

URSZULA GABRIEL

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

DANIELA SZANIAWSKA

Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

Zamykanie obiegów wodnych w zakładach przemysłowych

Wprowadzenie

W przemyśle cukrowniczym zużywane są ogromne ilości wody, ok. 20 m³/t buraków [1]. Rosnące koszty zużycia wody oraz wymagania środowiskowe powodują konieczność stosowania systematycznych i zintegrowanych procedur minimalizacji zużycia wody i zrzutu ścieków.

Metody modyfikacji struktur sieci wodnych, ze względu na sposób poszukiwania rozwiązania, można podzielić na dwie grupy: 1. metody koncepcyjne (graficzne, kalkulacyjne, algorytmiczne i heurystyczne), 2. optymalizacja matematyczna [2]. Wadą metod koncepcyjnych jest ich złożoność, a zaletą możliwość wglądu w strukturę sieci. Główną wadą metod z zastosowaniem optymalizacji matematycznej jest brak możliwości wglądu w strukturę modyfikowanych sieci.

W publikacji przedstawiono wyniki weryfikacji opracowanej procedury algorytmicznej zastosowanej do modyfikacji wybranego elementu struktury sieci wodnej cukrowni.

Algorytm modyfikacji struktury sieci wodnej

Opracowany algorytm modyfikacji struktury sieci wodnej (AMSSW), składa się z dwóch części, algorytmu alokacji strumieni (AAS) oraz algorytmu wyboru metody oczyszczania (AWMO). W ramach AAS analizowane są możliwości ponownego użycia wody bezpośrednio lub po zmieszaniu oraz po zastosowaniu regeneracji. AWMO umożliwia wybór metody regeneracji strumieni wytynowanych w ostatnim etapie algorytmu alokacji strumieni [3]. Ranking metod odpowiednich do regeneracji analizowanych strumieni dokonywany jest na

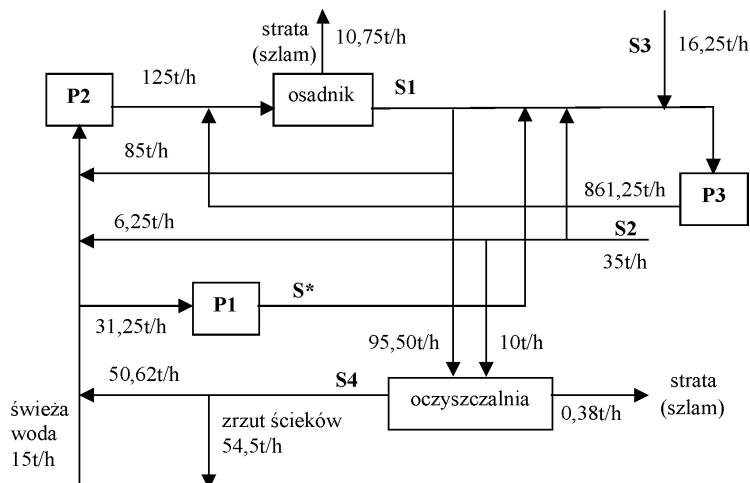
podstawie dwóch kryteriów: sprawności oraz kosztów. Do budowy rankingu procesów wykorzystano metodę unitaryzacji zerowej, która pozwala na łączne porównywanie różnych kryteriów wyboru metody, zarówno wpływających dodatnio (stymulanty) jak i ujemnie (destymulanty) na wartość oceny.

Cechą charakterystyczną opracowanego algorytmu jest możliwość niezależnej analizy rozwiązań uzyskanych w poszczególnych etapach. Umożliwia to wybór rozwiązania o minimalnym zużyciu wody przy akceptowalnym stopniu złożoności sieci wodnej, uwzględniającym możliwości ekonomiczne zakładu. AMSSW jest uniwersalny, może być stosowany zarówno dla procesów o ustalonym ładunku jak i procesów o ustalonym przepływie, pozwala na niezależną analizę obu podsystemów sieci wodnej (zasilania i oczyszczania).

Modyfikacja sieci wodnej z zastosowaniem opracowanego algorytmu

Analizie z zastosowaniem AMSSW poddano wybrany element sieci wodnej cukrowni, którego strukturę (Rys. 1) oraz niezbędne dane (Tabl. 1 i 2) opracowano na podstawie publikacji [4, 5]. Modyfikowana struktura sieci wodnej obejmuje trzy pobory (P1-P3) oraz cztery strumienie/źródła (S1-S4) i jest częściowo zamknięta, w wyniku zawrócenia wody po regeneracji w osadniku oraz w zakładowej oczyszczalni ścieków. Głównym zanieczyszczeniem jest zawiesina. Element sieci wodnej wybrany do analizy zasilany jest wodą świeżą w ilości 15 t/h i generuje 54,5 t ścieków na godzinę.

Wyniki analizy badanej sieci z zastosowaniem AMSSW zestawiono w tablicach 3 i 4. Pierwszy stopień modyfikacji z za-



Rys. 1. Schemat analizowanej struktury sieci wodnej cukrowni przed modyfikacją

stosowaniem AAS obejmował analizę możliwości alokacji strumieni po zmieszaniu, A2 oraz po regeneracji, A3 (Tabl. 3). Drugi stopień analizy obejmował wybór jednej z 4 metod regeneracji strumienia S4, wybranego na etapie A3.

