

Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ІНСТИТУТ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ

А. І. СОРОКІН

**ОБОРОТНІ СИСТЕМИ  
ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ  
В БУРЯКОЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ  
ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ОБРОБКИ ОБОРОТНИХ ВОД**

Навчальний посібник

КИЇВ 2009

**УДК 664.1**

**Рецензент:** Скорик К.Д., к.т.н., професор кафедри виробництва цукру та сахаридів Інституту післядипломної освіти НУХТ.

Оборотні системи охолоджувального водопостачання в бурякоцукровому виробництві та сучасні технології обробки оборотних вод: Навч. посібн.–К.: ПДО НУХТ, 2009.– 60 с.

Розглянуто системи виробничого водопостачання на бурякоцукрових заводах, наведено методику та приклад розрахунку балансу води в системах оборотного водопостачання.

Подано практичні поради щодо ефективності використання води в оборотних системах охолоджувального водопостачання, водно-хімічного режиму та технології обробки оборотних вод.

Для післядипломної освіти спеціалістів цукрового виробництва.

**Укладач Сорокін А.І.**

Редактор Вишенська Л.М.

© Сорокін А.І.  
© Інститут післядипломної освіти НУХТ,  
2009

## ЗМІСТ

Зміст .....	3
1. Роль води в бурякоцукровому виробництві .....	4
2. Якість і властивості води.....	5
3. Види природних вод для виробничого водопостачання.....	7
4. Класифікація вод та домішок, що містяться у водах.....	8
5. Системи виробничого водопостачання.....	10
6. Баланс води в системах оборотного водопостачання.....	14
7. Оцінка ефективності використання води в оборотній системі водопостачання та у виробництві .....	16
8. Вимоги до якості води в оборотних системах охолоджувального водопостачання .....	17
8.1. Вода для конденсації вторинної пари та охолодження технологічного обладнання.....	17
8.2. Вода для охолодження агрегатів .....	19
9. Схеми використання води в оборотних системах охолоджувального водопостачання ...	19
10. Характеристика оборотних вод охолоджувального водопостачання .....	26
11. Водно-хімічний режим оборотних систем охолоджувального водопостачання .....	29
12. Споруди для охолодження оборотних вод та принципи їх роботи.....	34
13. Заходи з підвищення ефективності охолодження оборотних вод на градирнях .....	42
14. Технології обробки оборотних вод та методи стабілізації їх якості.....	48
14.1. Технології знезараження оборотних вод .....	49
14.2. Технології обробки оборотних вод для стабілізації їх якості.....	51
15. Перспективи використання повітряного охолодження (АПО) у бурякоцукровому виробництві .....	54
Література .....	58

## 1. РОЛЬ ВОДИ В БУРЯКОЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Виробництво цукру із буряків є одним із найбільш водоемних виробництв агропромислового комплексу. Для виробництва 1 т цукру із буряків необхідно витратити близько 200 м<sup>3</sup> води. Тому в бурякоцукровому виробництві вона відіграє дуже важливу і багатофункціональну роль. Перш за все, вода використовується для екстракції цукру із бурякової стружки, вимиває цукор із фільтраційного осаду, промиває цукор в центрифугах. Вода в бурякоцукровому виробництві також використовується як хімічний реагент при одержанні вапняного молока із оксиду кальцію для очищення дифузійного соку.

Значна кількість води в бурякоцукровому виробництві використовується як охолоджувальний агент при: конденсації утфельної пари й одержанні вакууму для уварювання утфелю; охолодженні напівпродуктів виробництва (утфелю останньої кристалізації), охолодженні і промиванні сатураційного газу, також для охолодження різних агрегатів, компресорів і підшипників насосів.

Також у значних кількостях вода застосовується як середовище, що транспортує, наприклад, буряки на завод, а із заводу - відходи виробництва: жом, фільтраційний осад, транспортерно-мийний осад до місць їх складування. При такому використанні вода забруднюється і для її повторного використання необхідно провести її очищення від різних домішок.

Для забезпечення сучасного бурякоцукрового заводу водою застосовують різні системи водопостачання, що дозволяє значно зменшити витрати свіжої води із джерел водопостачання та зменшити кількість стічних вод, які відводять із заводу на біологічне очищення.

Витрати свіжої води в бурякоцукровому виробництві (водоспоживання) та кількість стічних вод, що відводиться на біологічне очищення (водовідведення), характеризують технічний рівень цукрового виробництва і залежать від використання на цукровому заводі тих чи інших систем водопостачання та їх технічного рівня.

За даними [ 1 ], середні витрати свіжої технічної води на цукрових заводах України (водоспоживання) становлять близько 230 % до маси буряків, а кількість стічних вод, що відводиться на очищення (водовідведення) становить 223% до маси буряків.

У зв'язку зі значними витратами води у виробництві та їх забрудненням в процесі їх використання цукробурякове виробництво негативно впливає на навколишнє природне середовище. Це проявляється, перш за все, в забрудненні поверхневих водойм стічними водами, в забрудненні підземних вод в місцях розташування очисних споруд (поля фільтрації, біологічні ставки), та в місцях складування відходів виробництва; у виснаженні водних джерел та деградації рибних ресурсів і в зростанні рівня захворюваності риби і т. ін.

Тому раціональне використання води в бурякоцукровому виробництві, зниження витрат свіжої води та зменшення кількості стічних вод є актуальною проблемою для цукрової галузі України, оскільки вирішення цих питань дозволить не тільки знизити витрати у виробництві цукру, але й поліпшити екологічний стан в Україні.

## 2. ЯКІСТЬ І ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ

Під якість води розуміють сукупність фізичних, хімічних і бактеріологічних показників, що обумовлюють її властивість і придатність до використання у виробництві, побуті і т. ін. Під властивостями води слід розуміти відзначену особливість, що проявляється при відповідних її якостях і у конкретних умовах. Наприклад, мати запах, виділяти сольові відкладення, викликати корозію металу, руйнувати бетон та залізобетон.

Якість тієї чи іншої води характеризується її показниками, що є основним критерієм, на основі яких визначається придатність води для використання у виробництві. Властивості ж води проявляються в тих чи інших наслідках при її використанні.

Розрізняють фізичні, хімічні, біологічні і технологічні показники якості води [2,3].

До фізичних показників якості води належать: температура, запах, смак, прозорість, каламутність, кольоровість і вміст завислих речовин.

Хімічними показниками води є: активна реакція середовища, окисність (хімічне споживання кисню, ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК), лужність та її складові; жорсткість та її складові; сухий залишок і втрати при прокалюванні сухого залишку, вміст хлоридів, сульфатів, фосфатів, речовин, що містять азот, солі кальцію і магнію, лужні метали, розчинені гази ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ), а також інші речовин органічного і мінерального походження.

До біологічних показників якості води, що характеризують санітарний стан, відноситься вміст загальної кількості бактерій у воді і кількості бактерій групи Coli, присутність яких у воді вказує на її зараженість патогенними мікроорганізмами.

Поверхневі джерела водопостачання, а також системи оборотного водопостачання, крім мікробіологічних тестів, характеризуються також даними

гідробіологічних спостережень. Шляхом мікроскопування проби води визначається кількість клітин фіто- і зоопланктонів, концентрація яких виражається відповідно кількістю клітин у  $\text{дм}^3$  води і кількістю примірників у 1  $\text{дм}^3$  води.

Технологічними показниками якості води є: осаджуваність завислих речовин у воді та їх сумарна гідравлічна крупність, фільтрувальні характеристики води; оптимальні дози коагулянтів, хлоропоглинальність і хлоропотребність, стабільність й агресивність (корозійність) води, а також її біогенність.

Важливими показниками якості води, на основі яких оцінюють її придатність до бурякоцукрового виробництва, є температура, вміст завислих речовин і їх гідравлічна крупність, активна реакція середовища, хімічне споживання кисню (ХСК) і біохімічне споживання кисню (БСК), лужність та її складові, жорсткість та її складові, сухий залишок і втрати при його прожарюванні, вміст сульфатів, сульфідів, нітратів, розчинених газів: ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  і др.), а також органічних речовин, таких як цукор, феноли та ін.

Із біологічних показників якості води у бурякоцукровому виробництві важливе значення має кількісний вміст у воді мікроорганізмів, особливо таких груп мікроорганізмів, як термофіли, мезофіли, мезофіли-слизоутворювачі та плісняві гриби, наявність яких у воді негативно впливає на технологічні процеси у бурякоцукровому виробництві і спричиняє додаткові втрати цукру у виробництві.

До важливих показників якості води, що використовується у бурякоцукровому виробництві, належать стабільність, корозійність та біогенність води. Ці показники характеризують якість води з точки зору її здатності утворювати сольові відкладення на поверхні металу, особливо в трубах, або викликати корозію металу, сприяти та викликати біологічні обростання очисних споруд і особливо градирень, бризкальних басейнів та теплообмінних апаратів. Знання показників якості води має важливе значення при виборі методів очищення і обробки води з урахуванням вимог до її якості при проведенні технологічних, теплотехнічних процесів у виробництві.

У визначенні показників якості води в бурякоцукровому виробництві важлива роль належить методам аналізу води, які, як і в інших галузях промисловості, нині уніфіковано [4].

### 3. ВИДИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВИРОБНИЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Природні води, що використовуються для виробничих потреб, у бурякоцукровій галузі можна розділити на поверхневі води із ставків, річок, озер та морів та підземні води із артезіанських свердловин та колодязів.

*Поверхневі води.* Води річок можуть бути дуже різноманітними за своїм складом в залежності від характеру місцевості, пори року та інтенсивності опадів, що випадають у басейні річки. В більшості води річок містять дрібні частинки мулу в завислому стані, які дуже повільно і довго осідають. Жорсткість цих вод також буває різною, але значною мірою достатньо високою, що спричиняє карбонатні відкладення при нагріванні. Води із річок, озер та ставків можуть бути забруднені побутовими та виробничими стічними водами, тому їх використання в бурякоцукровому виробництві потребує відповідного контролю за їх якістю.

Ряд бурякоцукрових і цукро-рафінадних заводів використовують морську воду, що має високий ступінь мінералізації і, в основному, використовується в якості охолоджувального агента.

*Артезіанські води.* Ці води взагалі мають постійний склад, хоча мають місце випадки їх зміни в результаті змішання з іншими водами, що проникли через тріщини в наволишніх пластах. Звичайно, такі води на момент виходу на поверхню бувають прозорими, чистими і не містять завислих речовин. Але інколи при контакті цієї води з атмосферним повітрям в ній з'являється коричнева опалесценція внаслідок окислення солей заліза киснем повітря. В вихідній воді розчинено двовалентне залізо, яке в результаті десорбції розчиненого вуглекислого газу і проникнення в воду (абсорбції) кисню із повітря, окислюється і перетворюється на гідроксид тривалентного заліза, що виділяється спочатку в колоїдному стані коричневого кольору, а далі – з випаданням коричневих пластівців в осад.

Необхідність невеликої витримки перед подальшим освітленням води обумовлено тим, що для протікання процесів окислення заліза необхідний деякий час.

Артезіанські води часто містять залишки сірководню, який можна виявити по запаху. Інколи в цій воді і безпосередньо в самій свердловині розвиваються залізобактерії, і тоді під їх дією, а також в результаті процесів окислення гідроксид заліза може відкладатись на стінках труб. В деяких випадках в воді присутнє залізо разом із марганцем.

У багатьох артезіанських водах вміст бікарбонатів перевищує кількість, еквівалентну сумі концентрацій іонів кальцію і магнію; це можливо, оскільки в більшості випадків така вода містить також і бікарбонат натрію. Така вода має тільки карбонатну жорсткість, вміст же сульфатів часто буває незначним.

Присутність солей жорсткості і іонів карбонату, що утворюються в результаті гідролізу бікарбонатів, при нагріванні артезіанської води, як і в разі нагрівання поверхневих вод, призводить до утворення карбонатного осаду на різних поверхнях, з якими контактує вода. Значний вміст кремнієвої кислоти також може призвести до появи в парових котлах твердого накипу, а в свою чергу вуглекислота, що виділяється після розкладання бікарбонатів, сприяє утворенню кислих конденсатів.

#### 4. КЛАСИФІКАЦІЯ ВОД ТА ДОМІШОК, ЩО МІСТЯТЬСЯ У ВОДАХ

Природні води, що мають вміст розчинених речовин до 0,1 %, належать до прісних; від 0,1% до 2,5 % - до мінералізованих; від 2,5 до 5 % - до морських вод і більше 5 % - до розсолів.

До числа основних компонентів складу природних вод відносять іони:  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{++}$ ;  $\text{Mg}^{++}$ ;  $\text{H}^+$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{CO}_3^{--}$ ;  $\text{SO}_4^{--}$ , а також газів:  $\text{O}_2$ ;  $\text{N}_2$ ;  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ . В незначних кількостях присутні іони  $\text{Br}^-$ ;  $\text{I}^-$ ;  $\text{F}^-$ ;  $\text{BO}_2^-$ ;  $\text{HPO}_4^-$ ;  $\text{SO}_3^{--}$ ;  $\text{HSO}_4^-$ ;  $\text{HS}^-$ ;  $\text{HSiO}_3^-$  а також інертні газів:  $\text{CH}_4$  та ін.

Для прогнозування деяких властивостей води, що відіграють особливу роль в процесах водопідготовки й очищення води, неабияке значення мають відомості про іонний склад води. Найбільш широке застосування одержала класифікація природних вод за О.А. Алекініним [5], в якій поєднується принцип ділення по іонах, що переважають у воді з урахуванням співвідношення між ними. Згідно з цією класифікацією всі природні води діляться на 3 класи: гідрокарбонатні (карбонатні), сульфатні і хлоридні. В кожному класі виділяють три групи вод по переважаючому в них катіону ( $\text{Ca}^{++}$ ;  $\text{Mg}^{++}$ ;  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ). В кожній групі виділяють три види води, з відповідними співвідношеннями між іонами:

I -  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ; II -  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--}$ ; III -  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{--} < \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ .

Коли  $\text{HCO}_3^- = 0$  вода кисла. Використання цієї класифікації води дозволяє характеризувати властивості природних вод, особливо, мінералізованих.

Слід відзначити, що дана класифікація іонного складу природних вод не відповідає характеристикам виробничих оборотних та стічних вод.

Найбільш перспективною для технології обробки й очищення води є класифікація домішок, що містяться у воді, запропонована Л.А.Кульським [6]. В основу цієї класифікації покладено фізико-хімічну характеристику домішок, а саме фазовий стан і дисперсність домішок.

Згідно з цією класифікацією домішки, що містяться в воді, розділені на чотири групи в залежності від їх відношення до дисперсного середовища, яким

у даному випадку є вода. Домішки перших двох груп (крім високомолекулярних сполук) утворюють термодинамічні рівноважні і зворотні гомогенні системи. До першої групи відносяться домішки не розчинні в воді, що кінетично нестабільні і зберігаються в завислому стані динамічними силами водяного потоку. Ці домішки потрапляють у воду в результаті розмиву порід, змиву ґрунту, гідротранспорту сировини, а також із атмосферного повітря.

В стані спокою домішки седиментують. До цієї групи відносяться також бактерії і планктон. Друга група домішок об'єднує гідрофільні мінеральні та органо-мінеральні колоїдні частинки ґрунтів, недисоційовані і нерозчинні форми високомолекулярних гумусових речовин і детергентів. Кінетична стійкість гідрофобних домішок характеризується співвідношенням сил гравітаційного поля та броунівського руху; агрегативна стійкість їх обумовлена електричним станом міжфазної поверхні й утворенням при цьому дифузійних шарів або з утворенням на поверхні частинок стабілізуючих шарів. До цієї групи також відносяться віруси й інші мікроорганізми, близькі за розмірами до колоїдних частинок.

Третя група речовин включає молекулярнорозчинні сполуки – розчинені гази, органічні речовини як біологічного походження, так і ті, що внесені з промисловими і господарсько-побутовими стічними водами. Молекули цих домішок можуть значно змінити структуру води і взаємодіяти між собою. У водному середовищі можливе протікання двох процесів : сполучення різнорідних молекул (гідратація) і сполучення однорідних молекул (асоціація). Ці процеси відбуваються у воді за рахунок вандерваальсових сил.

Четверта група включає електроліти – речовини з іонним або сильнополярним зв'язком, які під дією характерної полярної будови молекул води розпадаються на іони.

Кристалічна структура цих речовин руйнується, основним чином у процесі гідратації. Стійкість гідратів, утворених іонами металів, зростає зі збільшенням їх зарядів і зі зменшенням радіуса. Гідратовані катіони можна розглядати як аквакомплекси, тобто комплексні сполуки, які в своєму складі містять воду.

В ряді випадків гідратна вода настільки міцно зв'язана з розчиненою речовиною, що при виділенні в тверду фазу вона входить до складу кристалів цієї речовини.

Для кожної групи домішок води, згідно з класифікацією, пропонуються методи їх видалення із води, які рекомендується використовувати в процесах водопідготовки та очищення води. Класифікація домішок за їх фазовим станом у воді і раціональні методи очищення води подано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

## Методи видалення різних груп домішок із води [6]

Група домішок			
I	II	III	IV
Відстоювання з використанням добавок, вапна, соди, монтморилонітової глини або вугільної суспензії	Окислення високими дозами реагентів	Видалення газів і легких органічних сполук операцією, механічне видування газів повітрям; окислення киснем повітря.	Переведення іонів в слабодисоційовані сполуки; нейтралізація; утворення комплексних іонів
Відстоювання води з добавками алюмінієвого коагулянту і флокулянтів; флотажія домішок синьо-зелених водоростей і пластівчастих завислих речовин	Використання коагулянтів і їх суміші з добавками хлору, вапна, або великопористого активного вугілля	Окислення реагентами-хлором, киснем, озоном та ін. Використання вугільних сорбентів	Переведення іонів в слабозрочинені сполуки; утворення слабозрочинених солей і слабозрочинених гідратів окислів кольорових і важких металів; окислення закисних форм металів
Фільтрування води через завислий шар гідроксиду алюмінію, заліза з флокулянтами	Використання сірчаноокислог о алюмінію і флокулянтів (поліакрилами ду та ін.)		Видалення іонів з використанням іонообмінних смол Н-Na – катіонування. Видалення іонів з зміною фазового стану системи: дистиляція, екстракція; гідратуутворення (знесолювання, опріснення.)
Фільтрування води на фільтрі з подвійним шаром піску і мармурового дрібняка	Контактна коагуляція в шарі піску		

## 5. СИСТЕМИ ВИРОБНИЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

В залежності від характеру використання води у виробництві системи водопостачання поділяються на [2, 3]:

- з прямоточним використанням води;
- з послідовним використанням води;
- з оборотним використанням води;
- зі змішаною системою використання води, що включає прямоточне і послідовне або оборотне використання води.

