

УДК 629.13.29

Поплавська В.В., к.т.н., доцент Назаренко О.М.,  
Запорізька державна інженерна академія

## ДО МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПІДЖИВЛЮВАЛЬНОЇ ВОДИ ВОДНОГО БАСЕЙНУ р. ДНІПРО м. ЗАПОРІЖЖЯ

*Запропоновано новий підхід у моделюванні надійності роботи промислового охолоджуваного обладнання. Новизна підходу полягає у створенні системи моніторингу якості споживаних природних ресурсів та забезпеченні стабільного водно-хімічного режиму за рахунок оперативного регулювання роботи системи водопостачання.*

*Ключові слова:* система водопостачання, жорсткість води, контроль, моніторинг, інспекція, екологія, датчик, живильна вода, коефіцієнт водообігу

**Актуальність теми.** Тема енергозбереження в промисловості актуальна для питання ресурсозбереження. Питання контролю за використанням ресурсів є стратегічно важливим у плані можливого подорожчання природних ресурсів. Розробка системи моніторингу технічного стану природних ресурсів і підвищення ефективності їх використання – важливе державне завдання. Перші кроки її реалізації запропоновані в даній роботі.

**Цілі і завдання дослідження.** Створення системи відстеження якості природних вод та їх вплив на безперебійність технологічного процесу підприємств.

Складність завдання полягає в організації процесу збору даних і автоматизації системи з точки зору оперативного контролю за технологічним процесом.

**Матеріал дослідження.** У роботі задіяні показники водно-хімічного режиму підприємства та зміни в роботі обладнання в результаті зміни якості підживлювальної води. Вплив неякісної води на тривалість роботи виробничого обладнання очевидний. Здійснюється спробі використання вторинних вод підприємств для замикання системи водопостачання підприємств. Налагодження системи моніторингу сировини необхідна для налагодження системи екологічного менеджменту на запорізьких підприємствах.

Місто Запоріжжя – адміністративний, культурний, промисловий центр, який займає площу 0,236 тис. кв. км з чисельністю населення понад 858,3 тис. чол., щільністю – 3637 чол. на 1 кв. км.

Місто входить до числа найбільш забруднених міст України. Основні забруднювачі атмосферного повітря і поверхневих вод області розташовуються в м. Запоріжжя.

Стан р. Дніпро на всій протяжності території Запорізької області є життєво важливою проблемою для суспільства, оскільки Дніпро є єдиним джерелом питної води м. Запоріжжя, міст і селищ, розташованих на його узбережжях, цінним рекреаційним та господарським ресурсом не тільки для Запорізької області, а й для України в цілому. Крім того, на території м. Запоріжжя на о. Хортиця розташований Національний заповідник «Хортиця», який має велике загальнонаціональне значення.

Водний фонд Запорізької області представлений Каховським водосховищем з об'ємом води 18,2 км<sup>3</sup>, Дніпровським водосховищем – 3,3 км<sup>3</sup>, 65 малими річками (довжиною більше 10 км) загальною довжиною 2867 км (у тому числі в межах області 2638 км), 28 водосховищами на малих річках з загальним об'ємом води 74,8 млн. м<sup>3</sup>, 753 ставка з об'ємом води 162,3 млн. м<sup>3</sup>. Середній річний обсяг поверхневого стоку, який формується на території області, складає 0,5 км<sup>3</sup>/год., стік річки Дніпро – 53,0 км<sup>3</sup>/год.

Річка Дніпро в межах Запорізької області має довжину 154 км (водна адреса – від 204 км до 358 км). В межах м. Запоріжжя довжина р. Дніпро становить 34 км (водна адреса – від 300 км до 334 км).

Постійний розвиток сучасної цивілізації разом з її потужною інженерно-технічною інфраструктурою тягне за собою постійне збільшення обсягів водоспоживання і як наслідок – негативно позначається на показниках якості води водних басейнів, що в свою чергу порушує екологічну рівновагу систем і призводить до втрати їх здатності самовідновлення.