Tablica 1
Źródła i pobory w modyfikowanym elemencie sieci wodnej cukrowni

Pobory	Źródła
P1 – płuczka gazu	S1 – woda zregenerowana w osadniku
P2 – mycie buraków	S2 – woda z obiegu barometrycznego
P3 – transport buraków	S3 – ścieki z laboratorium oraz elektrociepłowni
	S4 – woda opuszczająca oczyszczalnię ścieków

Tablica 2
Natężenia przepływu, F oraz stężenia zawiesiny, C dla źródeł i poborów w modyfikowanej sieci wodnej

Źródła			Pobory			
symbol	F [t/h]	C [ppm]	symbol	F [t/h]	C [ppm]	L [kg/h]
S1	991,71	1540	P1	31,25	45	–
S2	35	100	P2	125	975	635,383
S3	16,25	100	P3	861,25	1475	7200,05
S4	105,12	50				

Tablica 3
Natężenia przepływu F , t/h dla strumieni (S1-S4) przyporządkowanych poborom (P1-P3) uzyskane z zastosowaniem algorytmu AAS

	Źródła	A2			A3		
		Pobory			Pobory		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3
Zawiesina	S1	0	75,95	823,6	0	75,95	823,6
	S2	0	35	0	0	35	0
	S3	0	14,05	2,20	0	14,05	2,20
	S4	28,14	0	35,44	31,25	0	35,44
	SW	3,13	0	0	0	0	0
ΣSW		3,13			0		
Ścieki		63,21			60,08		

Dane dotyczące wyboru metody regeneracji zestawiono w tablicy 4. Sumaryczna ocena, Q procesów oczyszczania strumieni w celu obniżenia zawartości zawiesiny, zawartych w bazie algorytmu AWMO, obejmowała dwa kryteria, sprawność oczyszczania, E [%] oraz koszty całkowite, K [\$/m³].

W analizowanym przypadku wymagane jest 10% obniżenie stężenia zawiesiny w strumieniu S4 skierowanym do zasilania poboru P1 (Tabl. 3). Zawarte w bazie algorytmu AWMO metody oczyszczania były wybierane pod względem kompaktowości (ograniczona powierzchnia; możliwość zastosowania oczyszczania w miejscu). Wszystkie analizowane metody spełniają kryterium sprawnościowe. Proces mikrofiltracji został wybrany, ze względu na najniższe koszty oczyszczania.

Tablica 4
Zestawienie danych dotyczących wyboru metody regeneracji z zastosowaniem algorytmu AWMO

Metoda oczyszczania	Koszty całkowite metody oczyszczania [6, 7]	Sprawność oczyszczania dla zawiesiny [6, 7]	Sumaryczna ocena
	K [\$m ³]	E [%]	
Węgiel aktywny	0,0778	60	0,95
Filtr zraszany	0,0351	80	1,49
Ultrafiltracja	0,062–0,185	96	1,81
Mikrofiltracja	0,0289	90	1,75

Rozwiązanie uzyskane dla alokacji A2 pozwala zredukować o 79% zużycie wody w porównaniu z natężeniem 15 t/h. W przypadku rozwiązania A3 z zastosowaniem mikrofiltracji możliwe jest 100% wyeliminowanie poboru świeżej wody. Podwyższone natężenia przepływu ścieków opuszczających oczyszczalnię w pierwszym (63,2 t/h) i drugim (60,1 t/h) rozwiązaniu w porównaniu ze strukturą sieci przed modyfikacją, generującą 54,5 t/h ścieków spowodowany został koniecznością skierowania do oczyszczalni kolejnego, potencjalnego źródła wody do ponownego użycia (strumień S* rys. 1), który nie był uwzględniany w analizie ze względu na brak danych dotyczących wartości zawartego w nim zanieczyszczenia.

Podsumowanie

W wybranym do analizy elemencie struktury sieci wodnej cukrowni, w której głównym zanieczyszczeniem jest zawiesina, zastosowanie opracowanego algorytmu AMSSW pozwoliło na uzyskanie redukcji zużycia wody, przy praktycznie niezmięnionej ilości generowanych ścieków:

- w przypadku samej alokacji strumieni z 15 t/h do 3,13 t/h
- w wyniku zastosowania dodatkowego procesu mikrofiltracji do regeneracji części strumienia S4 możliwe jest całkowite zamknięcie obiegu wody w analizowanej sieci.

Opracowany algorytm zostanie poddany weryfikacji z zastosowaniem sieci wodnej z wieloma zanieczyszczeniami w celu udoskonalenia i zwiększenia jego uniwersalności, co wiąże się z koniecznością uzupełnienia danych niezbędnych do analizy.

LITERATURA

1. L. Žbontar Zver, P. Glavič: Resources, Conservation and Recycling, **43**, 133 (2005).
2. M. Bagajewicz: Computers and Chem. Eng., **24**, 2093 (2000).
3. U. Gabriel: Praca doktorska, Pol. Szczecińska, 2007.
4. K. Urbaniec, J. Wernik: PRES 2000, Prague, Paper **H2.7**.
5. K. Urbaniec, J. Wernik: PRES 2002, Prague, Paper No. 818.
6. S.A. Ahmed, S.R. Tewfik, H.A. Talaat: Desalination, **152**, 339 (2002).
7. A.I. Schäfer, A. G. Fane, T. D. Waite: Water Research, **35**, No. 6, 1509 (2001).