При прямоточному водопостачанні (рис.5.1.а) вся відпрацьована у виробництві вода скидається у водойму.

При послідовному водопостачанні (рис.5.1.,б) вода, що відпрацьована в одному технологічному процесі або агрегаті, передається (направляється) для повторного використання в іншому технологічному процесі або в агрегаті без попередньої обробки або охолодження. Після другого технологічного процесу або агрегату відпрацьована вода може скидатися у водойму або направлятися для подальшого використання в виробництві.

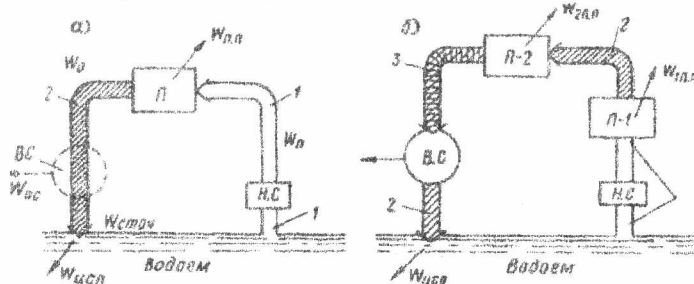


Рис. 5.1. Схеми виробничого водопостачання

*а* - з прямочинним використанням води; *б* - з послідовним використанням води; *П* - виробництво; *П-1* -- перший виробничий процес; *П-2* - другий виробничий процес; *НС* - насосна станція; *BC* - водоочисна споруда; *1* - свіжа вода; *2* - вода після першого використання (тепла); *3* - вода після другого використання (тепла та забруднена);  $W_n$  - кількість води, що подається на виробництво;  $W_{n-n}$  - втрати води в виробництві;  $W_{1n-n}$ ,  $W_{2n-n}$  - втрати води в виробництві відповідно в 1-му і 2-му технологічних процесах;  $W_0$  - кількість відпрацьованої води (стічної);  $W_{oc}$  - кількість води, що скидається на водоочисні споруди;  $W_{исп}$  - втрати води на випаровування при охолодженні в водоймі.

Прикладом такого використання води у бурякоцукровому виробництві є використання води після маслоохолоджувачів і повітроохолоджувачів ТЕЦ на охолодження і промивання сатураційного газу в лаверах, після яких вода направляється на біологічне очищення. Прикладом послідовного використання води у бурякоцукровому є використання барометричної води або лаверної води (води після промивання і охолодження сатураційного газу) для гідротранспортування фільтраційного осаду на земляні відстійники. Слід відмітити, що послідовне використання води в бурякоцукровому виробництві часто застосовується на цукрових заводах, що надає можливість знизити витрати свіжої води у виробництві, тобто знизити водоспоживання.

Оборотне водопостачання (рис. 5.2.) передбачає багаторазове використання води. Оборотна вода перед кожним повторним використанням піддається очищенню та охолодженню, чи тільки охолодженню, чи тільки очищенню. Системи оборотного водопостачання у промисловості здійснюються в основному за трьома схемами.

За першою схемою вода у виробництві нагрівається, але не забруднюється. В цьому разі відпрацьовану воду піддають охолодженню, яке здійснюють на градирні, бризкальному басейні, або в ставку-охолоджувачу. Після охолодження вода повторно використовується на ті ж технологічні процеси або агрегати (рис. 5.2, а). Всі втрати води при цьому поповнюються за рахунок свіжої технічної води.

За другою схемою, вода у виробництві тільки забруднюється, але не нагрівається. В цьому разі відпрацьовану оборотну воду піддають очищенню і після чого її повторно використовують у виробництві. Методи і технології, які використовують для очищення відпрацьованих вод, залежать як від ступеню забрудненості води, так і від вимог до якості води, що повторно використовується на ті ж самі технологічні процеси (рис. 5.2., б).

За третьою схемою вода у виробництві нагрівається і забруднюється. Для повторного використання цієї води, вона повинна пройти спеціальне очищення, потім охолодження і тільки після цього може повторно використовуватися на ті ж самі технологічні процеси та агрегати (рис. 5.2., в).

В залежності від виду охолодження оборотні системи водопостачання поділяють на відкриті і закриті. Особливістю відкритої оборотної системи водопостачання є використання пристроїв і споруд для охолодження води за рахунок її випаровування. До цих пристроїв і споруд належать градирні різних типів, бризкальні басейни та ставки-охолоджувачі. В таких оборотних системах завжди присутні втрати води за рахунок випаровування, що компенсуються свіжою водою більш високої якості.

В закритих оборотних системах охолодження оборотної води за рахунок випаровування відсутнє, тому втрати води при охолодженні є незначними, або взагалі відсутні.

У виробництві найчастіше використовують відкриті оборотні системи водопостачання з охолодженням води через випаровування

Особливістю відкритої оборотної системи водопостачання є також необхідність скиду частини води із системи для стабілізації солевмісту в оборотній воді та інших забруднень і поповнення системи свіжою технічною водою більш високої якості.

Всі оборотні системи водопостачання поділяються також на локальні, централізовані і змішані.

В локальних системах вода використовується в обороті для забезпечення водою одного або декількох технологічних процесів, або агрегатів.

При централізованому оборотному водопостачанні вода різних технологічних процесів, операцій і агрегатів піддається очищенню єдиним потоком, після чого направляється на ті ж самі технологічні процеси, операції й агрегати.

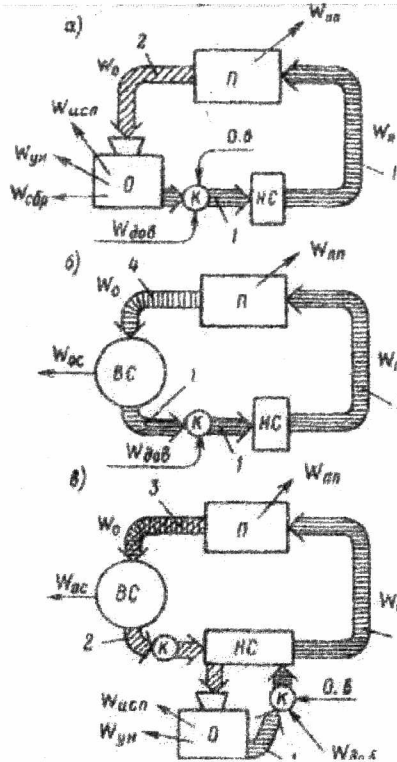


Рис. 5.2. Схеми оборотного водопостачання

*А* - з охолодженням води; *б* - з очищенням води; *в* - з очищенням і охолодженням води; *П* - виробництво; *НС* - насосна станція; *О* - охолоджувач води; *ВС* - водоочисні споруди; *К* - збірник для приймання добавочної води *1* - чиста вода; *2* - нагріта вода; *3* - нагріта і забруднена вода; *4* - забруднена вода;  $W_n$  - кількість води, що подається на виробництво;  $W_{nn}$  - втрати оборотної води в виробництві;  $W_o$  - кількість води, що відходить від виробництва;  $W_{исп}$  - втрати води на випаровування при охолодженні;  $W_{ун}$  - втрати води на виніс із охолоджувача;  $W_{доб}$  - кількість води, що додається в систему для її освіження (продувка);  $W_{доб}$  - кількість води, що добавляється в систему; *О.в* - введення реагентів для обробки води

При змішаному оборотному водопостачанні вода із однієї оборотної системи використовуються в другій, а із другої передається в третю оборотну систему. При цьому передача води із однієї системи в другу здійснюється в кількостях, що поповнюють ці втрати води в кожній із систем.

Оборотні системи без скиду частини води із системи належать до замкнутих. Свіжа технічна вода, або вода із інших систем використовується тільки для поповнення втрат води в системі.

Особливістю замкнутої оборотної системи є відсутність скидів частини оборотної води, а для стабілізації солевмісту в оборотній воді та інших забруднень, частину оборотної води із системи виводять і піддають спеціальній обробці, зокрема, знесолюванню або фільтруванню, і після цієї обробки вода знову поступає в оборотну систему.

Використання на виробництві систем водопостачання з послідовним використанням води, оборотних систем, зокрема замкнутих, дозволяє раціонально використовувати воду у виробництві, зменшити водоспоживання і водовідведення цього виробництва.

## 6. БАЛАНС ВОДИ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Умовою функціонування оборотної системи водопостачання є необхідність постійно піддержувати баланс води в системі, тобто піддержувати рівність:

$$W_{\text{доб}} = \sum W_{\text{втр}}, \quad (6.1)$$

де:  $\sum W_{\text{доб}}$  - кількість води, що поступає в оборотну систему, м<sup>3</sup>/год;

$\sum W_{\text{втр}}$  - кількість води, що втрачається в оборотній системі, м<sup>3</sup>/год.

Втрати води в оборотних системах поділяють на *фізичні* і *технологічні*. Під *фізичними* втратами води розуміють немінучі втрати, що є мінімально можливими для конкретної оборотної системи і які визначаються її водно-хімічним режимом. До цих втрат відносяться: втрати води на випаровування ( $W_{\text{вип}}$ ); втрати води, що виносяться вітром при охолодженні у вигляді крапель ( $W_{\text{вин}}$ ); втрати води на фільтрацію із очисних споруд ( $W_{\text{ф}}$ ).

Величини перерахованих вище втрат води в оборотних системах залежать, перш за все, від заданого режиму роботи оборотної системи, кліматичних умов, конструктивних особливостей охолоджувача, очисних споруд та інших факторів. Для конкретної оборотної системи ці втрати визначають на основі розрахунків або на основі даних дослідної експлуатації.

*Технологічні* втрати води в оборотних системах залежать від специфіки технологічних процесів основного виробництва, конструктивних особливостей обладнання, що використовується у виробництві, а також від інших факторів. Ці втрати складаються із безповоротного споживання води та втрат у виробництві. Це, наприклад, скиди води із системи з метою оновлення води в системі ( $W_{\text{скид}}$ ), виведення води з осадом при її очищенні ( $W_{\text{осд}}$ ), а також виведення води із напівфабрикатами, з готовою продукцією та відходами

( $W_{\text{вих}}$ ), об'єми води, що передаються в інші оборотні системи ( $W_{\text{перд}}$ ), а також відбір води на господарські потреби ( $W_{\text{госп}}$ ).

Поповнення оборотної системи водою (підживлення системи) ( $W_{\text{ж}}$ ) для компенсації всіх втрат води в системі здійснюється безпосередньо добавленням свіжої води в систему ( $W_{\text{св.в}}$ ), а також може здійснюватися за рахунок води, яка міститься у вихідній сировині, напівфабрикатах ( $W_{\text{сир}}$ ), за рахунок передачі частини води із інших оборотних систем ( $W_{\text{др.сис}}$ ). Крім цих поповнень оборотної системи водою, в ряді випадків поповнення оборотної системи водою (компенсація втрат) можливе за рахунок конденсату пари, що безпосередньо поступає в оборотну систему ( $W_{\text{конд}}$ ). В цьому випадку таке підживлення оборотної системи називається "прихованим".

Для кожної оборотної системи характерні свої втрати води і свої види добавочної води, що компенсують втрати. Для будь-якої оборотної системи підтримується динамічна рівність між загальною кількістю води, що втрачається при експлуатації оборотної системи ( $\sum W_{\text{втр}}$ ), та загальною кількістю води, що поступає в систему в якості добавочної води ( $\sum W_{\text{доб}}$ ), тобто,  $\sum W_{\text{втр}} = \sum W_{\text{доб}}$ , або

$$W_{\text{вип}} + W_{\text{вин}} + W_{\text{ф}} + W_{\text{скд}} + W_{\text{вих}} + W_{\text{пер}} + W_{\text{гос}} = W_{\text{св.в}} + W_{\text{др.с}} + W_{\text{конд}} + W_{\text{сир}} \quad (6.3.)$$

Всі види втрат води в оборотній системі за виключенням втрат води на випаровування по відношенню до оборотної системи є продуванням системи ( $W_{\text{прд}}$ ), оскільки при цих втратах води втрачаються також і всі види забруднення, що містяться в оборотній воді.

Всі види поповнення водою оборотної системи по відношенню до оборотної системи є підживленням системи ( $W_{\text{підж}}$ ). Тоді рівність (6.1.), (6.2.) і (6.3.) можна записати в вигляді:

$$W_{\text{вип}} + W_{\text{прд}} = W_{\text{ж}} ; \quad (6.4.)$$

При багаторазовій циркуляції води в оборотній системі в останній накопичуються різноманітні домішки. Ці домішки потрапляють воду при безпосередньому контакті води з транспортуючою сировиною, відходами, при витіканні технологічних розчинів і інших домішок в оборотну воду.

Завислі речовини та інші домішки можуть накопичуватися в оборотній в воді в результаті біологічних процесів, таких як біологічне обростання конструкцій та інших поверхонь, особливо охолоджувальних, а також у результаті вмісту цих домішок у воді, що направляється для підживлення оборотної системи.

Погіршення якості оборотної води у відкритих оборотних системах відбувається за рахунок підвищення солемісту оборотної води при випаровуванні частини води, а також при підживленні оборотної системи водою з високим вмістом солей.

Стабілізація якості оборотної води на конкретному рівні за вмістом тих чи інших домішок у воді відбувається за рахунок очищення оборотної води, або

за рахунок скиду частини забрудненої оборотної води із системи та підживлення оборотної системи водою більш високої якості, а часто свіжою водою. Кількість води, яку необхідно скинути із системи, визначають технологічними розрахунками на основі балансу тих чи інших домішок в оборотній воді.

## 7. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ В ОБОРОТНІЙ СИСТЕМІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА У ВИРОБНИЦТВІ

Технічна досконалість оборотної системи водопостачання прийнято оцінювати процентом використання оборотної води в системі [2, 3]:

$$P_{об} = (W_{об} / (W_{об} + W_{св.вод})) 100, \% \quad (7.1.)$$

Чим ближче  $P_{об}$  до 100%, тим більш досконаліша стає оборотна система. Так, для оборотної системи вод I категорії головного корпусу цукрового заводу цей показник повинен знаходитися в межах 92 – 96%, але на практиці він значно менший внаслідок як відбору води із системи на різні витрати, що перевищують нормативні, так і завищених скидів оборотної води із системи. Компенсація втрат оборотної води в системі здійснюється конденсатами та за рахунок свіжої води, яка дозволяє також знизити температуру всієї води, що направляється на завод. Середнє значення  $P_{об}$  цього показника на бурякоцукрових заводах складає близько 70 – 85% [3].

Важливим показником використання води у виробництві, що забирається із джерел водопостачання, є коефіцієнт використання свіжої технічної води:

$$K_{св.вод} = (W_{св.вод} - W_{скд}) / W_{св.вод} \quad (7.2.)$$

Коефіцієнт повинен наближатися до 1, але в силу того, що на підприємстві завжди є скиди стічних вод, величина яких залежить від технічного рівня основного виробництва та технічного рівня водного господарства, цей показник знаходиться в межах 0,55–0,83 [3]. Також основним показником, що характеризує раціональне використання води в виробництві, є питома витрати свіжої води на переробку 1 т сировини (буряків) – водоспоживання та питома кількість стічних вод на 1 т сировини (буряків) – водовідведення. Величини цих показників для бурякоцукрових заводів дуже різняться між собою і залежать як від технічного рівня основного виробництва, так і від технічного рівня водного господарства цукрового заводу. В середньому ці показники для бурякоцукрової галузі України відповідно складають 230 і 223% до маси буряків. Це значно вище (десь на порядок) від витрат свіжої води та кількості стічних вод, які досягнуті на бурякоцукрових заводах у країнах Західної Європи [7].

## **8. ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ В ОБОРОТНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Вимоги до якості води в оборотних системах водопостачання бурякоцукрового виробництва встановлюються в залежності від виду оборотної системи, схем очищення води, що використовуються для даної оборотної системи та очисних споруд задіяних в системі.

Вказані вимоги залежать також від тих функцій, які вода виконує в технологічних процесах. Вимоги до якості води можна поділити на технологічні та санітарно-гігієнічні.

Технологічні вимоги обумовлені специфікою технологічного процесу і визначаються в залежності від призначення води та особливостей технологічного обладнання.

Санітарно-гігієнічні вимоги передбачають безпечність води для здоров'я людей, а також можливість забруднення навколишнього природного середовища. Санітарно-гігієнічні аспекти використання стічних вод пов'язані з епідеміологічною небезпекою. Не допускається використання доочищених господарсько-побутових стічних вод для поповнення втрат води в системах оборотного водопостачання цукрового заводу, а також для миття обладнання й інших цілей, де можливий безпосередній контакт з водою людей, сировини, напівпродуктів і продуктів виробництва.

### **8.1. Вода для конденсації вторинної пари та охолодження технологічного обладнання**

В бурякоцукровому виробництві значна кількість води використовується в теплообмінних процесах, як: конденсація вторинної пари із вакуум-апаратів і останнього корпусу випарної установки; вторинної пари із вакуум-фільтрів; охолодження сублиматорів сіркоспалювальних печей, компресорів сатураційного газу, охолодження утфелю останньої кристалізації, сатураційного газу із вапняково-газової печі. Передача тепла в теплообмінних процесах відбувається шляхом як безпосереднього контакту охолоджувальної води з теплоносієм (парою), так і через стінку. В якості охолоджувальної води для теплообмінних процесів у бурякоцукровому виробництві використовують оборотну воду після її охолодження і знезараження або свіжу технічну воду із джерела водопостачання.

Температура води, що використовується в бурякоцукровому виробництві для охолодження, не повинна перевищувати 22-23<sup>0</sup>С, тому охолоджувачі оборотної води (градирні, бризкальні басейни, ставки-охолоджувачі) розраховують, виходячи із потреби охолодити теплу оборотну воду, що відводиться із заводу, до вказаної температури в найбільш теплий сезон цукроваріння.

