборник.

Пуск в работу напорного фильтра с эжекторной системой промывки и сепарационной ловушки вторичного пара производили при переходе ра- боты модели на вторую схему использования воды в оборотной системе.

При проведении исследований на модели регистрировали показатели водно-химического режима работы оборотной системы: величину потерь оборотной воды в системе; величины добавок воды в систему - "скрытой подпитки" и подпитки свежей водой; коэффициент упаривания и коэффи- циенты концентрирования отдельных ионов - Ca, Mg, Ca ; процент оборота системы; динамику изменения показателей качества оборотной воды при ее рециркуляции в оборотной системе.

* В проведении исследований принимали участие: ведущий инженер ВНИИСП (Хайлов В.И.) и ст. инженер Яготинского сахарного заво- да им. Ильича Проценко Т.Ф.

** На напорном осветлительном фильтре.

Добавочная (подпиточная) вода в систему поступала в виде "скрытой подпитки" - конденсата вторичного пара и свежей воды (прудовой), которую добавляли в напорный сборник в случаях понижения в нем уровня воды. Модель оборотной системы работала в беспродувочном режиме за исключением нескольких случаев, когда величина "скрытой подпитки" превышала количество воды, испаряющейся в охладителе.

Контроль за расходом оборотной воды, поступающей на барометрический конденсатор и охладитель, осуществляли при помощи пропорциональных водосливов, которыми были оборудованы вертикальные перегородки в напорном сборнике и ящике-гидрозатворе. Высоту напора воды перед пропорциональным водосливом регистрировали напоромерами типа ДМКФ-Т в комплекте с вторичными записывающими приборами.

Расход воды на осветлительный фильтр измеряли с помощью счетчика холодной воды типа УВК, смонтированного на напорной коммуникации, по которой охлажденная вода из охладителя насосом подавалась на фильтр.

Величину "скрытой подпитки" определяли расчетом на основании теплового баланса работы барометрического конденсатора по формуле:

$$G = \frac{W \cdot c_B \cdot (t_K - t_H)}{i_n - c_B \cdot t_K} \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где: W - расход оборотной воды на конденсатор, кг/ч;
 c_B - теплоемкость воды, кДж/К;
 t_H, t_K - температура оборотной воды до и после конденсатора, °С;
 i_n - удельная энтальпия пара, поступающего на конденсатор, кДж/кг.

Потери оборотной воды, вызванные ее испарением на охладителе, определяли расчетом на основании данных по расходу охлаждающего воздуха, подаваемого на охладитель, а также температуре и влажности воздуха до и после охладителя по формуле [3]:

$$W_{исп.охл.} = G_B (d_K - d_H) \cdot 10^{-3} \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где: G_B - расход охлаждающего воздуха, кг/ч
 d_H, d_K - соответственно влагосодержание охлаждающего воздуха до и после охладителя, г/кг.

Пересчет расхода охлаждающего воздуха с м³/ч на кг/ч производили по формуле:

$$G_B = \frac{G'_B}{\rho_{см}} \text{ кг/ч}, \quad (3)$$

где: $G'v$ - расход охлаждающего воздуха, м³/ч;

$\rho_{вж}$ - плотность влажного воздуха, кг/м³;

Плотность влажного воздуха ($\rho_{вж}$) подсчитывали по формуле [3].

$$\rho_{вж} = \frac{1,293 \cdot 273}{273 + t} \times (1 - 0,378 \frac{\rho_{вн}}{B}) \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

где: $\rho_{вн}$ - парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе, Па,

B - барометрическое давление, Па,

t - температура влажного воздуха, °С.

Влагодержание охлаждающего воздуха (d) до и после охладителя рассчитывали по формуле [3]

$$d = 822 \frac{\rho_{вн}}{B - p_n} \text{ г/кг}, \quad (5)$$

где: $\rho_{вн}$ - парциальное давление водяного пара в воздухе, Па

$$\rho_{вн} = \frac{\varphi \cdot p_n}{100} \text{ Па}, \quad (6)$$

где: φ - относительная влажность воздуха, %;

p_n - парциальное давление насыщенного водяного пара в воздухе, Па, определяли по таблице I-24 [3].

При проведении исследований пробы воды отбирали до и после охладителя. В отобранных пробах определяли активную реакцию среды (рН), общую щелочность, общую жесткость, соли Ca²⁺ и Mg²⁺, аммиак, хлориды, сульфаты, плотный остаток, бихроматную окисляемость (ХПК), взвешенные вещества и стабильность.

Результаты исследований модели оборотной системы вод I категории в беспродувочном режиме работы по двум схемам использования воды в системе приведены в табл. I, на рис.2-5.