Якість води р. Дніпро неодмінно впливає на санітарно-епідеміологічне благополуччя населення і є невід'ємно важливим фактором для стабільної роботи промислових підприємств.

Вода р. Дніпро в межах міста Запоріжжя маломінералізована, має помірну кольоровість, малокаламутна. Кольоровість води знаходиться в межах 30-80 град. Здебільшого її значення становлять 30-40 град.

Значення кольоровості, перманганатна окислюваність, загальний вміст органічного вуглецю обумовлено присутністю у воді природних органічних сполук.

Формування якісного і кількісного вмісту води р. Дніпро здійснюється в умовах болотистій місцевості, яка значно збагачує воду гумусовими сполуками.

Значним компонентом природних органічних сполук дніпровської води є фульвокислоти. Їх вміст у воді в десятки разів перевищує вміст гумінових кислот. Перевага в дніпровській воді вмісту фульвокислот щодо гумінових кислот погіршує умови очищення такої води методом коагуляції і окислення.

У періоди повеней або при загибелі фітопланктону внаслідок його масового розвитку може спостерігатися запах у воді.

Так, усереднені показники якості води р. Дніпро у районі міста Запоріжжя за 2011-12 року склали наступні значення, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості води р. Дніпро

Показники якості	2011			2012		
	мін.	макс.	серед.	мін.	макс.	серед.
Кольоровість, град	29	51	40,5	24	46	37,6
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	<0,58	5,7	1,74	<0,58	7,6	2,27
pH	7,8	9,3	8,12	7,6	8,9	8,02
Лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	2,8	3,8	3,18	2,5	3,4	2,93
Жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	3,4	4,8	3,86	3,2	4,1	3,65
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	19	33	23,7	18	31	23,0
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	24,8	63,7	40,99	22,8	51,1	34,27
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	239,6	356,1	291,61	215,4	298,1	256,78
Окислюваність, мг/дм <sup>3</sup>	8,2	14,4	11,06	7,2	14,7	10,59
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	0,6	2,4	1,52	0,6	3,7	1,74
Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	<0,04	0,19	0,042	<0,04	0,22	0,044
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,42	0,270	0,16	0,36	0,240
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,04	0,027	0,01	0,03	0,022

Всі вищевказані фактори відіграють значну роль при роботі підприємств будь-якої галузі, в тому числі і теплогенеруючого сектора. Адже від показників якості води, що надходить в систему підприємства, безпосередньо залежить безперебійність роботи установок, їх надійність та довговічність.

У випадку недостатньо ефективного рівня водопідготовки, при циркуляції води в системі відбувається накопичення відкладень в трубопроводах (накип та шлам) та корозія трубопроводів. Накопичення відкладень в трубопроводах в свою чергу тягне за собою значне зниження коефіцієнту теплопровідності, так як накип і шлам погано проводять тепло (у 20-30 разів гірше заліза).

Накип, відкладена на стінках барабана котла та пароперегрівуючих труб, перешкоджає їх нормативному охолодженню. Температура труб підвищується, в результаті чого під тиском пари на них можуть утворюватися плями та

наприкінці навіть розриви. При забрудненій поверхні нагрівання робота котла неекономічна, температура газів збільшується, що приводить до зниження ККД котла і перевитрати енергоресурсів. Крім того, несвоєчасне усунення зазначених відкладень тягне за собою вихід з ладу дорогого технологічного устаткування.

Водний баланс системи – співвідношення приходу і витрати води з урахуванням зміни її запасів за вибраній інтервал часу для розглянутого об'єкта.

Водний баланс підприємства – співвідношення живильної і витраченої води, необхідної для задоволення потреб підприємства.

При розрахунку водного балансу теплогенеруючих підприємств крім основного обсягу споживаної води враховуються обсяги води, необхідні на покриття втрат води в мережі, на випаровування, на продувку та підживлювання системи в кількостях, як правило, отриманих розрахунковим шляхом.

Швидкість продувки визначається з урахуванням утворення корозії і відкладень, а також наявними показниками якості та кількості вихідної води.