Вміст завислих речовин в охолоджувальній воді нормується в залежності від типу і конструкції теплообмінних апаратів. Не допускається вміст завислих речовин, гідравлічна крупність яких перевищує 0,05 мм/с. Для теплообмінних апаратів плівкового типу вміст завислих речовин з гідравлічною крупністю 0,05 мм/с не повинен перевищувати концентрацію 200 мг/дм<sup>3</sup>, а для апаратів форсуночного типу - 150 мг/дм<sup>3</sup>.

В охолоджувальній воді не повинні міститися мінеральні домішки (пісок, гравій), що сприяють їх осадженню в трубопроводах і теплообмінній апаратурі з низькими швидкостями руху води. Вміст завислих речовин з гідравлічною крупністю менше 0,05 мм/с є також небажаним, оскільки може призвести до порушення (зниження) теплообміну в результаті їх відкладання на стінках разом із накипом.

Однією з основних вимог, що ставиться до води, що використовується у бурякоцукровому виробництві, є вимога щодо її термостабільності, тобто із охолоджувальної води при її нагріванні не повинні відкладатися накип на внутрішніх стінках трубопроводів та на внутрішній поверхні теплообмінних апаратів. Сольові відкладання (накип), як відомо, знижують теплопередачу, зменшують просвіт трубопроводів, підвищують гідравлічний опір і збільшують витрати електроенергії на подачу води на завод.

Термостабільність оборотної води не повинна перевищувати 3-х балів згідно з 6-ти бальною шкалою термостабільності води, тобто швидкість утворення сольових відкладень у теплообмінних апаратах і трубопроводах не повинна бути 0,23 г/(м<sup>2</sup> год.), або 0,08 мм/міс. При необхідності воду, яку додають в оборотну систему, або всю оборотну воду піддають спеціальній обробці.

Оборотна вода не повинна містити органічні речовини в особливості ті, які при аерації та охолодженні води і при температурах 24-35 °С призводять до розвитку біологічних обростань, що складаються із бактерій, грибків і водоростей.

Біологічні обростання негативно впливають на умови теплообміну і призводять до необхідності очищення поверхні і додаткової витрати електроенергії на подачу охолоджувального повітря. Допустима швидкість розвитку біологічних обростань водорозподільних і зрошувальних систем градирень в оборотній воді не повинна перевищувати 0,07 г/(м<sup>2</sup>.год.), тобто бути допустимо біогенною. При перевищенні цієї швидкості розвитку біологічних обростань необхідно збільшити дози хлоррегентів при періодичному хлоруванні оборотної води до і після охолодження.

Охолоджувальна оборотна вода не повинна викликати корозію металу, з яким вона контактує. Згідно з оцінкою ступеня агресивного впливу тієї чи іншої води на незахищений метал, охолоджувальна вода повинна мати слабкий або середній ступінь агресивності зі швидкістю корозії в межах 0,1-0,2 г/(м<sup>2</sup>.год.).

Важливими вимогами до якості води, яку використовують для охолодження і конденсації вторинної пари у бурякоцукровому виробництві є її чистота в бактеріальному відношенні. Існує тісний взаємозв'язок між інфікуванням води, яка споживається у виробництві, і втратами цукру, викликаних життєдіяльністю мікроорганізмів. Тому охолоджувальна вода має бути в бактеріальному відношенні нешкідливою для технології бурякоцукрового виробництва, а також і людини. Оборотна охолоджувальна вода в бурякоцукровому виробництві повинна також відповідати санітарним вимогам, тобто не повинна бути джерелом інфікування людей, не виділяти неприємні запахи, а також не спіюватися, що негативно впливає на умови обслуговування та працездатність персоналу.

## 8.2. Вода для охолодження агрегатів

Охолоджувальна оборотна вода, що використовується в бурякоцукровому виробництві для охолодження працюючих агрегатів, повинна відповідати вимогам, які приведені нижче в табл. 8.1.

Таблиця 8.1.

Вимоги до якості води, що використовується для охолодження агрегатів [3].

Показники	Допустимий вміст в охолоджувальній воді	Примітка
1	2	3
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup> Сірководень, мг/дм <sup>3</sup> Гіпс (CaSO <sub>4</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	50 - 200 0,5 1500 - 2000	В залежності від загального вмісту сульфатів MgSO <sub>4</sub> і Na SO <sub>4</sub>
Карбонатна жорсткість, мг-екв /дм <sup>3</sup>	2 - 7	При температурі нагрівання охолоджувальної води 20-50 ° С і вмісту в ній вільної вуглекислоти від 10 до 100 мг/дм <sup>3</sup>

## 9. СХЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ В ОБОРОТНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Значна кількість води у бурякоцукровому виробництві витрачається на охолодження агрегатів та конденсацію вторинної пари (близько 1000% до маси буряків). Згідно з типовою схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 85% до маси буряків, на цукровому заводі повинні бути задіяні чотири окремі самостійні оборотні системи охолоджувального водопостачання [3]. Це, перш за все, головна оборотна система вод I категорії головного корпусу, що широко використовується на цукрових заводах країни. Головна оборотна система водопостачання забезпечує охолоджувальною водою вакуум-конденсаторні установки та охолодження технологічного обладнання і насосно-компресорні агрегати. Температура води, що відводиться від цих

споживачів води, перебуває в межах 38-43<sup>0</sup>С, а води, що повертається після охолодження на завод, - в межах 22-24<sup>0</sup>С.

Другою за потужністю (витратам води до маси буряків) є оборотна система водопостачання вод 1 категорії ТЕЦ. Ця система забезпечує відведення тепла від маслоохолоджувачів та повітроохолоджувачів. В цій системі циркулює вода в кількості більше 100% до маси буряків. Температура води, яка відходить від вказаних споживачів, становить 30-35<sup>0</sup>С, а води, що направляється після охолодження на ці споживачі, – 24<sup>0</sup>С.

До третьої оборотної системи охолоджувального водопостачання відноситься оборотна система вод 1 категорії компресорної станції для КВПіА (контрольно-вимірювальні прилади і автоматика), призначених для технологічних процесів бурякоцукрового виробництва. Широкому використанню цієї оборотної системи вод 1 категорії на цукрових заводах сприяло впровадження у практику бурякоцукрового виробництва автоматизованих систем контролю, регулювання й управління технологічними процесами. Потужність цієї оборотної системи складає трохи більше 10% до маси буряків. Температура води після використання становить у межах 30<sup>0</sup>С, а води після її охолодження – 24<sup>0</sup>С.

Четверта оборотна система вод 1 категорії використовується на цукрових заводах великої потужності (5–6 тис. т буряків на добу), оснащених силосними складами для неупакованого цукру. Для обслуговування цих складів використовують кондиціонери повітря, роботу яких забезпечує водяне охолодження з використанням відкритої оборотної системи. Потужність такої оборотної системи складає 40% до маси буряків. Температура води після охолодження кондиціонерів знаходиться в межах 30<sup>0</sup>С, а температура води після її охолодження на градирні – 24<sup>0</sup>С.

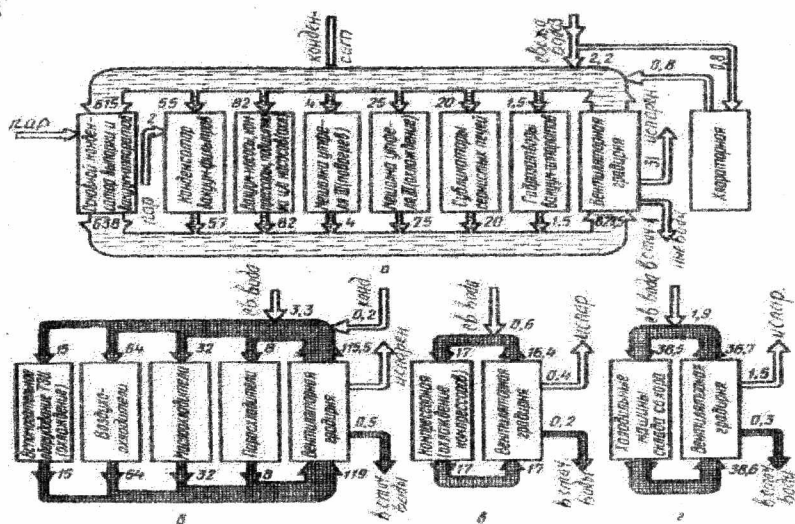
Вищезгадані оборотні системи охолоджувального водопостачання у бурякоцукровому виробництві умовно можна поділити на практично чисті оборотні системи та оборотні системи з можливим забрудненням оборотної води. До практично чистих оборотних систем слід віднести такі оборотні системи охолоджувального водопостачання: охолоджувальна оборотна система водопостачання ТЕЦ, компресорної станції КВПіА та оборотна система охолодження кондиціонерів повітря для складу неупакованого цукру (силосів цукру). Особливістю цих оборотних систем є те, що якість води в них формується за рахунок прийнятого водяного режиму, а саме кількості води, що скидається із системи, та якості води, що направляється на компенсацію всіх втрат води в системах. Оборотна вода в цих системах, що охолоджує технологічні потоки, віднімає тепло через металеву стінку, тому безпосередній контакт води з технологічним потоком в цьому разі відсутній і забруднення води продуктами технологічних потоків малоімовірне.

У разі оборотної системи вод I категорії головного корпусу, якість оборотної води формується не тільки від параметрів водного режиму для даної оборотної системи, але і від ефективності роботи групового уловлювача утфельної пари, ефективності роботи вакуум-конденсаційної установки, де при контактній конденсації утфельної пари, або вторинної пари, існує велика імовірність забруднення оборотної води напівпродуктами цукрового виробництва.

В залежності від схеми водоспоживання і водовідведення, прийнятої на цукровому заводі, схеми використання води в оборотних системах охолоджувального водопостачання різняться між собою тільки показниками водного режиму, а саме: кількістю оборотної води, що циркулює в системі; кількістю оборотної води, що передається в інші системи; або передається споживачам води, після яких відпрацьована вода скидається у стічні води; кількістю оборотної води, яка скидається із системи в вигляді продування у стічні води і величина якої нормується в залежності від прийнятої схеми водоспоживання і водовідведення. Аналогічні відмінності існують і для додаткової води, що направляється в оборотну систему для компенсації всіх втрат оборотної води. Загальним є те, що для компенсації всіх втрат води в оборотній системі вод I категорії головного корпусу в якості додаткової води використовується конденсат утфельної та вторинної пари, що переходить у систему в результаті контактної конденсації пари в барометричних конденсаторах, або при безпосередньому скиданні надлишкових конденсатів вторинної пари в оборотну систему.

Рух води в оборотній системі здійснюється таким чином. Відпрацьовані води (теплі води) з температурою 38–43<sup>0</sup>С направляються на споруди для охолодження води (градирня, бризкальний басейн, ставок-охолоджувач), де температура їх знижується за рахунок випаровування, тепловіддачі у навколишнє повітря та за рахунок конвективного теплообміну. При цьому зі зниженням температури вода насичується киснем із повітря, у воді відбуваються окислення різних легкоокислюваних речовин мінерального і органічного походження, а також десорбція різних газів, які надійшли у воду при конденсації пари або утворились у воді в результаті різних фізико-хімічних процесів. Потім оборотна вода після охолодження направляється на напірний збірник, з якого поступає на ті ж самі споживачі води для повторного використання. Для знезараження оборотних вод від різних мікроорганізмів їх піддають періодичній обробці газоподібним хлором або хлорреагентами (гіпохлорит натрію, хлорне вапно та ін.). Знезараження оборотної води дає можливість не тільки знизити вміст мікроорганізмів, але і дозволяє знизити інтенсивність біологічних обростань охолоджувачів, особливо градирень, що, в свою чергу, дає можливість уникнути додаткових витрат електроенергії на охолодження та появи у воді завислих речовин органічного походження.

На рис. 9.1. (а, б, в, г) наведені балансові схеми оборотних систем охолоджувального водопостачання, згідно з типовою схемою водоспоживання і водовідведення бурякоцукрового заводу з кількістю стічних вод до 50% до маси буряків. У табл. 9.1. наведено дані з балансів води і параметрів водного режиму оборотних систем охолоджувального водопостачання за типовою схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 50% до маси буряків. Із рис. 9.1. та із даних табл. 9.1. видно, що параметри водного режиму оборотних систем охолоджувального водопостачання за типовою схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 50% до маси буряків регламентовано. Це дає можливість знизити як витрати свіжої води, так і кількість стічних вод.



**Рис. 9.1.** Балансові схеми оборотних систем охолоджувального водопостачання за схемою водоспоживання і водовідведення бурякоцукрового заводу з кількістю стічних вод 50% до маси буряків БА

**а** – оборотна система вод 1 категорії головного корпусу; **б** – оборотна система вод 1 категорії ТЕЦ; **в** – оборотна система вод 1 категорії компресорної КВПіА; **г** – оборотна система вод 1 категорії кондиціонування повітря складу неупакованого цукру (силосів).

Таблиця 9.1.

Баланс води в оборотних системах охолоджувального водопостачання  
за схемою водоспоживання і водовідведення  
з кількістю стічних вод 50% до маси буряків [3]

Споживачі оборотної води та параметри водного режиму оборотних систем	Кількість води, % до маси буряків	
	що скидається від водоспожи- вачів в оборотну систему	що направляєтся на водоспоживачі із оборотної системи
<i>1. Оборотна система вод 1 категорії головного корпусу</i>		
1.1. Основний конденсатор вакуум-апаратів та випарної установки	638,0	615,0 + 23*
1.2. Конденсатор вакуум-фільтрів	57,0	55,0 + 2**
1.3. Вакуум-насоси, компресори, підшипники відцентрованих насосів (охолодження)	82,0	82,0
1.4. Мішалка утфелю останньої кристалізації:		
- охолодження утфелю	25,0	25,0
- підігрівання утфелю	4,0	4,0***
1.5. Субліматори сіркоспалювальних печей	20,0	20,0
1.6. Гідрозатори вакуум-апаратів	1,5	1,5
$\Sigma$	827,5	827,5
<b>Втрати води в оборотній системі, в тому числі:</b>	<b>32,0</b>	-
- при охолодженні на градирні	31,0	-
- з скидами в стічні води	1,0	-
Підживлення оборотної системи,	-	<b>32,0</b>
в тому числі: - свіжою водою	-	3,0
- конденсатами вторинної пари	-	25,0
- аміачною водою	-	4,0
<i>2. Оборотна система вод 1 категорії ТЕЦ</i>		
2.1. Пароохолоджувачі	8,0	8,0
2.2. Маслоохолоджувачі	32,0	32,0
2.3. Повітроохолоджувачі	64,0	64,0
2.4. Допоміжне обладнання ТЕЦ	5,0	5,0
$\Sigma$	109,0	109,0
<b>Втрати води в системі, в тому числі:</b>	<b>3,5</b>	-
- при охолодженні на градирні	3,0	-
- зі скидами в стічні води	0,5	-
Підживлення оборотної системи,	-	<b>3,5</b>
в тому числі: - свіжою водою	-	3,5
- конденсатами вторинної пари	-	-
<i>3. Оборотна система вод 1 категорії компресорної КВПіА</i>		
3.1. Компресори для стисненого повітря (охолодження)	9,4	9,4
$\Sigma$	9,4	9,4
<b>Втрати води в системі, в тому числі:</b>	<b>1,0</b>	-
- при охолодженні на градирні	0,8	-
- зі скидами в стічні води	0,2	-
Підживлення оборотної системи, в тому числі:	-	<b>1,0</b>
- свіжою водою	-	1,0
- конденсатами	-	-



У табл. 9.2. наведено дані з балансу води і параметрів водного режиму оборотної системи вод 1 категорії головного корпусу за типовою схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 170% до маси буряків

Таблиця 9.2.

**Баланс води в оборотній системі вод 1 категорії за схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 170% до маси буряків [3]**

Споживачі оборотної води та параметри водного режиму оборотних систем	Кількість води, % до маси буряків	
	що скидається від водоспоживачів в оборотну систему	що направляється на водоспоживачі із оборотної системи
1. Основний конденсатор вакуум-апаратів і випарної установки	528,4	510 + 18,4
2. Конденсатор вакуум-фільтрів	57,0	55 + 2
3. Вакуум-насоси, компресори, підшипники відцентрових насосів (охолодження)	77,0	77,0
4. Мішалка утфелю останньої кристалізації - охолодження	25,0	25,0
- підігрів	2,0	2,0
5. Субліматори сіркоспалювальних печей	20,0	20,0
6. Гідрозатвори вакуум-апаратів	1,5	1,5
$\Sigma$	<b>710,9</b>	<b>710,9</b>
<b>Втрати води в системі,</b> в тому числі	<b>105,0</b>	-
- при охолодженні на градирні	29,0	-
- зі скидами в стічні води	1,0	-
- передача води в другу систему	75,0	-
<b>Підживлення оборотної системи,</b> в тому числі:	-	<b>105,0</b>
- свіжою водою	-	82,6
- конденсатами вторинної пари	-	20,4
- аміачною водою	-	2,0

Із даних табл. 9.2. видно, що оборотні системи вод 1 категорії головного корпусу за схемою водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 50% до маси буряків і по схемі водоспоживання і водовідведення з кількістю стічних вод 170% до маси буряків різняться між собою тільки параметрами водного режиму, а саме величинами продування (втрат води із системи) та величинами добавлення води в систему (підживлення оборотної системи водою). Для оборотної системи за схемою з кількістю стічних вод 50% кількість додаткової води складає 32%, із яких свіжа вода – 3%, конденсат (аміачна) – 4% і конденсат вторинної пари – 25%; в той же час для оборотної системи за схемою з кількістю стічних вод 170% кількість додаткової води уже складає 105%, із яких свіжа вода – 82,6%, аміачна вода – 2,0% і конденсат вторинної

пари – 20,4%. Ці значні витрати свіжої води для підживлення оборотної системи викликані тим, що значна кількість оборотної води (75% до маси буряків) передається в оборотну систему транспортерно-мийних вод і на інші споживачі, вода після яких направляється в стічні води на біологічне очищення. Така безповоротна передача оборотної води призводить до необхідності поповнювати оборотну систему свіжою водою, що призводить до витрат як свіжої води, так і утворення стічних вод, а також до ускладнень роботи вакуум-конденсаційної установки за умови високої жорсткості свіжої води. Ці ускладнення спричиняються перш за все відкладеннями солей жорсткості на внутрішніх стінках трубопроводів і особливо в барометричних трубах, а також в розпилувальній системі і в розпилувальних форсунках на градирні та бризкального басейна. Ці ускладнення мають місце на цукрових заводах, де вода в джерелах водопостачання має високу карбонатну жорсткість. Відкладення солей жорсткості призводить до зменшення прохідного перерізу трубопроводів, розпилувальних форсунок, що, в свою чергу призводить до додаткових витрат електроенергії, а в деяких випадках до зісування насосних агрегатів. Для уникнення цих ускладнень слід суворо додержуватись вимог як до водного, так і до хімічного режимів роботи оборотної системи охолоджувального водопостачання, особливо оборотної системи вод I категорії головного корпусу. Вимоги щодо додержання оптимального водяного і хімічного режимів роботи оборотних систем охолоджувального водопостачання наведено нижче в розділі 11.