Таблица I

Показатели водно-химического режима работы модели оборотной системы

Показатели	Единица измерения	Значения показателей	
		схема без стабилизационной обработки оборотной воды	схема со стабилизационной обработкой оборотной воды
I	2	3	4
Расход оборотной воды	м ³ /ч	5,2	4,85

Продолжение табл. I

I	2	3	4
Скрытая подпитка системы	% к расходу оборотной воды	3,88	3,51
Подпитка системы прудовой воды	"-	1,15	0,91
Потери оборотной воды при испарительном охлаждении	"-	4,02	3,52
Коэффициент концентрирования:	ед.		
-по упариванию воды, K_b		4,98	4,91
-по концентрированию солей, K_{Ca}		4,92	4,85
K_{Mg}		4,86	4,88
K_{Ca}		4,44	4,83
Процент оборота системы, P	%	95,2	95,8

Из данных табл. I видно, что величина подпитки (сумма "скрытой подпитки" и подпитки прудовой воды) для обеих схем использования воды в системе превышает величину потерь оборотной воды при испарительном охлаждении. Это объясняется тем, что потери оборотной воды в системе вызваны не только испарением, но и брызгоуносом на охладителе, а также каплями при перекачке воды насосами.

Численные значения коэффициентов концентрирования, определенные по упариванию воды, а также на основании химического анализа оборотной и добавочной вод показывают, что эти коэффициенты незначительно отличаются друг от друга. Однако в схеме без стабилизационной обработки воды коэффициент K_{Ca} по сравнению с коэффициентом K_b , K_{Ca} , K_{Mg} имеет меньшую величину. Это указывает на то, что в оборотной системе при использовании воды по схеме без стабилизационной обработки, имеет место отложение солей временной жесткости, хотя и незначительные. Объясняется это, видимо, тем, что удельная добавка прудовой воды при работе по этой схеме была выше, чем при работе по схеме со стабилизационной обработкой воды.

Данные табл. I подтверждают тот факт, что при беспрудовочном

режиме работы оборотной системы подпитка системы должна осуществляться водой с низким содержанием, т.е. конденсатами.

На рис.2 и 3 представлены кривые, характеризующие динамику изменения показателей качества оборотной воды в зависимости от длительности рециркуляции при схеме использования воды в системе без стабилизационной обработки. Из характера кривых видно, что при беспроductном режиме работы со схемой использования воды в системе без стабилизационной обработки показатели качества ее: щелочность, жесткость, стабильность, бихроматная окисляемость (ХПК), а также содержание в воде хлоридов, сульфатов и взвешенных веществ с увеличением длительности рециркуляции повышаются.

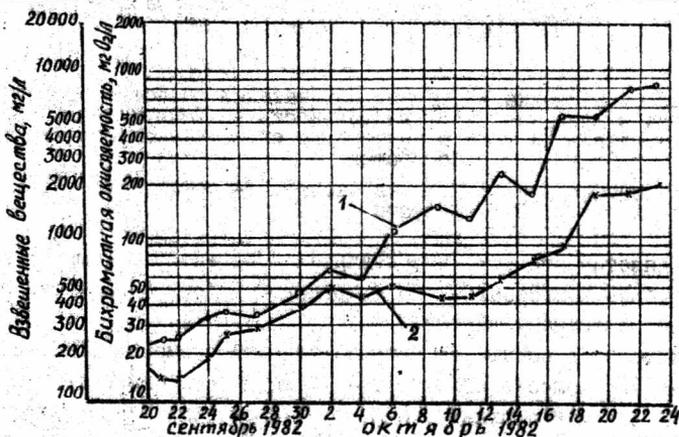


Рис.2. Динамика изменения концентрации взвешенных веществ и ХПК в оборотной воде в зависимости от длительности ее рециркуляции при использовании воды в системе без стабилизационной обработки

1 - ХПК; 2 - взвешенные вещества

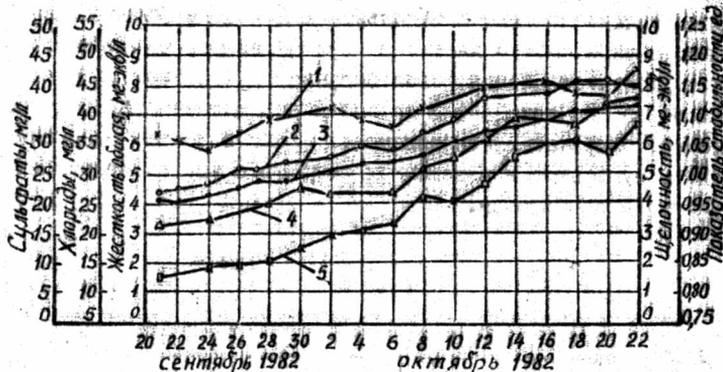


Рис.3. Динамика изменения показателей качества оборотной воды в зависимости от длительности ее рециркуляции при использовании воды в системе по схеме без стабилизационной обработки

1 - стабильность; 2 - жесткость, 3 - общая жесткость; 4 - хлориды; 5 - сульфаты

Объясняется это тем, что подпитка оборотной системы осуществлялась не только конденсатом, но и прудовой водой, содержащей соли, органические вещества и взвеси.