При нормальних робочих режимах системи, розрахована кількість підживлення підтримується постійною. Таким чином, обсяг підживлювальної води дорівнює різниці загальної кількості води, що циркулює в системі, і втрат в системі.

Кількість циклів водообігу показує відношення концентрації розчинених твердих речовин в оборотній воді по відношенню до підпитної води, і визначається рівнянням :

$$N = \frac{C_R}{C_M} ,$$

де  $C_R$  – концентрація розчинених твердих речовин в оборотній воді;  
 $C_M$  – концентрації розчинених твердих речовин в живильній воді.

При сталому режимі, кількість розчинених твердих речовин, що подаються до системи з живильною водою еквівалентно сумі розчинених твердих речовин, які видаляються з системи за допомогою продувки:

$$C_M \times M = C_R \times (B + W).$$

Об'єднавши вищевказані рівняння отримуємо:

$$N = \frac{C_R}{C_M} = \frac{M}{B + W} ;$$

$$N = \frac{E + B + W}{B + W} .$$

Таким чином, значення  $N$  обчислюється з рівняння водного балансу в системі.

Кількість циклів обороту води регулюють шляхом регулювання продувки води, тому що втрати постійні при сталості умов експлуатації.

Рисунок 1 показує типове відношення між кількістю циклів обороту та обсягами водоспоживання. Збільшення циклів концентрації призводить до зниження обсягів продувочної води та економії живильної води. Як показано на малюнку 1, кількість підпиточної води не буде значно знижуватися до тих пір, поки кількість циклів водообігу не досягне 5 разів.

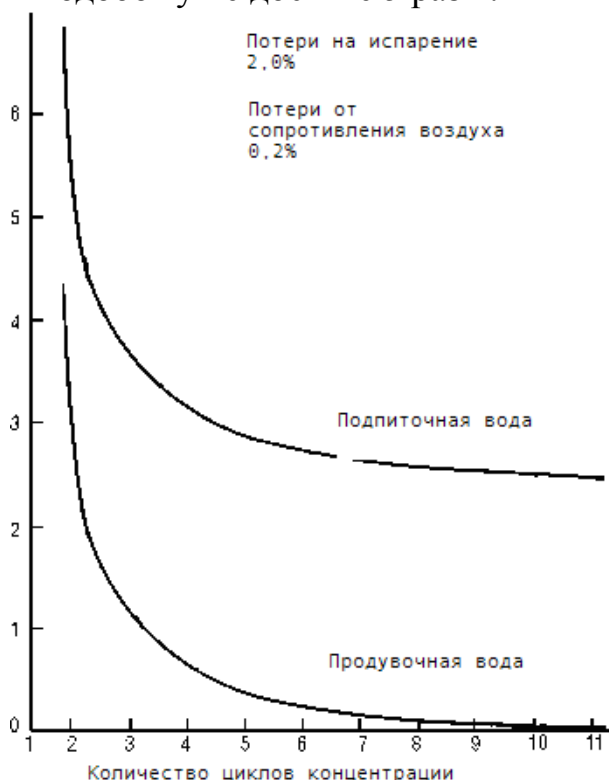


Рис. 1. Взаємозв'язок між живильною, продувочною водою і кількістю циклів обороту

З іншого боку, функціонування систем охолодження водою при більш високій кількості циклів концентрації розчинних солей може привести до погіршення якості охолоджуючої води і різних технічних проблем. Крім того, реактиви для обробки води мають певні межі їх ефективності, тому необхідно визначати відповідну кількість циклів концентрації. Таким чином, досконала водяна система охолодження може працювати з кількістю циклів концентрації від 3 до 5.

Постійний контроль якості води по суті вимагається для запобігання корозії системи, виникнення відкладень. Для достатнього контролю якості води важливо розуміти вплив кожного параметра якості води на виникнення проблем, а також взаємозв'язок між якістю води і впливом хімічних речовин.

Найбільшу увагу при проведенні контролю за якістю води слід приділити показникам, наведеним у таблиці 2.