## **10. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРОТНИХ ВОД ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Склад оборотних вод охолоджувального водопостачання бурякоцукрових заводів доволі різноманітний і залежить як від складу води джерел водопостачання, так і від параметрів водно-хімічного режиму оборотних систем: величини продувки, якості живильної води для оборотних систем, методів обробки оборотних вод для стабілізації їх якості і інших факторів, що впливають на якість води в оборотній системі.

Формування якості води в оборотних системах охолоджувального водопостачання завжди викликав інтерес і особливо якість води в оборотній системі вод I категорії головного корпусу, так як ця система має вплив на ефективність роботи всього виробництва і особливо роботи вакуум-конденсаційної системи, яка великою мірою впливає на якість цукру, що випускається на заводі.

Однією із найбільших складових оборотних вод в системі головного корпусу є барометричні води від вакуум-конденсаційних установок. Ці води представляють собою суміш річкової або ставкової вод, в які перейшли всі складові конденсату утфельної пари та вторинної пари із випарної установки і

вакуум-фільтрів. Серед цих складових слід виділити аміак ( $\text{NH}_3$ ) та органічні речовини – продукти цукрового виробництва. Температура барометричних вод звичайно коливається в межах 35-48 $^\circ\text{C}$ , а їх кількість складає близько 600% до маси буряків. Кількість аміаку, що виділяється при уварюванні утфелів та при випаровуванні соків в випарних апаратах залежить від виду і кількості азотних речовин, які містяться в буряках та ступеню очищення соку. Із 100 гр. соку при випарюванні виділяється від 0,0077 гр. 0,0175 гр. аміаку, причому основна маса його виділяється в випарних апаратах, більш енергійно - на початку випаровування чим в кінці.

100  $\text{дм}^3$  конденсату (аміачної води) містить таку кількість аміаку:

	<i>Мінімум</i>	<i>Максимум</i>	<i>Середній</i>
2-й корпус	3,08 г	8,28 г	6,24 г
3-й корпус	2,10 г	7,16 г	4,08 г

В табл. 10.1. наведено хімічний склад барометричних вод, що утворюються при конденсації утфельної пари та пари з останнього корпусу випарної установки; для порівняння наведено також хімічний склад води, що направляється на виробництво із джерела водопостачання

Таблиця 10.1.

Хімічний склад барометричних вод і води, що поступає на виробництво [3]

Показники	Вода на виробництво (свіжа вода)	Барометрична вода	
		після вакуум-апаратів	після випарної установки
Густий залишок, $\text{мг}/\text{дм}^3$	448,0	516,0	603,0
Залишок після прожарювання, $\text{мг}/\text{дм}^3$	372,0	282,0	323,0
Втрати при прожарюванні, $\text{мг}/\text{дм}^3$	76,0	234,0	280,0
Вміст, $\text{мг}/\text{дм}^3$ :			
- азоту	2,60	67,0	51,0
- аміаку	-	44,0	30,0
- хлоридів	-	16,0	7,0
- вуглецю	-	10,0	6,0
- нітратів ( $\text{HNO}_3$ )	-	Сліди	-
- нітритів ( $\text{HNO}_2$ )	-	-	-
Реакція середовища, од РН	слаболужна	лужна	лужна

Із даних табл. 10.1. видно, що в процесі використання води для конденсації утфельної пари та пари із останнього корпусу випарної установки вона забруднюється як органічними речовинами, так і мінеральними. В барометричні води разом із конденсатами пари поступають органічні речовини переважно продукти виробництва а також газоподібні речовини (аміак та ін.), які розчиняються в воді та її забруднюють. У табл. 10.2 наведено фізичний і хімічний склад компонентів оборотних вод 1 категорії головного корпусу, які після використання у виробництві направляються на охолодження.

Із даних табл. 10.2. видно, що найбільш забрудненими компонентами вод 1 категорії є барометричні води від основного конденсатора та конденсатора вакуум-фільтрів. Ці води містять не тільки завислі речовини в межах 400-470 мг/дм<sup>3</sup> але і розчинні органічні речовини, що перешли в воду при контактній конденсації утфелної пари, яка при порушеннях технологічного режиму при уварюванні утфелю може містити краплини продуктів. Про це свідчать високі показники ХСК, БСК та втрати при прожарюванні сухого залишку. Також в ці води потрапляє разом із парюю газоподібний аміак, що виділяється при уварюванні утфелю, при цьому вміст його в воді може досягати до 30 мг/дм<sup>3</sup> більше. До найбільш чистих компонентів вод 1 категорії головного корпусу, як видно із даних табл. 10.2., відносяться води від охолодження обладнання та відпрацьовані води. Конденсаційна та аміачна вода теж відносяться до чистих вод, перша із них є конденсат відпрацьованої пари із парової турбіни, що відводиться із перших корпусів випарки, друга – конденсат сокової пари із послідовних корпусів випарної станції, вакуум-апаратів та підігрівників. Якщо конденсаційна вода повністю використовується для живлення парових котлів і дуже рідко скидається в оборотну систему (при наявності цукру), то аміачна вода, в якій міститься аміак близько 350-380 мг/дм<sup>3</sup>, поступає в оборотну систему як від споживачів цієї води (підігрівання мішалки останньої кристалізації), так і при безпосередньому скиданні надлишкових конденсатів в оборотну систему. Тому в оборотних водах охолоджувального водопостачання головного корпусу цукрового заводу завжди присутній аміак, концентрація якого залежить як від вмісту його в парі із вакуум-апаратів і останнього корпусу випарки, так і від кількості конденсатів вторинної пари, що скидаються в оборотну систему. Накопичення в оборотних водах забруднень, особливо органічного походження, в присутності кисню повітря призводить до швидкого розмноження різних видів мікроорганізмів. Відомо [9], що мікроорганізми в бурякоцукровому виробництві негативно впливають на технологічні процеси і якість цукру. В результаті їх життєдіяльності утворюються кислоти, декстринова слизь, присутність якої у соку і сиропі погіршує їх фільтрацію, при цьому втрати цукру можуть досягати до 0,2% до маси буряків.

Як показали дослідження [10], що були проведені Всесоюзним НДІ цукрової промисловості при вивченні ефективності знезараження оборотних вод бурякоцукрового виробництва, кількість клітин різних видів мікроорганізмів в 1 см<sup>3</sup> оборотної води 1 категорії головного корпусу складала: термофілів – 8 ; мезофілів –  $3,1 \cdot 10^5$ ; пліснявих грибів – 50 та слизовітвірних мезофілів –  $1,9 \cdot 10^4$ . Дослідження біоценозу [11] охолоджувальної оборотної води цукрового заводу показали, що спектр мікроорганізмів настільки широкий, що кількість гетеротрофних психрофільних бактерій досягає величини  $10^7$  клітин в 1 см<sup>3</sup>. Ці скупчення складаються із 5% сухих речовин і 33% органічних речовин. Зовнішній вигляд і фізичні особливості скупчень, що

утворюються в середовищі, забрудненому цукром, відрізняються від скупчень, що розвиваються в інших середовищах, наприклад в охолоджувальних водах коксохімічних, металургійних заводів та ін. Основна відмінність спостерігається в консистенції скупчень – це щільний декстриновий слиз, утворений, в основному, переплетіннями грибних гіфів дріжджоподібної форми з желеподібною біомасою. Слизивий характер скупчень є основною причиною їх високої стійкості по відношенню до дезінфектантів. Подальший розвиток скупчень мікроорганізмів і грибів призводить до так званих біологічних обростань елементів градирні, особливо зрошувачів і розподільної системи, і отже до порушень теплообміну між водою і повітрям та до зменшення охолодження води. Крім цього, біологічні обростання призводять до забруднення оборотної води завислими речовинами та органічними речовинами – продуктами розкладу біологічних обростань, що частково відмирають, і разом із охолодженою водою надходять в басейн градирні і накопичуються в оборотній воді.

Таким чином, вода оборотної системи охолоджувального водопостачання головного корпусу потребує як відповідного режиму роботи оборотної системи, так і відповідної обробки води. Це дозволяє уникати різних ускладнень, що виникають при експлуатації оборотної системи, та знизити негативний вплив якості оборотної води на проведення технологічних процесів в основному виробництві. Нижче розглядаються питання водного і хімічного режимів роботи оборотної системи вод I категорії головного корпусу.

## **11. ВОДНО-ХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

При рециркуляції води в оборотній системі охолоджувального водопостачання вона багаторазово і послідовно піддається різним фізико-хімічним впливам: змінює температуру, аерується, випаровується та забруднюється. Випаровування оборотної води призводить до підвищення її мінералізації і порушення стабільності: в воді нагромаджуються завислі та розчинені речовини, формування яких у системі залежить від вмісту цих речовин у підживлювальній воді, запиленості повітря, яке прокачують через градирню, та речовин, які продукуються в самій системі: продуктів корозії метала та речовин біологічного походження.

Основними показниками, що характеризують водно-хімічний режим оборотної системи охолоджувального водопостачання, є коефіцієнт концентрування солей в оборотній воді ( $K_c$ ), коефіцієнт упарювання ( $K_y$ ), солеміст оборотної води ( $C_{об}$ ), солеміст живильної води для оборотної системи ( $C_{ж}$ ), допустимий солеміст оборотної води ( $C_{дон}$ ), процент використання оборотної води ( $P$ ), величина продувки оборотної системи ( $W_{пр}$ ), кількість живильної води для оборотної системи ( $W_{ж}$ ), величина втрат води на випаровування ( $W_e$ ), величина прихованого підживлення оборотної системи ( $W_{пр.ж}$ ) [12].

Коефіцієнт концентрування солей у воді оборотної системи показує відношення солевмісту оборотної води до солевмісту води, що направляється на підживлення, тобто:  $K_c = \frac{C_{об}}{C_{жс}}$  (10.1.)

Коефіцієнт упарювання показує відношення кількості води на підживлення оборотної системи  $W_{жс}$  до різниці між кількістю води на підживлення та кількістю оборотної води, що втрачається при випаровуванні в процесі охолодження  $W_e$ .  $K_y = \frac{W_{жс}}{W_{жс} - W_e}$ , од (10.2.)

Якщо втрати води на випаровування ( $W_e$ ) виразити в частках до кількості води, що використовується на підживлення оборотної системи, то вираз (10.2.) буде мати такий вигляд:  $K_y = \frac{1}{1 - \alpha}$ , од (10.3.)

де  $\alpha$  - частка втрат оборотної води на випаровування від кількості води, яку використовують на підживлення системи.  $K_y$  для оборотної системи визначають за даними балансових випробувань, або на підставі даних хімічного аналізу оборотної води та води, що направляється на підживлення оборотної системи.

Із виразу (10.2.) виходить, що при відсутності випаровування води в системі, тобто, коли  $W_e = 0$ ,  $K_y = 1$ . В разі, коли в системі присутнє випаровування оборотної води  $K_y > 1$  і швидко зростає в залежності від збільшення частки втрат оборотної води на випаровування.

При відсутності відкладення солей в оборотній системі коефіцієнт упарювання ( $K_y$ ) кількісно дорівнює коефіцієнту концентрування солей ( $K_c$ ) в оборотній воді, який рекомендується визначати за вмістом хлор-іонів (СГ), при умові, що вода не хлорується, або за вмістом магній-іонів ( $Mg^{+2}$ ), якщо вода піддається обробці хлорреагентами.

Порівнюючи коефіцієнти концентрування ( $K_c$ ), які визначені по хлор-іону або по магній-іону з відношенням  $J_{к.об} / J_{к.жс}$  (де  $J_{к.об}$  і  $J_{к.жс}$  – відповідно карбонатна жорсткість оборотної води та води для підживлення оборотної системи) можна встановити про наявність в системі карбонатних відкладень, або про їх відсутність.

При умові дотримання рівності відношень:  $J_{к.об} / J_{к.жс} = K_c$  карбонатні відкладення в системі будуть відсутні

У випадку ж, коли відношення  $J_{к.об} / J_{к.жс} < K_c$  в оборотній системі будуть відбуватися процеси відкладення карбонатних солей з тією чи іншою швидкістю.

Такий важний показник для охолоджувальної оборотної системи, як процент використання оборотної води в системі (P), може бути визначений також через коефіцієнт упарювання ( $K_y$ ). Підставляючи в вираз для визначення P значення  $W_{жс}$  із виразу для визначення  $K_y$  та значення  $W_e$  (втрати на

випаровування) через  $W_{ж} \cdot \alpha$  одержимо вираз для визначення  $P$  оборотної системи охолоджувального водопостачання:

$$P = \frac{K_y - 1}{K_y - 1 + K_y} \quad (10.4.)$$

Тобто, технічну досконалість оборотної системи охолоджувального водопостачання можна визначити на основі хімічного аналізу оборотної води та води, яка використовується на підживлення системи.

Із виразу (10.4.) витікає, що із збільшенням коефіцієнта упарювання оборотної води  $K_y > 1$  різко зменшується кількість води на підживлення системи і збільшується процент використання оборотної води  $P$ . Збільшення коефіцієнту упарювання  $K_y$  оборотної води призводить до того, що вода на підживлення оборотної системи все більшою мірою покриває втрати оборотної води на випаровування і все менше витрачається на покриття інших втрат оборотної води в системі. Підвищення ж  $K_y$  до необхідної величини обумовлене хімічним складом води джерела водопостачання і, насамперед, карбонатною жорсткістю живильної води.

Кількість оборотної води, яку необхідно скинути із системи для підтримання гранично допустимої величини жорсткості визначають із залежності [2],  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$$W_{\text{скд}} = \frac{Ж_{к.ж.} \cdot W_{\text{вин}}}{Ж_{к.мак} - Ж_{к.ж.}} - (W_{\text{вин}} + W_{\text{вир}}) \quad (10.5.)$$

де  $Ж_{к.мак}$  - гранично допустима карбонатна жорсткість оборотної води,  $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$ ; ( $W_{\text{вин}}$ ,  $W_{\text{вир}}$ ) - відповідно втрати оборотної води на винесення вітром та втрати у виробництві.

Втрати оборотної води на випаровування ( $W_{\text{вин}}$ ) при охолодженні визначають із розрахунку теплового балансу охолоджувача. Ці втрати можна визначити також із наступного розрахунку: зниження температури оборотної води на  $7^\circ\text{C}$  відповідає випаровуванню оборотної води у кількості 1% до її витрат [12]. Інші види втрат води ( $W_{\text{вин}}$ ,  $W_{\text{вир}}$ ) у оборотній системі визначають на основі балансових випробувань оборотної систем із використанням витратомірів, або з достатнім наближенням обчислюють по емпіричних залежностях, наведених у літературі [2, 12].

Кількість оборотної води, яку необхідно скинути із системи для підтримки стабільності оборотної води, залежить від допустимої карбонатної жорсткості оборотної води і карбонатної жорсткості живильної води. Із підвищенням допустимої карбонатної жорсткості оборотної води і із зниженням карбонатної жорсткості живильної води, кількість оборотної води ( $W_{\text{скд}}$ ), яку необхідно скинути із системи та при умові постійних інших параметрах системи, як видно із залежності (10.5.), буде помітно знижуватися.

УкрНДЦП були виконані дослідження по експериментальному визначенню допустимої карбонатної жорсткості води в оборотній системі вод 1 категорії головного корпусу, при якій в системі відсутні карбонатні відкладення, тобто коли оборотна вода є стабільною.

Дослідження проводились за методикою карбонатних випробувань [2]. Згідно з указаною методикою стабільною водою вважається вода, яка при відповідних умовах (якості і температурі) не виділяє і не розчиняє високодисперсний осад карбонату кальцію. Показник стабільності ( $C_o$ ) знаходили із виразу:  $C_o = \frac{L_f}{L_n}$ , (10.6.)

де  $L_f$  і  $L_n$  - відповідно фактична лужність оборотної води і лужність оборотної води після контакту її з карбонатом кальцію, мг-екв/дм<sup>3</sup>. При  $C_o < 1$  - вода агресивна; при  $C_o > 1$  - вода схильна до карбонатних відкладень і при  $C_o = 1$  - вода стабільна.

На рис.11.1. [13] наведені результати досліджень з визначення залежності стабільності оборотних вод 1 категорії головного корпусу від її початкової жорсткості та температури нагрівання. З рис.11.1.видно, що показник стабільності оборотної води ( $C_o$ ) залежить як від початкової жорсткості води, так і від температури нагрівання.

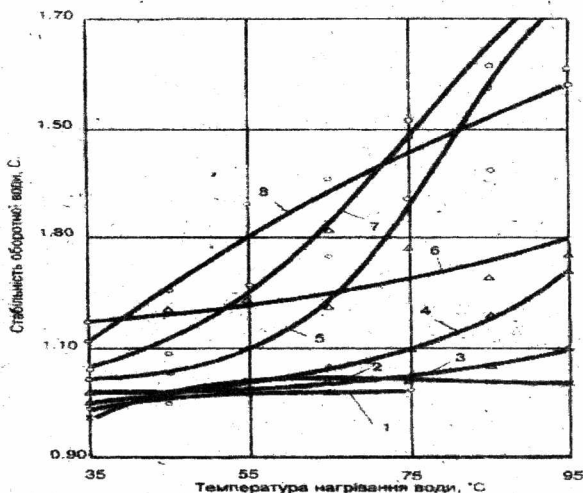


Рис.11.1. Залежність стабільності оборотних вод 1 категорії від температури нагрівання при початковій лужності та жорсткості оборотної води, мг-екв/дм<sup>3</sup>:

1 - 6,75; 6,05; 2 - 2 - 3,85; 2,90; 3 - 7,10; 5,75; 4 - 9,65; 8,00; 5 - 15,75; 14,10; 6 - 10,95; 9,80; 7 - 19,10; 17,80; 8 - 17,30; 15,95

При температурі нагрівання води до 40-50<sup>0</sup>С, що характерне для води цієї оборотної системи, допустима жорсткість оборотної води може досягати 6-8 мг-екв/дм<sup>3</sup> [13].