Значительное повышение бихроматной окисляемости (ХПК) и содержания взвешенных веществ объясняется также и тем, что с подпиточной (прудовой) водой и с охлаждающим воздухом в систему поступали полупродукты производства в виде капель, которые транспортировались несепарированным паровым потоком в барометрический конденсатор.

К концу проведения экспериментов на модели окисляемость оборотной воды достигла значений 9700 мг O_2/l , по содержанию взвешенных веществ 1950 мг/л, причем взвеси представляли собой хлопьевидные образования, окрашенные в коричневый цвет и придающие воде специфическую окраску.

Таким образом, работа оборотной системы вод I категории в беспрудовочном режиме по схеме использования воды без стабилизационной обработки не представляется возможной из-за значительного накопления

в оборотной воде органических веществ, определяемых по ХПК, а также взвешенных веществ, присутствие которых в оборотной воде может вызывать значительные затруднения в эксплуатации охладителя (градирни) и отрицательно повлиять на тепловой режим работы оборотной системы.

На рис. 4 и 5 приведены кривые, характеризующие динамику изменения показателей качества оборотной воды в зависимости от длительности ее рециркуляции в системе со схемой использования воды, предусматривающей ее стабилизационную обработку. Характер кривых показывает, что за период испытаний качество оборотной воды в системе изменяется незначительно и, в основном, остается на уровне, которому соответствуют показатели качества оборотной воды в начальный период испытаний.

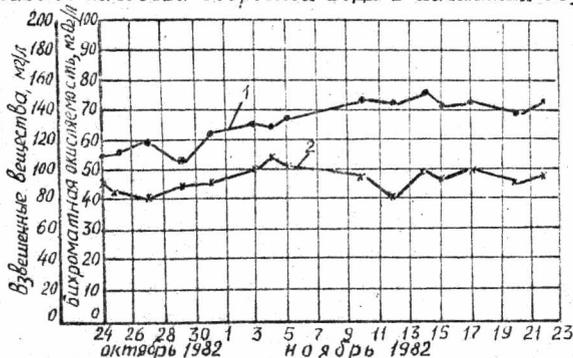


Рис. 4. Динамика изменения концентрации взвешенных веществ и ХПК в зависимости от длительности ее рециркуляции при использовании воды в системе со схемой со стабилизационной обработкой
1 - ХПК; 2 - взвешенные вещества

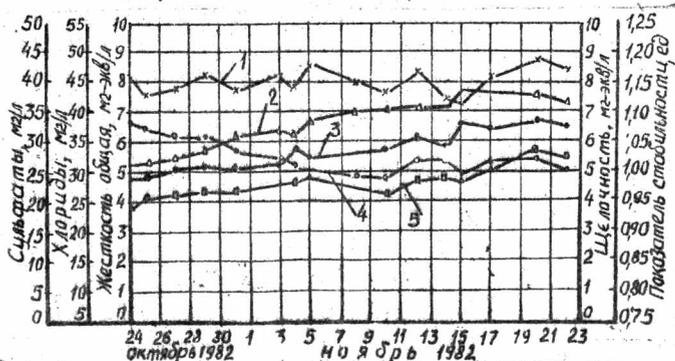


Рис. 5. Динамика изменения показателей качества оборотной воды в зависимости от длительности ее рециркуляции при использовании воды со схемой со стабилизационной обработкой
1 - стабильность; 2 - щелочность; 3 - общая жесткость; 4 - хлориды; 5 - сульфаты

Результаты исследований модели оборотной системы вод I категории в беспродувочном режиме работы со схемой использования воды в системе, предусматривающей фильтрование части (до 20% к расходу) оборотной воды и предотвращение поступления в нее продуктов производства, подтвердили принципиальную возможность эксплуатации данной системы в беспродувочном (замкнутом) режиме.

Таким образом, для перевода существующих оборотных систем вод I категории на замкнутый режим работы потребуются стабилизационная обработка оборотной воды, заключающаяся в фильтровании части воды через зернистую загрузку и предотвращении поступления в систему продуктов производства за счет совершенствования существующих сепарационных устройств для вторичного пара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов /Под общ.ред. С.В.Яковлева, - М.: Стройиздат, 1984.- 272 с.
2. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий.- М: Стройиздат, 1972.- 296 с.
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов.- М.: Пищевая промышленность, 1973.- 527 с.