Таблиця 2 – Елементи управління якісними показниками живильної води і їх призначення

Елемент управління	Призначення
рН	Захист від корозії, накопичення відкладень пов'язаних с продуктами корозії
Загальна жорсткість	Вплив на поверхню теплопередачі, скорочення утворення шламу
Масила та жири	Попередження піноутворення та попадання в котел Попередження відкладень на поверхні теплообміну
Розчинний кисень	Антикорозійний захист
Загальний залізо та мідь	Попередження утворення накипу на поверхні теплообміну Попередження відкладень корозії
Гідразин	Антикорозійний захист трубопроводів живильної води, бойлерів та конденсату
Електрична провідність	Попередження корозії та відкладень
Двоокис кремнію	Профілактика на поверхні теплообміну

Метою моніторингу водних об'єктів є створення інформаційного забезпечення управління водним фондом в частині раціонального використання водних об'єктів і охорони вод від забруднення та виснаження, а також запобігання шкідливого впливу вод (з урахуванням їх взаємодії з іншими компонентами навколишнього середовища) і збереження сприятливого для життєдіяльності людини середовища проживання.

Можна зробити **висновок**, що при стрімко зростаючої урбанізації важливість контролю якості води повинна стати першочерговим завданням для всього людства. Адже банально нагадувати, що вода – це життя, і якої тривалості вона у нас буде, багато в чому залежить від нашого розумної поведінки.

### Література:

1. Алферова Л.А. Методология создания замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов // Научн. тр. ВНИИВодГЕО. Методы физико-химической очистки сточных вод. – 1981. – № 4. – С. 3-40.
2. Алферова Л.А. Анализ и обобщение опыта проектирования и эксплуатации замкнутых систем водного хозяйства, промышленных

предприятий и комплексов // Материалы семинара «Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий и районов». – М.: Знание, 1982. – С. 3-10.

3. Пантелят Г.С., Диордиева Т.С., Бублай Г.М. Разработка требований к составу охлаждающей воды в системах оборотного водоснабжения металлургических предприятий. Очистка водного и воздушного бассейнов на предприятиях черной металлургии. Вып.5. – М.: Металлургия, 1976. – С. 76-81.

4. Левин Г.М., Пантелят Г.С., Вайнштейн М.А., Супрун Ю.М. Защита водоемов от загрязнений сточными водами предприятий черной металлургии. – М.: Металлургия, 1978. – 216 с.

5. Холодный В.А., Пантелят Г.С. Замкнутые системы водоснабжения на предприятиях черной металлургии // Водоснабжение и санитарная техника. – 1982. – № 3. – С. 31-42.

6. Пантелят Г.С., Холодный В.А. Исследование, разработка и освоение комплексов замкнутых систем оборотного водоснабжения основных производств металлургических предприятий без сброса сточных вод в водоемы // Материалы семинара «Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий и районов». – М.: Знание, 1982. – С. 33-39.

7. Hosokawa T., Iwasaki M., Komatsubara H. Kurita Handbook of Water Treatment. Part 1, 2. 2 nd English Edition. Tokyo: Kurita Water Industries Ltd., 1999. – 499 p.

### АННОТАЦИЯ

Предложен новый подход в моделировании надежности работы промышленного охлаждаемого оборудования. Новизна подхода заключается в создании системы мониторинга качества потребляемых природных ресурсов и обеспечении стабильного водно-химического режима за счет оперативного регулирования работы системы водоснабжения.

*Ключевые слова:* система водоснабжения, жесткость воды, контроль, мониторинг, инспекция, экология, датчик, подпиточная вода, коэффициент водооборота

### ANNOTATION

A new method approach to modeling the reliability of industrial cooling equipment. The novelty of the approach is to create a system for monitoring the quality of consumed natural resources and ensuring sustainable water-chemical regime at the expense of operational control of the water supply system.

*Keywords:* water system, water hardness, control, monitoring, inspection, ecology, sensor, feed water, water recycling factor