Аналізуючи залежність (10.5.) стосовно умов оборотної системи вод 1 категорії головного корпусу, можна зробити висновок, що кількість оборотної води, яку необхідно скидати із оборотної системи при допустимій карбонатній жорсткості оборотної води 6-8 мг-екв/дм<sup>3</sup> і постійних втратах оборотної води на винесення вітром ( $W_{вин}$ ) та втратах у виробництві ( $W_{вир}$ ), залежить від карбонатної жорсткості живильної води ( $W_{ж}$ ), яка, як відомо, для цієї оборотної системи складається із конденсатів вторинної пари в кількості 18-20% до маси буряків та свіжої води [3]. Тому жорсткість живильної води завжди нижча за жорсткість води із джерела водопостачання цукрового заводу. Загальну фактичну жорсткість живильної води (мг-екв/дм<sup>3</sup>) можна вирахувати на основі даних лабораторного аналізу води джерела водопостачання та даних про витрати цієї води на підживлення оборотної системи за відомою формулою

$$[8]: \quad Ж_{к.ж.} = \frac{W_{кон} \cdot Ж_{к.кон} + W_{св.в.} \cdot Ж_{св.в.}}{W_{кон} + W_{св.в.}} \quad , \quad (10.6.)$$

де  $W_{кон}$ ,  $Ж_{к.кон}$  - відповідно витрати конденсату та його карбонатна жорсткість, яка може бути прийнята рівною 0 мг-екв/дм<sup>3</sup>  
 $W_{св.в.}$ ,  $Ж_{св.в.}$  - відповідно витрати свіжої води та її карбонатна жорсткість.

Із залежності (10.5.) випливає, що коли кількість оборотної води, що скидається із оборотної системи ( $W_{скд}$ ), буде відповідати сумі втрат води на винесення вітром і у виробництві ( $W_{вин} + W_{вир}$ ), тоді загальна жорсткість живильної води наближається до 0, тобто живильна вода повинна бути чистим конденсатом, або знесоленою водою. А це вимагає наступного: сума вказаних втрат оборотної води повинна бути мінімальною, тобто ( $W_{вин} + W_{вир}$ )  $\rightarrow min$ .

В силу того, що втрати води на винесення вітром величина майже постійна для даної оборотної системи і залежить від конструкції охолоджувача, тоді як втрати води у виробництві піддаються регулюванню і при необхідності можуть бути доведені до мінімуму або зовсім ліквідовані. Безповоротній відбір оборотної води із системи, так звані втрати води в виробництві, призводять до необхідності підживлювати оборотну систему конденсатами, або знесоленою водою, що майже неможливо в умовах бурякоцукрового виробництва. Тому в таких випадках ці втрати оборотної води у виробництві компенсують свіжою водою із джерела водопостачання, що може призвести до ускладнень, пов'язаних з

карбонатними відкладеннями на внутрішніх поверхнях трубопроводів, барометричних труб, водорозподільних систем та водорозбризувальних сопел.

Таким чином, додержання оптимальних вимог водно-хімічного режиму роботи оборотної системи водопостачання вод I категорії головного корпусу бурякоцукрового заводу дає можливість експлуатувати цю систему в режимі, що наближається до замкнутого, при умові виконання необхідних конкретних заходів для кожної оборотної системи.

## 12. СПОРУДИ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ОБОРОТНИХ ВОД ТА ПРИНЦИПИ ЇХ РОБОТИ

Для охолодження оборотної води в бурякоцукровому виробництві використовують градири, бризкальні басейни та ставки-охолоджувачі. Вибір споруди для охолодження оборотної води залежить від багатьох умов, основними із яких є: перепад температур води в оборотній системі, температура охолодженої води, метеорологічні та гідрогеологічні умови місцевості, витрати електроенергії, наявність території для розміщення споруд та відстань їх від виробничих громадських і жилих будівель та ін. Перепад температур води в оборотній системі, так зване  $\Delta t$ , означає різницю між температурою води, що відходить від виробництва, та температурою води, яка відповідає нормативним вимогам для її повторного використання. В цьому разі ця температура повинна становити не більше  $24^{\circ}\text{C}$ .

Вода в цих спорудах охолоджується за рахунок випаровування, віддачі теплоти атмосферному повітрю внаслідок різниці температур води та повітря, тобто за рахунок теплопровідності та конвекції. Незначна кількість теплоти забирається від води за рахунок випромінювання, яка в тепловому балансі не враховується. Одночасно має місце приплив теплоти до охолоджуваної води за рахунок сонячної радіації, яка також є незначною і в тепловому балансі охолоджувача не враховується.

Рівняння теплового балансу охолоджувача оборотної води в загальному вигляді має такий вираз:

$$W\Delta t + Q_p = Q_s + Q_z, \quad (11.1)$$

де  $W$  - витрати охолоджувальної води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\Delta t$  - температурний перепад, або різниця між температурою води, що поступає на охолоджувач ( $t_1$ ) та температурою води після охолоджувача ( $t_2$ ),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Q_p$  - приплив теплоти від сонячної радіації (для ставка-охолоджувача),  $\text{кДж}/\text{год}$ ;

$Q_s$  - віддача теплоти на випаровування,  $\text{кДж}/\text{год}$ ;

$Q_z$  - віддача теплоти внаслідок зіткнення води і повітря (теплопередача і конвекція),  $\text{кДж}/\text{год}$ .

Робота охолоджувача оборотної води також характеризується кількісними та якісними показниками. До кількісних показників роботи

охолоджувача належать гідравлічне і теплове навантаження. Гідравлічне навантаження охолоджувача ( $q_f$ ) виражається кількістю води в  $\text{м}^3/\text{год}$ , що приходить на  $1 \text{ м}^2$  активної (робочої) поверхні охолоджувача в плані. Для бризкальних басейнів і градирень цей показник носить назву щільності зрошення.

Теплове навантаження охолоджувача ( $Q_f$ ) виражається кількістю теплоти, яку віддає оборотна вода повітрю на  $1 \text{ м}^2$  поверхні охолоджувача в плані:

$$Q_f = \Delta t \cdot C \cdot q_f, \quad (11.2.)$$

де  $\Delta t$  - перепад температур в охолоджувачі, град.  $^{\circ}\text{C}$ ;

$C$  - питома теплоємність води,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;

$q_f$  - гідравлічне навантаження охолоджувача,  $\text{м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$ .

Якісна сторона охолоджувача, або охолоджувальний ефект, характеризується:

перепадом температур, або шириною зони охолодження:

$$\Delta t = t_1 - t_2,$$

де  $t_1$  - температура води, що поступає на охолоджувач,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_2$  - температура води після охолоджувача (охолодженої води),  $^{\circ}\text{C}$ ;

Ступенем наближення температури охолодженої води до теоретичної границі охолодження, або висотою зони охолодження  $\epsilon$ :

$$\Delta t' = t_1 - \tau, \quad (11.3.)$$

де  $\tau$  - температура повітря за вологим термометром психрометра (ртутна кулька термометра, вільний кінець якої занурений в посудину з водою і щільно замотаний в яку-небудь гігроскопічну тканину).

Температура  $t_2$  охолодженої води завжди вища за температуру  $\tau$  за вологим термометром; наприклад, на вентиляторних градирнях ця різниця може досягати  $5-7^{\circ}\text{C}$ . Чим менша різниця  $t_2 - \tau$ , тим вищий ефект охолоджувача.

Оскільки температура за вологим термометром залежить від стану зовнішнього повітря  $v$  та його відносної вологості  $\phi$ , границя охолодження і справжня температура охолодженої води змінюються за інших незмінних умов як протягом року, так і протягом доби. При цьому змінюються і висота зони охолодження, яка росте зі зниженням температури повітря за вологим термометром. В той час, коли ширина зони охолодження характеризується, в основному, лише умовами роботи охолоджувача, висота зони - це дійсний ефект його роботи. Цей ефект буде тим вищий, чим більш сприятливі (при тому ж гідравлічному навантаженню охолоджувача) умови для поверхневого випаровування води в охолоджувачі і для віддачі тепла шляхом поверхневого контактування води з повітрям.

Ці умови поліпшуються зі збільшенням поверхні контактування даної кількості води з навколишнім повітрям, зі збільшенням кількості і швидкості повітря, що омиває вільну поверхню води, ступенем рівномірності розподілення води, й особливо повітря, що поступає на робочі поверхні охолоджувача.

Збільшення вільної поверхні охолоджувальної води досягається розбризкуванням її на краплі; в бризкальних басейнах і в бризкальних градирнях – за допомогою бризкалок (сопел), в які вода поступає по трубах під тиском; у краплинних градирнях – за допомогою зрошувальних пристроїв – дерев'яних рейок, де вода поступає з одного ярусу рейок на інший і при цьому розбивається на краплі. Для охолодження незабруднених вод використовують градирні з плівковим зрошувачем, на яких слідом за краплями на дерев'яних дощаних площинах утворюється безперервна тонка водяна плівка, що стікає і контактує з повітрям.

Кількість повітря і швидкість його руху в активному (робочому) просторі охолоджувача, в свою чергу, залежать: в охолоджувачах (ставках) і бризкальних басейнах – від напрямку і швидкості вітру; у вентиляторних градирнях – від штучної сили тяги, що створюється за рахунок дії всмоктувального або нагнітального вентилятора.

**Ставки-охолоджувачі для оборотної води.** Ставки-охолоджувачі використовують для охолодження значних мас води при невисоких вимогах до ефекту охолодження і наявності вільної площі землі. На бурякоцукрових заводах України в якості ставків-охолоджувачів часто використовують технічні ставки як штучно побудовані, так і природні, розташовані на припливах малих річок шляхом будівництва насипних дамб. У ставках-охолоджувачах вода охолоджується, головним чином, за рахунок випаровування частини води і безпосередньої передачі тепла повітрю водною поверхнею; чим більша швидкість повітря, тим інтенсивніше проходить процес охолодження води. До другорядних факторів, що входять до загального теплового балансу ставка, слід також віднести втрату тепла в ґрунт дна водойми, а також витрати тепла на нагрівання ґрунтових вод й атмосферних осадів, що поступають у ставок. Ці складові теплового балансу відіграють незначну роль у порівнянні з перерахованими вище факторами і тому, як правило, в розрахунках не враховуються. Але такі фактори, як річний стік, або скид води в нижній б'єф водойми або річки, можуть грати суттєву роль у споживанні тепла, яке поступає в ставок-охолоджувач. Ефективність охолодження оборотної води залежить також від конфігурації і схеми використання ставка. В ставках-охолоджувачах у процесі експлуатації в теплу пору року найбільш інтенсивно розвиваються гідробіологічні процеси - цвітіння води, що призводить до ускладнення в роботі оборотної системи. В холодний період у воді спостерігається збільшення солевмісту, особливо солей жорсткості та загальної лужності.

Основними недоліками ставків-охолоджувачів є низьке питоме навантаження, яке складає 800–1500 кДж/год з 1м<sup>2</sup> дзеркала ставка [2, 12]. Охолоджувальний ефект ставків-охолоджувачів залежить від напрямку вітру, температури повітря та його стану (відносної вологості). Ставки-охолоджувачі складні в експлуатації (цвітіння мінералізація води), дорогі в будівництві і

часто призводять до підвищення рівня ґрунтових вод на територіях, розташованих близько до ставка. Крім цього, можливі випадки прориву води із ставка в річку або озеро та забруднення останніх.

Перелічені вище недоліки ставків-охолоджувачів призвели до їх обмеженого використання в промисловості. При складанні теплового балансу ставка-охолоджувача рекомендується користуватися методикою, викладеною в спеціальній літературі [2, 12].

**Бризкальні басейни.** Бризкальні басейни являють собою відкриті резервуари з однією або більше секціями, обладнаними водорозподільними трубами і соплами, за допомогою яких тепла вода розбризкується над цими резервуарами, де знаходиться охолоджена оборотна вода. Для розбризкування води над резервуаром використовують сопла різних типів. На рис. 12.1. наведено типи сопел, які найбільш часто використовують для розбризкування в басейнах і градириях.

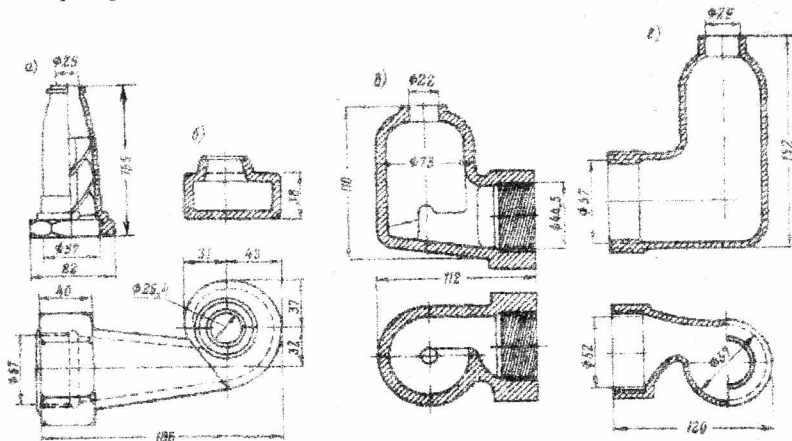


Рис. 12.1. Водорозбризувальні сопла:

а) – гвинтове МОТЭП; б) – евольвентне; в) – тангенціальне тупе; г) – тангенціальне пляшкове.

При падінні крапель води вона охолоджується, частково випаровується і при контакті з повітрям насичується киснем повітря. Сопла для розбризкування води встановлюють окремо або групами на розподільчих трубах, до яких по магістралях підводиться вода для охолодження. При роботі сопел краплі води утворюють факели, які не повинні перекривати один одного, а між розподільними лініями мають бути утворені коридори для підведення повітря для факелів води. Для охолодження води, що містить завислі речовини, використовують евольвентні або тангенціальні сопла, в яких утворюється

струмись, що обертається за рахунок бокового підведення води і виходить із сопла факелом, що обертається. Сопла розташовують на висоті 2 м над горизонтом води, який підтримується в басейні за рахунок переливних пристроїв. Для зниження винесення води вітром із басейна крайні бризкалки встановлюють на відстані 5–8 м від краю басейна.

В табл. 12.1. приведено дані, рекомендовані при влаштуванні бризкального басейна [2].

Таблиця 12.1.

Технічна характеристика бризкальних басейнів

Тип сопла	Щільність зрошення, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> .год.	Напір води перед соплом, м вод.ст.	Кількість сопел в пучку, шт.	Відстань (в м) між		
				соплами	пучкам	трубами
Евольвентне 50/25	1 – 1,25	5	5	1,2 - 1,5	4	10 – 8
Евольвентне 100/50	1,15	8	1	-	4	8,5
Тангенціальне тупе	1 – 1,2	6 – 8	4 – 5	1,2-1,5	4 – 5	6 – 8
Тангенціальне тупе пляшкове	1,15	6 – 8	2	-	3,5 – 4	8 12
Тангенціальне пляшкове	1,25	6 – 8	4 – 5	3,5 – 4	3,5 – 4	7 – 8
Гвинтове, МОТЭП	1,2 – 1,3	5	3	1,2 – 1,5	3,3	12

В кінці кожного трубопроводу повинні бути встановлені вентилі для випуску води при їх промивці, а також для спорожнення труб при зупиненні роботи. Глибину води в басейні приймають 1,5–2 м, ширину – від 40 до 50 м, резервуари бризкальних басейнів будують із залізобетонним покриттям відкосів, а інколи і дна. Розподільчі труби укладають на коткові опори по залізобетонних стовпах. Площу бризкального басейну визначають із умови 0,8–1,2 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> охолоджувальної води за 1 год. [2]. Питоме теплове навантаження цих споруд для охолодження води коливається від 30–60 тис. кДж/(год. м<sup>2</sup>). Зміна температури охолодження води для конкретного бризкального басейну можлива тільки в результаті зміни щільності зрошення. Підвищити ефект охолодження води можна також за рахунок використання найбільш ефективних розбрикувальних сопел.

Обслуговування бризкальних басейнів полягає у виконанні робіт з очищення розбрикувальних сопел, їх ремонті і заміні на нові, а також у ремонті і заміні водорозподільних труб; в періодичному очищенні басейну, похилих стінок і дна .

До переваг бризкальних басейнів необхідно віднести їх довговічність, простоту будівництва й експлуатації. До недоліків – низький ефект охолодження. Для подачі води на сопла і утворення факелів над соплами необхідний значний напір води, значна кількість води при вітряній погоді виноситься із басейну і зволожує територію, що прилягає до басейну , а взимку

спричиняє туман, вологість і ожелединю. Для розміщення бризкальних басейнів необхідна площа в 4-5 раз більша, ніж для розміщенні градирні.

**Градирні.** Градирні належать до найбільш досконалих охолоджувачів оборотної води. Значне теплове навантаження при мінімальному виносі води, високий і стійкий ефект охолодження води, можливість компактного розміщення обумовили широке використання градирень в різних галузях промисловості в тому числі і в бурякоцукровій галузі.

За способом підведенням повітря градирні поділяються на вентиляторні, баштові і відкриті, або атмосферні. У вентиляторних градирнях повітря нагнітається або відсмоктується вентиляторами. У баштових градирнях тяга повітря створюється високою витяжною баштою. У відкритих градирнях для припливу повітря використовують сили вітру і частково конвекцію.

Співвідношення витрат води і повітря, що проходить через градирню, в основному, визначають тепловим навантаженням і ступенем охолодження води. На вентиляторних градирнях допускається питоме теплове навантаження 30-400 тис. кДж/(год.м<sup>2</sup>), а для баштових градирень за тих же рівних умов ці навантаження не перевищують 25-32 тис. кДж/(год.м<sup>2</sup>); для відкритих градирень максимальне теплове навантаження складатиме лише 12-20 тис кДж/(год.м<sup>2</sup>) [2]. Відкриті градирні використовують, в основному, для охолодження незначних витрат води.

Значні витрати повітря, що подаються у вентиляторних градирнях, забезпечують і більш глибоке охолодження води. Температура охолоджувальної води в них може досягати всього на 2-3°C вище температури атмосферного повітря за зволеним термометром, тобто теоретично у межі охолодження. В баштових градирнях цей перепад складає 6-8 °С, а у відкритих – 8-10°C [2].

В залежності від конструкції зрошувального пристрою і способу, в який досягається збільшення площі поверхні зіткнення води з повітрям, градирні поділяються на плівкові, краплинні і бризкальні.

Вибір типу зрошувального пристрою градирні залежить від складу охолоджувальної води. При вмісті завислих речовин в охолоджувальній воді до 120 мг/дм<sup>3</sup> використовують градирні з плівковим або краплинним зрошувачем. При вмісті завислих речовин 120-200 мг/дм<sup>3</sup> і за наявності у воді домішок, здатних утворювати відкладення, переважно використовують бризкальні градирні.

Питоме гідравлічне навантаження в м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>.год) для вентиляторних градирень орієнтовно складає: при плівкових зрошувачах – 8-12; краплинних – 6-8; бризкальних – 5-6. Швидкість повітря в зрошувачах вентиляторних градирень приймається 4-5 м/с.

Щільність зрошення в м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>.год) у баштових градирнях складає 3; у плівкових – 7-10; у краплинних – 2-5 і у бризкальних – не більше 2 [2].

Будівництво вентиляторних градирень значно дешевше, ніж баштових, але вентиляторні градирні мають ряд недоліків у порівнянні з баштовими:

завищені витрати електроенергії для привода вентиляторів, додаткові експлуатаційні витрати на ремонт вентиляторів та їх обслуговування.

У бурякоцукровому виробництві для охолодження оборотних вод використовують вентиляторні і відкриті градирні. Досвід їх експлуатації на цукрових заводах свідчить, що в системах оборотного охолоджувального водопостачання використання градирень дозволяє досягти необхідного ефекту охолодження оборотної води. Вентиляторні градирні відрізняються від баштових тим, що перші можуть ділитися на секції, в кожній із яких встановлюють вентилятор із електроприводом для утворення тяги повітря, дифузор, конфузор, водовловлювач, водорозподільник, зрошувач, обшивка стін, вікна для входу повітря. Тепла вода на градирню подається по трубі і після охолодження зливається в бетонний басейн. Загальний вигляд чотирисекційної градирні наведено на рис. 12.2.

У вентиляторних градирнях найбільш важливим технологічним і конструктивним елементом є зрошувач, за допомогою якого здійснюється рівномірне розподілення охолоджувальної води і протитечія повітря, що охолоджує воду. На рис. 12.3. наведено схеми блоків краплинного (БКЗ) зрошувача (а) і плівкового (БПЗ) зрошувача (б). В якості зрошувачів використовують також азбоцементні хвилясті листи.

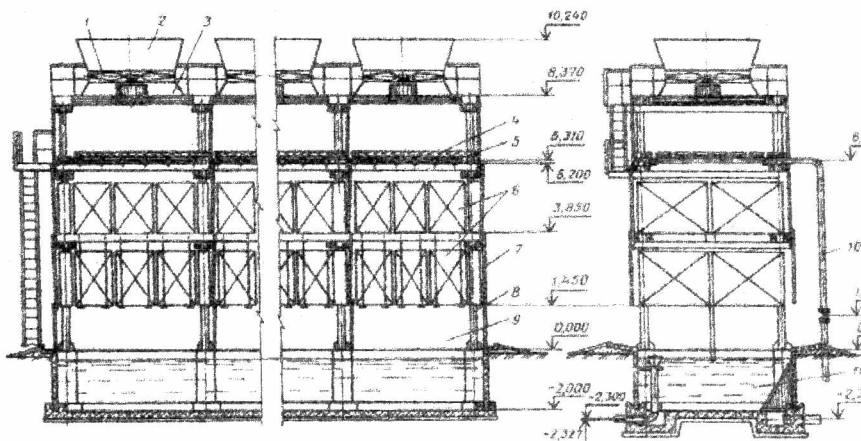


Рис. 12.2. Загальний вигляд чотирисекційної вентиляторної градирні

1 – вентилятор з електроприводом; 2 – дифузор; 3 – конфузор; 4 – водовловлювач; 5 – водорозподільник; 6 – зрошувач; 7 – обшивка; 8 – каркас; 9 – вікна для входу повітря; 10 – трубопровід подачі води на градирню; 11 – залізобетонний басейн.

Важливе значення має розподілення води по площині градирні над зрошувачем. На градирнях, що експлуатуються на цукрових заводах, розподілення води виконано у вигляді системи труб з розбризкувальними соплами.

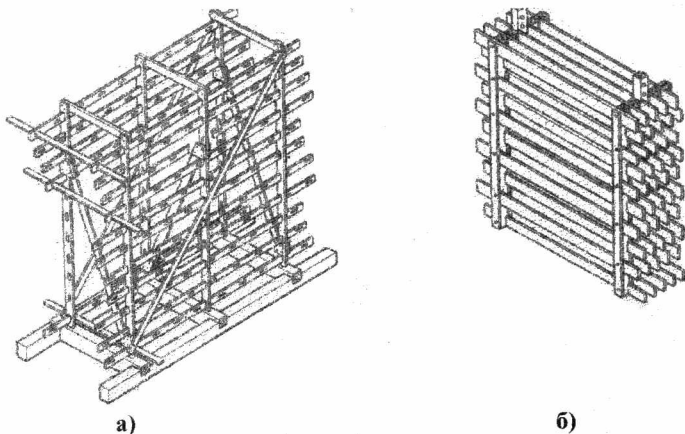


Рис. 12.3. Аксонометричні схеми блоків зрошувачів:  
а) краплинний; б) плівковий

Сопла подрібнюють струмені води на краплі, що падають на зрошувачі, які потім стікають по площинах зрошувача, де краплі додатково дробляться на ще менші краплі, а потім збираються в струмені води, що падають у басейн під градирнею. Для вловлювання крапель води, що виносяться повітрям із градирні, вище водорозподільника розміщують водовловлювач із дошок або іншого матеріалу (пластик), встановлених під кутом до потоку повітря у вигляді трикутника. Басейн градирні залізобетонний; несучий каркас виконують також залізобетонним або металевим; для невеликих градирень каркас може бути і дерев'яним. Усі дерев'яні елементи градирні (зрошувачі, водовловлювачі) слід обробляти спеціальними антисептиками для запобігання делігніфікації і руйнування. Металевий каркас та інші металеві елементи градирні, що контактують тільки з атмосферним повітрям, фарбують епоксидною смолою або емаллю на її основі.

Охолодження води в градирнях – це складний гідроаеродинамічний процес в результаті тепломасообміну між потоками води і повітря, що контактують між собою. Тому для визначення технічних розмірів градирні необхідно виконати три види розрахунків: аеродинамічний, теплообмінний і гідравлічний. Всі ці розрахунки виконуються при розробленні нової градирні. При проектуванні розроблених типових градирень до місцевих умов виконуються тільки перевірочний тепловий та аеродинамічний розрахунки.

Розроблено типові проекти вентиляторних градирень, що розташовуються на будівлі з пласкою покрівлею. Каркас цих градирень металевий, обшивка – із азбоцементних листів, зрошувач – дерев'яний плівковий або краплинний. Розміри однієї секції у плані складають: 2x1; 4x2 і 4x4м. Вентилятори для цих градирень використовують як нагнітальні, так і витяжні. Градирні таких типів уже використовують на деяких цукрових заводах в оборотній системі вод 1 категорії ТЕЦ.

Експлуатація і обслуговування градирень зводиться до виконання робіт з періодичного очищення їх від механічних забруднень, ремонту водорозподільних труб, сопел, водовловлювача та басейну. На вентиляторних градирнях необхідно регулярно оглядати вентилятори і їх приводи, регулярно проводити балансування вентиляторів. Відносно швидко зношуються вентилятори і зрошувальні пристрої, виконані із дерева. Порушення роботи зрошувача знижує теплову продуктивність градирні, а також призводить до недооходження води. Первинний ремонт починають із заміни дерев'яного зрошувача; при капітальному ремонті замінюють водовловлювач, ремонтують каркас і обшивку і, при необхідності, дифузор і конфузор. Для уникнення підсмоктування повітря в обшивці градирні слід усунути нещільності. Найбільші руйнування спричиняє градирням обмерзання взимку, особливо в місцях, де холодне повітря стикається з відносно невеликими об'ємами охолоджувальної води. Тому часто, особливо при низьких температурах, необхідно сколювати лід. Щоб запобігти обмерзанню, необхідно вентилятори перевести на реверсивну роботу або взагалі виключити. Взимку на градирні підвищують гідравлічне навантаження шляхом виключення із роботи окремих секцій, або елементів градирні.

Широке використання одержало зрошення градирні зовні теплою водою із спеціально прокладеного по землі трубопроводу з бризкалками, направленими на вікна градирні. Водяні струмини, що утворюють сопла або щілини на трубопроводі, заповнюють площу вхідних вікон для повітря і тим самим перешкоджають утворенню водяних заслонів.

### **13. ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ОБОРОТНИХ ВОД НА ГРАДИРНЯХ**

Збудовані в свій час на бурякоцукрових заводах України вентиляторні градирні для охолодження оборотних вод 1 категорії основного корпусу працюють з низькими показниками і не завжди охолоджують оборотну воду до температури, що відповідає вимогам до якості цієї води для повторного використання, тобто 24-25<sup>o</sup>С. Основними причинами такого стану є заміна розподілення води відцентровими соплами (форсунками) на розподілення води за допомогою патрубків. Вода із цих патрубків прямо витікає на крапле- або

плівкоутворювачі, що не забезпечує рівномірного розподілу води. Виготовлені із дерева крапле- і плівкоутворювачі працюють недовго, руйнуються, гідродинаміка потоків води і повітря порушується, що призводить до низького ефекту охолодження води. Крім цього, вентилятори часто не працюють або працюють недовго, оскільки часто виходять із ладу через низьку надійність. Це неповний перелік тих проблем, що є сьогодні на цукрових заводах, де експлуатують градирні для охолодження оборотних вод I категорії головного корпусу.

Аналіз причин незадовільної роботи градирень, які експлуатуються на цукрових заводах України, був здійснений асоціацією "Укрцукортехенерго-ремонт" [14]. На основі цього аналізу було запропоновано спосіб інтенсифікації тепломасообміну на діючих градирнях ряду цукрових заводів. Це дало змогу виконати не тільки модернізацію діючих градирень, але і розробити нову конструкцію градирні. Суть модернізації градирень полягає в повному видаленні всіх крапле- або плівкоутворювачів, а також реконструкції системи водорозподілу або її заміні на спеціальні блоки-розподільники, що виготовляє Джуринський машинобудівний завод Вінницької області.

Досвід експлуатації модернізованих градирень на цукрових заводах показав, що ступінь охолодження води збільшився на 3-6<sup>0</sup>С. Але цей досвід також показав, що вузьким місцем в конструкції градирень залишаються вентилятори, які часто виходять із ладу [14].

На основі цього досвіду був створений новий охолоджувач (градирня) безвентиляторний, з металевого каркасу, обшивка із азбоцементних листів або скловолокна і з новою системою водорозподілу, що забезпечує охолодження води до нормативних вимог (22-25<sup>0</sup>С). Схема такої градирні приведена на рис. 13.1.

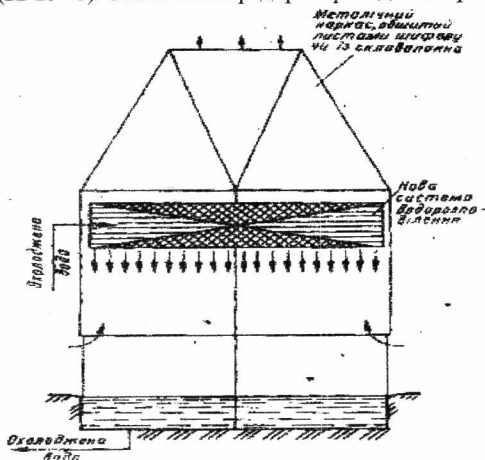


Рис. 13.1. Схема безвентиляторного охолоджувача (градирні)

Системи оборотного охолоджувального водопостачання головного корпусу з використанням нової градирні були впроваджені на трьох цукрових заводах: Шпиківському, Соколівському та ім. Цюрупи. Досвід експлуатації оборотної системи з розробленою градирнею на цих заводах підтвердив ефективність охолодження оборотної води і відповідність її температури нормативним вимогам [14].

Охолодження оборотної води до нормативних вимог ( $24^{\circ}\text{C}$ ) має велике значення, так як задовольняє умови конденсації утфеліної пари та створення необхідного вакууму при уварюванні утфелів. Розрахунки показують, що недоохолодження оборотної води на  $1^{\circ}\text{C}$  призводить до необхідності збільшення витрат цієї води на 30% до маси буряків. У випадках, коли температура оборотної води не відповідає нормативним вимогам, для конденсації утфеліної пари і підтримання необхідного вакууму використовують свіжу технічну воду із водойми. Це призводить не тільки до збільшення витрат свіжої води (водоспоживання), але і до порушення балансу води в оборотній системі і необхідності скидання надлишкових вод із системи в стічні води, очистка яких вимагає додаткових затрат. Тому для вирішення питання зниження негативного впливу недоохолодженої оборотної води і підтримання необхідного вакууму в вакуум-апаратах доцільно застосувати роздільну вакуум-конденсаційну установку, схема якої приведена на рис. 13.2. [14], для вакуум-апаратів I кристалізації, для вакуум-апаратів II і III кристалізації і для випарної установки. Свіжа технічна вода, що призначена для дифузійних установок (живильна вода), спочатку нагрівається утфеліною парою із вакуум-апаратів I кристалізації, а потім - до заданої температури в конденсаторі випарної установки, який у цьому випадку відіграє роль пароконтактного підігрівача. Це дає змогу знизити кількість утфеліної пари, яка конденсується оборотною водою, та використати частину її тепла та тепла пари із випарної установки в дифузійному процесі.

Розглянуті вище заходи направлені на підвищення ефективності охолодження оборотної води і доведення її температури до нормативної, що дає можливість знизити витрати свіжої води (водоспоживання) і кількість стічних вод (водовідведення) у бурякоцукровому виробництві.

Важливим заходом щодо підвищення ефективності охолодження оборотних вод є уникнення скидань надлишкових конденсатів вторинної пари (аміачної води) в оборотну систему вод I категорії головного корпусу. Скидання конденсатів вторинної пари в оборотну систему призводить не тільки до втрати тепла по заводу, але і до значного підвищення температури оборотних вод, що направляються на охолодження, і як наслідок, неспроможність охолоджувачів впоратися з тепловим навантаженням по відведенню тепла і зниженню температури оборотної води до нормативних вимог.

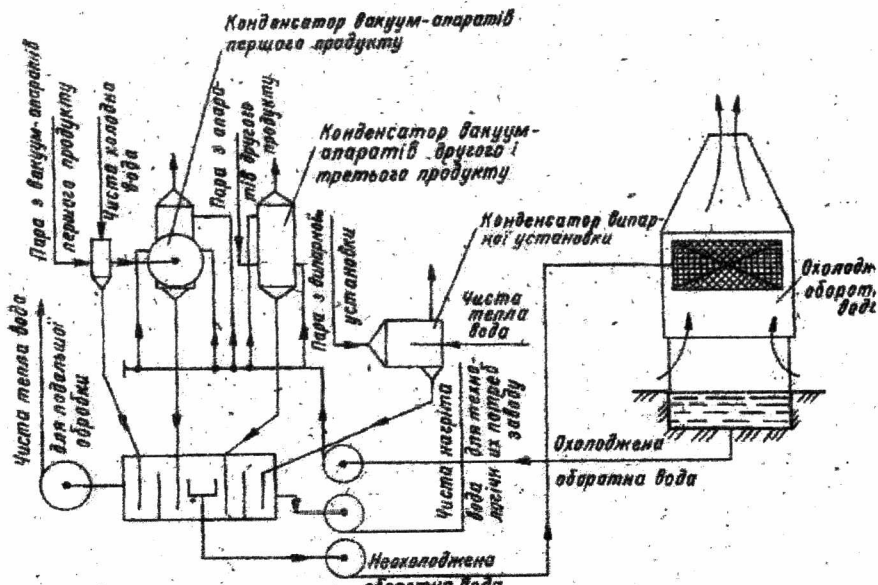


Рис. 13.2. Схема оборотної системи вод 1 категорії головного корпусу з удосконаленою градирнею та з вакуум-конденсаційною установкою одержання живильної води для дифузії

Згідно з типовою балансовою схемою водоспоживання і водовідведення бурякоцукрового заводу [15], кількість конденсатів вторинної пари, що утворюються в процесі випаровування соку та уварювання утфелів, складає 131,7% до маси буряків, які використовуються в заводі наступним чином, в % до маси буряків:

- живлення парових котлів - 50
- приготування вапняного молока - 11
- промивка осаду на вакуум-фільтрах - 13
- розбавлення відтоків - 0,2
- підігрівання утфелю 111 кристалізації - 4,0
- інші споживачі (лабораторія заводу та ін.) - 6,8

Разом : - 85,0

Невикористані в технологічних процесах конденсати в кількості 46,7% до маси буряків ( $131,7 - 85,0 = 46,7$ ), так звані надлишкові конденсати, можуть бути використані в дифузійному процесі в якості живильної води.

Їх використання в дифузійному процесі дає можливість знизити витрати тепла на технологічні процеси, знизити витрати свіжої води по заводу та змен-

шити кількість стічних вод, що утворюється в процесі виробництві. Але перешкодою на шляху використання конденсатів в якості живильної води є присутність в конденсатах аміаку, який, як відомо, негативно впливає на технологічні процеси, сприяє переходу нецукрів в дифузійний сік, особливо пектинових речовин, а також бере активну участь в реакціях утворення меланоїдинів – речовин, що інтенсивно забарвлюють продукти виробництва, в тому числі цукор.

Для видалення аміаку із конденсатів вторинної пари в бурякоцукровому виробництві запропоновано ряд технологій [16-18], які дозволяють видаляти аміак із конденсатів з різною ефективністю. До таких технологій слід віднести видалення аміаку за рахунок іонообміну з використанням сильноокислою катіоніту марки КУ-2, регенерація якого проводиться сірчистою кислотою, яку одержують при сульфатації води. Недоліком цієї технології є утворення дуже агресивних стічних вод, очистка і знешкодження яких потребує значних коштів.

Електродіалізний метод видалення аміаку із конденсатів дозволяє вилучити аміак із конденсатів більше, ніж на 80%. Використання конденсатів після електродіалізої обробки в якості живильної води дає можливість підвищити чистоту дифузійного і очищеного соку, знизити забарвленість продуктів і вміст в них солей кальцію. Але ця технологія не знайшла свого застосування у виробництві в силу значних енергетичних затрат на проведення процесу електродіалізу.

Видалення аміаку із конденсатів за рахунок його десорбції із водних розчинів досить часто використовується в бурякоцукровому виробництві як на вітчизняних, так і на зарубіжних цукрових заводах. Ця технологія базується на розчинності газу у воді в залежності від його парціального тиску і температури. В стані рівноваги при постійній температурі і загальному тиску залежність між парціальним тиском газу, або його концентрацією в газовій фазі і складом рідкої фази однозначна. Ця залежність виражається законом Генрі [19].

$$P_A = EX_A$$

де  $P_A$  - парціальний тиск газу, що поглинається і перебуває в рівновазі з розчином, який містить концентрацію  $X_A$  (в молях, долях);

$X_A$  - концентрація газу в розчині в рівновазі з газовою фазою;

$E$  - коефіцієнт пропорційності, або коефіцієнт Генрі, який залежить від виду газу і температури.

Таким чином, для видалення аміаку із конденсатів необхідно створити умови, при яких розчинність аміаку в воді була б мінімальною. Ці умови передбачають високу температуру рідкої фази, тобто конденсатів, в яких розчинений аміак, та мінімальний парціальний тиск аміаку в газоподібній фазі. Такі умови створюють в спеціальних апаратах-десорберах, в яких конденсат зустрічається з парою – газоподібною фазою, в яку і переходить аміак із конденсатів – з рідкої фази. Прикладом використання такої технології для

деамонізації конденсатів і використання їх в якості живильної води є схема, що розроблена ВНИИСП та ВО "Укрцукортехенергоремонт" [17]. Схема включає апарат-десорбер, або контактний деамонізатор – переобладнаний пароконтактний підігрівач барометричної води марки РЗ-ПКП, обладнаний ящиком-гідрозатвором і контуром рециркуляції. В якості газоподібної фази використовується вторинна пара із III корпусу випарної установки. Ефективність видалення аміаку із конденсатів при випробуваннях складала 65%. Недоліком цієї схеми є необхідність у витратах електроенергії для контуру рециркуляції.

До більш удосконаленої технології видалення аміаку із конденсатів і підготовки живильної води для дифузійного процесу слід віднести технологію, розроблену в УкрНДЦП [20], яка передбачає не тільки видалення аміаку методом десорбції, але і одержання бісульфіту кальцію, який позитивно впливає на процес дифузії, знижує перехід нецукрів у дифузійний сік, підвищує його якість і стабільність. Крім того, його присутність в дифузійному процесі притічує життєдіяльність мікроорганізмів, що забезпечує зниження втрат цукру на дифузії.

На рис.13.3. приведена технологічна схема деамонізації конденсату та одержання живильної води з бісульфітом кальцію.

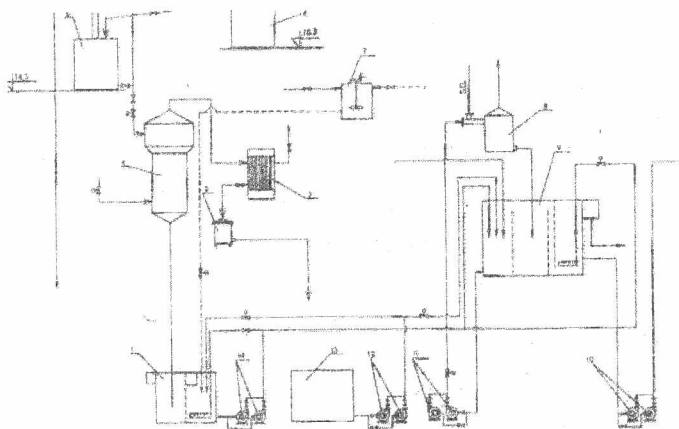


Рис. 13.3. Технологічна схема деамонізації конденсату та одержання живильної води з бісульфітом кальцію

1 – збірник деамонізованого конденсату; 2 – конденсатовідвідник; 3 – підігрівач дефекованого соку; 4 – контактний деамонізатор; 5 – напірний збірник; 6 – збірник аміачних конденсатів; 7 – мішалка вапняного молока; 8 – сульфітатор; 9 – збірник-реактор; 10, 11, 12, 14 - насоси; 13 - збірник барометричної води

Схема була реалізована на Яготинському цукровому заводі. Під час випробувань витрати конденсату, який направлявся на контактний деамонізатор, становили 45...80 м<sup>3</sup>/год, а температура конденсату - 92...93<sup>0</sup>С. Початковий вміст міаку в конденсаті, який надходив в деамонізатор, становив 140...190 мг/дм<sup>3</sup>, вміст міаку в деамонізованому конденсаті – близько 45 мг/дм<sup>3</sup>, ефект деамонізації склав - 72...81%. Вміст міаку в конденсаті із випару, тобто в конденсаті із пари, яка підходила із деамонізатора і направлялась на підігрівач дефекованого соку, становила близько 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Суміш деамонізованого конденсату і барометричної води після струминного сульфітатора мала середнє рН 3,0 од. Вапно, що добавлялось в деамонізований конденсат перед сульфітатором, переходило в розчин у вигляді бісульфіту кальцію в присутності надлишку сірчистої кислоти. Середній вміст бісульфіту кальцію в цій суміші становив 620 мг/дм<sup>3</sup>.

Експлуатаційні випробування технологічної схеми одержання живильної води із стерилізуючим ефектом бісульфітом кальцію із конденсатів підтвердили можливість використання цієї схеми на бурякоцукрових заводах. Розроблена технологія дає можливість знизити витрати свіжої води (водоспоживання) та зменшити кількість скидів у водойму, а також утилізувати тепло конденсатів, підвищити якість дифузійного соку та знизити втрати цукру в дифузійному процесі.

#### **14. ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ОБОРОТНИХ ВОД ТА МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЇХ ЯКОСТІ**

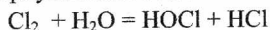
Багаторазове використання води в оборотній системі, а також багаторазове її нагрівання і охолодження призводять до забруднення води. Основними джерелами забруднення оборотних вод у системі охолоджувального водопостачання головного корпусу є утфельна пара, яка безпосередньо контактує з водою у вакуум-конденсаційній установці, а також атмосферне повітря, з яким оборотна вода контактує в охолоджувачах (бризкальні басейни, градирні). Джерелом забруднення оборотної води може бути також і свіжа технічна вода із джерела водопостачання, яка в своєму складі містить забруднюючі речовини (завислі і органічні речовини, мінеральні солі та солі жорсткості) і яка додається в оборотну систему для компенсації втрат.

Накопичення в оборотних водах забруднень, особливо органічного походження, в присутності кисню із повітря призводить до швидкого розмноження різних видів мікроорганізмів, спектр яких настільки широкий, що кількість гетеротрофних психрофільних бактерій досягає величини 10<sup>7</sup> клітин в 1 см<sup>3</sup>. Ці скупчення складаються із 5% сухих речовин і 33% органічних речовин. Зовнішній вигляд і фізичні особливості скупчення, які утворюються в середовищі, що забруднене цукром, відрізняються від скупчень, які розвиваються в інших середовищах. Основною відмінністю є щільний слиз, утворений, в основному, декстриновими переплетіннями грибних гіфів

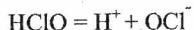
дріжджоподібної форми з желеподібною біомасою, що є основною причиною їх високої стійкості до дезінфектантів. Подальший розвиток скупчень мікроорганізмів і грибів призводить до так званих біологічних обростань елементів градирні, особливо зрошувачів і розподільної системи, що призводить до порушень теплообміну між водою і охолоджуючим повітрям та зниження ефективності охолодження води. Біологічні обростання призводять до забруднення оборотної води завислими та органічними речовинами, продуктами розкладу біологічних обростань, які частково відмирають і разом із охолодженою водою поступають у басейн градирні. При накопиченні цих речовин у басейні градирні необхідно частину оборотної води скидати в стічні води, відкриваючи вентиль, розташований в нижній частині басейна і передбачений для цього.

#### 14.1. Технології знезараження оборотних вод

Для зниження інтенсивності розвитку біологічних обростань на градирнях і бризкальних басейнах оборотну воду перед подачею на градирню або бризкальний басейн і після них обробляють хлорреагентами: хлорною водою, розчином гіпохлориту натрію та розчинами хлорного вапна, або гіпохлориту кальцію. Хлорну воду одержують шляхом розчинення газоподібного хлору в воді, яку потім дозують в оборотну воду. Розчинення газоподібного хлору в воді відбувається в спеціальних апаратах – хлораторах, в яких газоподібний хлор із балонів, або бочки, змішується з водою, в якій газ розчиняється з утворенням хлорнуватистої і соляної кислот:



Хлорнуватиста кислота дисоціює на іон водню і гіпохлорит-іон згідно з рівнянням :



Найбільш ефективною є хлорнуватиста кислота (HOCl), яка має значну окислювальну силу, малий розмір молекули і є електрично нейтральною; вона швидко проходить оболонку клітини мікроорганізму і діє на внутрішньоклітинну речовину, при цьому викликає порушення життєвих процесів живлення клітини. Гіпохлорит-іон (OCl<sup>-</sup>) має меншу окислювальну силу [21]. Присутність у воді розчинного газоподібного хлору, хлорнуватистої кислоти та гіпохлорит-іонів прийнято називати "активним хлором", оскільки їх присутність у воді забезпечує її знезараження від різних видів мікроорганізмів. Встановлено, що присутність у воді всього 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> активного хлору після 30 хвилин його контакту з водою забезпечує повну стерильність цієї води [21].

На цукрових заводах, де експлуатуються оборотні системи вод I категорії головного корпусу, запроєктовано і побудовано хлораторні для знезараження оборотних вод газоподібним хлором, але через високі вимоги до умов їх

експлуатації та необхідності суворого додержання правил техніки безпеки ці споруди не експлуатуються як хлораторні, а використовуються для інших цілей.

До реагентів, які при взаємодії з водою виділяють у воду як хлорнуватисту кислоту, так і гіпохлорит-іон, - так званий "активний хлор", належать гіпохлорит натрію, гіпохлорит кальцію та хлорне вапно. Всі вони відносяться до так званих хлорреагентів і широко використовуються для знезараження води і других технологічних розчинів, а також для дезінфекції в побуті.

Розчин гіпохлориту натрію може бути одержаний на місці його споживання шляхом електролізу повареної солі, або в готовому вигляді доставляється на цукровий завод з хімічного заводу. Його дозуванню в оборотну воду не вимагає складних пристроїв, а вимоги щодо його застосування не такі суворі, як при експлуатації хлораторних з газоподібним хлором. Використання розчинів хлорного вапна та гіпохлориту кальцію не знаходить широкого застосування через низьку розчинність цих реагентів у воді, а також через вміст у них різних домішок, у тому числі і завислих речовин.

Всесоюзним науково-дослідним інститутом цукрової промисловості (ВНИИСП) були проведені випробування з використання електролітичного гіпохлориту натрію, одержаного із розчинів повареної солі, для знезараження оборотних вод I категорії та транспортерно-мийних вод (II категорії) [22]. Для цих цілей були випробувані електролізери проточного і непроточного типу з різною продуктивністю по активному хлору, спеціально розроблені для одержання гіпохлориту натрію із розчинів повареної солі.

Випробування показали, що одержаний гіпохлорит натрію можна використовувати для знезараження води в оборотних системах водопостачання бурякоцукрового заводу і отримувати при цьому необхідний ефект знезараження води. Але широкого використання ця технологія в цукровій галузі не набула через значні енерговитрати на процес електролізу та дозування гіпохлориту натрію із залишковою концентрацією повареної солі в оборотні води. Проте гіпохлорит натрію, одержаний на хімзаводах, за своїми якість значно перевищує електролітичний, як за вмістом активного хлору, так і за відсутністю повареної солі, тоді як за вартістю – набагато дешевший електролітичного. Тому на сьогодні для знезараження оборотних вод в бурякоцукровому виробництві використання гіпохлориту натрію виробництва хімічної галузі є найбільш доцільним.

Важливим при проведенні знезараження оборотних вод цукрового виробництва хлорреагентами є визначення оптимальних доз цих реагентів по активному хлору та місце їх введення у воду. З метою визначення оптимальної дози активного хлору для знезараження оборотних вод I та II категорії ВНИИСП були проведені комплексні дослідження з хлоропоглинальності оборотних вод цукрового заводу, ступеня їх забрудненості по ХСК, а також по ефективності знезараження води, яку визначали на основі зниження кількості

мікроорганізмів різних видів до і після обробки води активним хлором. На основі результатів досліджень було встановлено, що хлоропоглинальність оборотних вод і оптимальна доза хлору для знезараження води залежать від ступеня забрудненості води по ХСК. Ця залежність має прямий кореляційний зв'язок з відповідними високими коефіцієнтами кореляції. Ця обставина дала можливість встановити емпіричну формулу для розрахунку оптимальної дози хлору по величині ХСК води. Формула має наступний вигляд:

$$D = 0,04 \text{ ХСК} - 0,37, \text{ мг/дм}^3$$

Виробничі випробування по знезараженню оборотних вод I категорії в виробничих умовах підтвердили достовірність цієї залежності, отже, її рекомендовано застосовувати в бурякоцукровому виробництві [21, 22]. Для дозування хлореагента в воду використовують різні дозувальні пристрої: постійної дози і пропорційні витратам води. Конструкція таких пристроїв описана в літературі [21]. Останніми роками для дозування як коагулянтів і флокулянтів у воду, так і хлор реагентів, широко використовують спеціальні насоси-дозатори, що автоматично дозують реагенти пропорційно витратам води в оборотній системі.

#### **14.2. Технології обробки оборотних вод для стабілізації їх якості**

Зниження витрат свіжої води на підживлення оборотних систем охолоджувального водопостачання та зменшення величини продувки оборотної системи – кількості стічних вод можна досягти шляхом переведення оборотних систем на замкнутий режим роботи. При цьому режимі роботи скидання продувочних вод мінімальне або зовсім відсутнє, а свіжа вода використовується тільки на поповнення безповоротних втрат води. Цей режим роботи оборотної системи з мінімальною продувкою вимагає вирішення питань, пов'язаних із стабілізаційною обробкою оборотної води.

У практиці експлуатації оборотних систем охолоджувального водопостачання використовують різні методи і способи, направлені на запобігання сольових відкладень, зниження корозії металевих конструкцій, біологічних обростань та зменшення накопичення завислих речовин, але їх застосування для оборотних систем у бурякоцукровому виробництві потребує експериментальних досліджень і випробувань.

Всесоюзним НДІ цукрової промисловості (ВНИИСП) [23] були виконані дослідження по стабілізаційній обробці води в охолоджувальній оборотній системі головного корпусу на моделі оборотної системи. Дослідження проводились по двох схемах використання води в системі. Перша з них передбачала аналогію використання води в оборотній системі вод I категорії бурякоцукрового заводу тільки в замкнутому режимі, тобто без скиду частини оборотної води в стічні води, так званих продувочних вод.

Друга схема використання води в оборотній системі передбачала, крім налогії використання води в оборотній системі основного корпусу, ще стабілізаційну обробку частини оборотної води (20% до витрат оборотної води). Стабілізаційну обробку частини оборотної води після охолоджувача здійснювали шляхом фільтрування цієї води через напірний фільтр, направлений кварцовим піском, з наступним поверненням фільтрату в оборотну систему, а також додаткову сепарацію утфельної пари перед її конденсацією в аерометричному конденсаторі. При проведенні випробувань заміряли всі необхідні параметри для визначення водного-хімічного режиму роботи оборотної системи, а також якість води в оборотній системі.

Динаміку змін якості оборотної води за такими важливими показниками, як вміст завислих речовин і хімічне споживання кисню (ХСК), за період випробувань моделі оборотної системи наведено на рис. 14.1. та на рис.14.2.

На рис.14.1 наведено криві, що характеризують динаміку зміни показників якості води в залежності від тривалості рециркуляції води в оборотній системі в замкненому режимі без стабілізаційної обробки оборотної води. Із характеру кривих видно, що при замкненому режимі роботи оборотної системи без стабілізаційної обробки оборотної води такі основні показники якості води, як вміст завислих речовин та хімічне споживання кисню (ХСК) підвищуються в залежності від тривалості рециркуляції води в оборотній системі. При дослідженні також було зафіксовано підвищення вмісту хлоридів, сульфатів та підвищення загальної жорсткості води і зниження її стабільності.

Поясненням цього явища є те, що підживлення оборотної системи відбувалося не тільки конденсатами утфельної пари, але і ставковою водою, в якій були присутні не тільки різноманітні солі, але і органічні речовини.

Ці дослідження підтвердили, що робота оборотної системи вод 1 категорії основного корпусу цукрового заводу в замкненому режимі неможлива через значне накопичення в оборотній воді як завислих, так і органічних речовин, а також других забруднювачів, що можуть викликати ускладнення при експлуатації оборотної системи.

На рис. 14.2 наведено криві, що характеризують динаміку змін вмісту завислих речовин в оборотній воді та біхроматної окисності (ХСК) оборотної води в залежності від тривалості рециркуляції води в оборотній системі при замкненому режимі її роботи, але із стабілізаційною обробкою частини оборотної води. Характер кривих на рис 14.2 показує, що за період випробувань якість оборотної води, а саме вміст завислих речовин в оборотній воді та біхроматна окисність (ХСК) оборотної води змінювалась незначуще і, в основному, залишалася на тому рівні, який відповідає цим показникам на початку випробувань. Також і другі показники якості води, як вміст хлоридів, сульфатів, загальна жорсткість і стабільність оборотної води залишалися майже на початковому рівні.

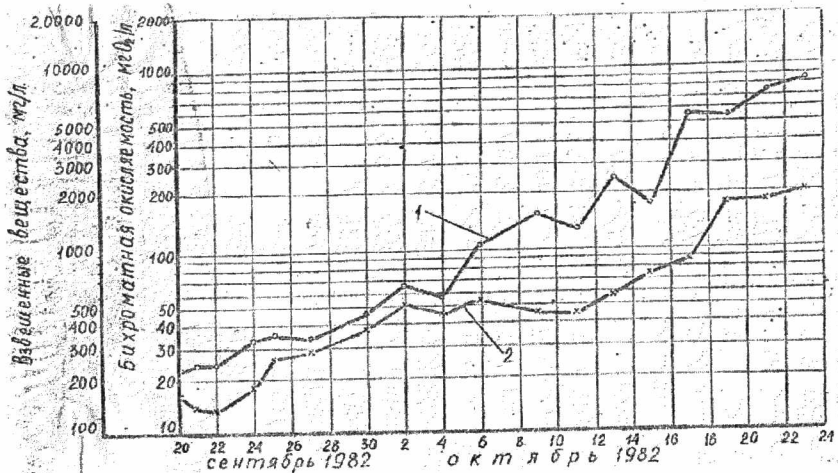


Рис. 14.1 Динаміка змін вмісту завислих речовин і біхроматної окисності (ХСК) в оборотній воді в залежності від тривалості її рециркуляції в системі та при експлуатації системи в замкнутому режимі. 1 - біхроматна окисність (ХСК); 2 - завислі речовини.

Ці випробування вказують на принципову можливість роботи оборотної системи вод I категорії бурякоцукрового заводу в замкнутому режимі при умові стабілізаційної обробки частини оборотної води з наступним поверненням цієї води в оборотну систему.

Як підтвердили випробування, стабілізаційну обробку оборотної води можливо здійснювати шляхом фільтрування частини оборотної води (до 205 до її витрат) на фільтрах із зернистим завантаженням (кварцовий пісок, дроблений керамзит і т. ін.) і при запобіганні проникнення продуктів виробництва з утфелною парою в оборотну систему за рахунок удосконалення сепараційних пристроїв. На основі випробувань було спроектовано станцію по стабілізаційній обробці оборотної води на діючому цукровому заводі продуктивністю 3 тис. т переробки буряків на добу. Станція включала радіальний напірний фільтр із завантаженням із кварцового піску продуктивністю по воді до 100 м<sup>3</sup>/год., конструкцію якого було розроблено ВНИИСП і Смілянським СКБ. До комплексу фільтра входить система автоматичного керування його роботою, що дозволяє експлуатувати його без спеціального обслуговування та в оптимальному режимі. Станція стабілізаційної обробки оборотних вод I категорії була спроектована і змонтована на Погребищенському цукровому заводі Вінницької області. Результати показали, що даний спосіб стабілізаційної обробки оборотної води дає можливість експлуатувати оборотну систему вод I категорії головного корпусу в замкнутому режимі. Це, у свою чергу, уможливило значне зниження витрати свіжої води на підживлення оборотної

системи та зменшення кількості стічних вод, що відводяться із цукрового заводу на очисні споруди [24].

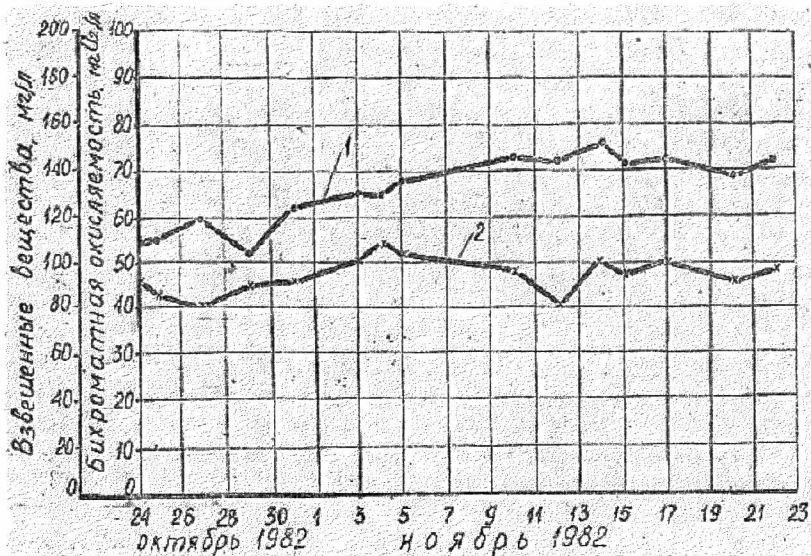


Рис. 14.2 Динаміка змін вмісту завислих речовин в оборотній воді та біхроматної окисності (ХСК) оборотній воді в залежності від тривалості її рециркуляції в замкненій оборотній системі при стабілізаційній обробці оборотній воді

1 - біхроматна окисність (ХСК); 2 - завислі речовини

## 15. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ (АПО) У БУРЯКОЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Одним із шляхів зниження витрат води на охолодження і конденсацію пари в бурякоцукровому виробництві є заміна водяного охолодження на повітряне. Такий метод охолодження пароподібних, газоподібних та рідких середовищ широко використовують в нафтопереробній, нафтохімічній, хімічній, газовій та інших галузях промисловості багатьох країн світу. Повітряне охолодження також використовують для конденсації водяної пари, в першу чергу, в місцях, де є труднощі із забезпеченням виробництва водою. Для використання повітряного охолодження як у країнах СНД, так і в інших, розроблено різноманітні конструкції апаратів повітряного охолодження (АПО), призначенням яких є охолодження рідких технологічних потоків та конденсація арозолових сумішей, у тому числі водяної пари.

Для вивчення можливості використання повітряного охолодження в бурякоцукровому виробництві ВНДЦП (ВНИИСП) на Яготинському

експериментальному цукровому заводі була змонтована вакуум-конденсаційна установка (ВКУ) з апаратом повітряного охолодження зигзагоподібного типу (АПЗ). Установка призначалась для конденсації утфельної пари із вакуум-апаратів і вторинної пари із останнього корпусу випарної установки. Апарат повітряного охолодження зигзагоподібного типу мав технічну характеристику: поверхня теплообміну, м<sup>2</sup>: по оребреній поверхні – 5300; по внутрішньому діаметру труб – 440; кількість секцій в апараті – 6 шт.; потужність двигуна вентилятора – 90 кВт; частота обертання двигуна – 250 об/хв.

Виробничі випробування з використання апарата повітряного охолодження для конденсації утфельної пари свідчили, що ВКУ з АПО забезпечує вимоги по підтриманню необхідного вакууму при варці утфелів, одержанню конденсату з температурою 48-53<sup>0</sup>С, який використовували в якості живильної води для дифузії замість барометричної води. Вміст аміаку в конденсаті після АПО складав 100-160 мг/дм<sup>3</sup>, а після ресивера-дегазатора, який був включений в схему підготовки конденсату для живлення дифузії, його вміст складав уже 60-85 мг/дм<sup>3</sup>.

Відомча приймальна комісія відмітила, що використання повітряного охолодження для конденсації утфельної пари в бурякоцукровому виробництві забезпечує необхідний вакуум при уварюванні утфелів та необхідне розрідження при згущенні соків, а також дозволяє знизити витрати води на конденсацію пари в кількості 400-450% до маси буряків і повернути у виробництво конденсат пари в кількості 20-23% до маси буряків і використати його тепло. На основі виробничих випробувань з використання повітряного охолодження для конденсації пари була запроєктована і побудована вакуум-конденсаційна схема з АПО на Яготинському цукровому заводі (основне виробництво) потужністю 3 тис. т переробки буряків на добу. В якості основного обладнання цієї схеми були використані апарати повітряного охолодження зигзагоподібні з двома вентиляторами типу 1АВЗ-Д, загальний вигляд якого наведено на рис. 15.1.

Апарат цієї конструкції складається із шести трубних секцій прямокутної конфігурації, в які вставлені поперечно оребрені біметалеві труби довжиною 8 м. Приводи вентиляторів встановлені на окремі фундаменти. В апаратах 1АВЗ-Д використовуються два вентилятори діаметром 2800 мм, в яких можна регулювати кут установки кожної лопаті. Апарати оснащені жалюзі з ручним приводом для можливості регулювання подачі охолоджувального повітря. Технічна характеристика апарата 1АВЗ-Д: поверхня теплообміну, м<sup>2</sup> зовнішня з оребренням – 9000; внутрішня – 375; діаметр теплообмінних труб, мм: внутрішній – 25; зовнішній з оребренням – 50; потужність електродвигуна – 30 кВт; частота обертів вентилятора – 428 об/хв.; кількість лопатей – 8 шт.

Вакуум-конденсаційна схема з апаратами повітряного охолодження типу 1АВЗ-Д, змонтована на Яготинському цукровому заводі (основне виробництво), приведена рис. 15.2. Схема обладнана кінцевим охолоджувачем

конденсатором), призначенням якого є конденсація надлишкового пари та колодження газів, що не конденсуються, до температури  $30^{\circ}\text{C}$  перед вакуум-насосами. В схемі передбачено два варіанти відводу конденсату. Перший варіант: є безпосередня відкачка конденсату із вакуум-ресивера насосом і подача його в збірник аміачної води; другий варіант: відведення конденсату метричною трубою в збірник-гідрозатвор, який розташований в станції підняття буряків. Як показали випробування схеми, її продуктивність з пари складала близько 27 т/год при початковій температурі охолоджувального повітря  $12^{\circ}\text{C}$  і при розрідженні  $0,84\text{--}0,88 \text{ кг/см}^2$ . Питоме навантаження з пари, що конденсувалася в апаратах, досягало  $1 \text{ кг/м}^2\cdot\text{год}$  обробленої поверхні або  $24 \text{ кг/м}^2\cdot\text{год}$  в розрахунку на внутрішню поверхню теплообмінних труб.

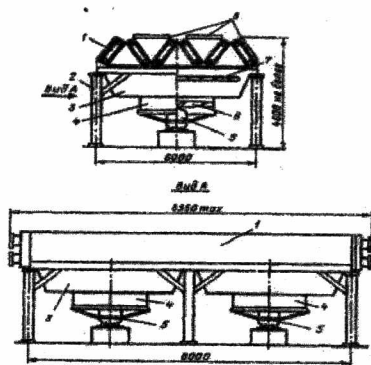


рис. 15.1. Загальний вигляд апарату повітряного охолодження типу ІАВЗ-Д  
1 - теплообмінні секції; 2 - несуча конструкція; 3 - дифузор; 4 - колектор; 5 - колесо вентилятора; 6 - привід вентилятора; 7 - зволожувач; 8 - комплект жалюзі

Досвід експлуатації вакуум-конденсаційної схеми з апаратами повітряного охолодження для конденсації утфельної пари протягом двох років показав, що її використання дозволяє забезпечити необхідне розрідження при варюванні утфелів та при випарюванні соку, повернути у виробництво конденсат утфельної пари з температурою близько  $50^{\circ}\text{C}$  і, таким чином, утилізувати частину тепла, яке раніше безповоротно втрачалось з поворотною водою. Головним є те, що робота схеми дозволила знизити витрати охолоджувальної води близько 450% до маси буряків, які раніше скидалися в водоїму. Як показали спостереження, якість води в водоїмі за вказаний період роботи схеми значно поліпшилась. Досвід експлуатації апаратів повітряного охолодження для конденсації утфельної пари також підтвердив необхідність конструктивних удосконалень апаратів, які б відповідали умовам урлякоцукрового виробництва.

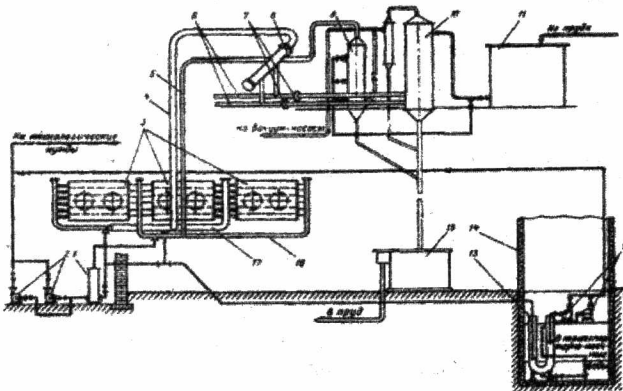


Рис. 15.2. Вакуум-конденсаційна схема з апаратами повітряного охолодження типу ІАВЗ-Д для вакуум-апаратів 1 кристалізації на Яготинському цукровому заводі (основне виробництво)

1 - вакуум-ресивер конденсату; 2 - насоси подачі конденсату на технологічні потреби в завод; 3 - апарати повітряного охолодження типу ІАВЗ-Д; 4 - трубопровід утфельної пари на АПО; 5 - трубопровід неконденсованих газів із АПО; 6 - трубопровід утфельної пари на конденсатор; 7, 8 - глушки; 9 - кінцевий охолоджувач; 10 - барометричний конденсатор; 11 - напірний збірник свіжої води; 12 - насоси подачі конденсату в завод; 13 - гідро затвор; 14 - насосна станція піднімання буряків; 15 - барометричний ящик; 16 - колектор неконденсованих газів; 17 - колектор утфельної пари

Необхідно також підкреслити, що повітряне охолодження в бурякоцукровому виробництві можливо використовувати і для безпосереднього охолодження оборотної води в "чистих" оборотних системах водопостачання, таких як оборотна система вод І категорії ТЕЦ, компресорної КВПiA і компресорної станції для безпартного збереження цукру в силосах. Це дозволило б вказані системи перевести на замкнутий режим роботи без скиду оборотної води та їх підживлення. Але застосування таких систем охолоджувального водопостачання в бурякоцукровому виробництві потребує виконання експериментальних досліджень з цього питання.

## Література

1. Сучасні завдання охорони навколишнього середовища у цукробуряковому виробництві (передова)// Цукор України.–1994.–№3.–С.5-7
2. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий.– М.: Стройиздат, 1972.– 296 с.
3. Сорокин А.И. Обратное водоснабжение сахарных заводов: Прилож. к журналу сахарная свекла: производство и переработка.– М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.
4. Унифицированные методы анализа вод //Под. ред. д.хим. н. Ю.Ю. Лурье. - 2-е изд., пер.– М.: Химия, 1973. –376 с.
5. Алекин О.А. Основы гидрохимии. –М.: Гидрометеиздат, 1953.– 115 с.
6. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды (процессы и аппараты). -2-е изд., перер. и доп. –К.: Наукова думка, 1971. – 499 с.
7. Сорокин А.І., Запольський А.К. Рациональне використання водних ресурсів в цукровій промисловості України// Цукор України. –2005. –№5.–С. 42-45.
8. Пархомец А.П., Тарганчук С.А. Физические свойства и химический состав сточных вод 1 категории свеклосахарных заводов //Сахарная промышленность.– 1974.– №5.– С. 30-31.
9. Находкина В.З. Микробиология и микробиологический контроль в свеклосахарном производстве. – М.: Пищевая промышленность, 1975. –152 с.
10. Сорокин А.И., Пархомец А.П. Методы и устройства для обеззараживания оборотных вод в свеклосахарном производстве. –М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1983.– 24 с.
11. Лецианова Л. Биоденоз поверхностной и охлаждающей воды, загрязненной сахаром.//Listy Cukrovarnicke. -1977.-№ 1. –С.17-18.
12. 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.
13. Сорокин А.І., Скалозуб В.М. Водно-хімічний режим оборотної системи вод 1 категорії цукробурякового заводу //Цукор України.– 1994.– №3.– С. 8-11.
14. Довгопол В.І. Впровадження контуру оборотного водопостачання вод 1 категорії цукор України.– 1994.– №3.– С. 17-19.
15. Пархомец А.П. и др. Методические рекомендации по схеме водоснабжения и реализации с минимальным расходом исходной воды и количества сточных вод для новых комплексно реконструируемых сахарных заводов. –К.: ВНИИСП,1986. – 19 с.
16. Кулинич Н.В., Головняк Ю.Д., Ярмилко В.Г. и др. Результаты производственных испытаний применения для диффузионного процесса деаммонизированных конденсатов// Сахарная промышленность. – 1977. – №8. – С. 23-28.
17. Схема деаммонизации конденсатов соковых паров для использования их в качестве трагентов в диффузионных установках свеклосахарного завода: Технологический регламент. – К.: ВНИИСП, 1990. – С. 15.
18. Базлов В.Н., Ковтун А.Н., Холодова З.В. Схема деаммонизации и использования конденсата// Сахарная свекла. –1989. – № 2. – С. 55-56.
19. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты в химической технологии.- 8-е изд., перераб. –М.: Химия, 1971. – 784 с.
20. Сорокин А.І., Штангеев К.О., Перфильев А.В. Технологія одержання живильної води в дифузійному процесу з стерилізуючим ефектом// Цукор України. – 2003. – № 6. –С.12-13.
21. Сорокин А.И., Пархомец А.П., Находкина В.З. Методические рекомендации по дезинфекции вод 1 и 2 категорий газообразным хлором и электролитическим гипохлоритом в цукробуряковом производстве на свеклосахарных заводах. –К.: ВНИИСП, 1979. – 41 с.

22. Сорокин А.И. и др. Исследования по хлоропоглощаемости и хлоропотребности вод 1 и 11 категорий сахарного завода с целью их обеззараживания // Сахарная промышленность. – 1979.– №1.– С. 12-17.

23. Сорокин А.И. Результаты исследований по стабилизационной обработке оборотной воды 1 категории на модели оборотной системы: В сб. Науч. трудов ВНИИСП "Технологические особенности сахарного производства и пути повышения его эффективности". – К., 1987.– С. 84-94.

24. Сорокін А.І. Розробка замкненої оборотної системи теплообмінних вод цукрового заводу: Збірник доповідей міжнародного семінару "Підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва та проблеми екології і відходів". - К., 1994.- 14-18 листоп.– С. 75-77.

25. Сорокин А.И. и др. Аппараты воздушного охлаждения в сахарной промышленности //Пищевая промышленность. – 1989.–№4.–С. 42-45.

26. Сорокин А.И., Штангеев К.О., Новоселецкий В.Д. Воздушное охлаждение при конденсации утфельных паров //Сахарная промышленность. – 1997.– №3.– С. 24-26.

**Навчальне видання**

Анатолій Іванович Сорокін

**ОБОРОТНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В  
БУРЯКОЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ  
ОБОРОТНИХ ВОД**

Навчальний посібник

Технічне редагування Н.Я. Костіна  
Редактор Л. Вишенська

Підписано до друку 20.12.2008. Формат 60x90/16.  
Папір білий. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк.3,15. Наклад 200 прим.

**Інститут післядипломної освіти НУХТ**  
03190 м. Київ, вул. Естонська, 8а  
[ipdo@ipdo.kiev.ua](mailto:ipdo@ipdo.kiev.ua)  
[www.ipdo.kiev.ua](http://www.ipdo.kiev.ua)