

Metodyka oszacowania emisji lotnych związków organicznych ze zbiorników ścieków

W pakiecie Operat FB do oszacowania emisji lotnych związków organicznych ze zbiorników ścieków została przyjęta metoda T.T. Shena opisana w artykule w JAPCA oraz w „Ochronie Powietrza” z 1985 r.

Na podstawie zbadanego mechanizmu parowania substancji rozpuszczonych w wodzie opracowano sposób obliczania emisji związków organicznych ze zbiorników ścieków.

Emisję E danej substancji przenikającej z fazy ciekłej do gazowej wyraża równanie:

$$E = 18 \cdot 10^{-6} \cdot K_A \cdot A \cdot C_i$$

gdzie:

E- emisja g/s

K_A – współczynnik przenikania masy, $\text{gmol}/\text{cm}^2\text{s}$

A – powierzchnia zbiornika w cm^2

C_i – stężenie substancji w mg/dm^3

Zakłada się, że przenikanie masy można określić ogólnie stosowanym równaniem:

$$\frac{1}{K_A} = \frac{1}{K_c} + \frac{1}{K \cdot K_g}$$

gdzie:

K_C - współczynnik wnikania masy w fazie ciekłej $\text{gmol}/\text{cm}^2/\text{s}$,

K_g - współczynnik wnikania masy w fazie gazowej $\text{gmol}/\text{cm}^2/\text{s}$,

K - stała równowagi między fazą gazową, a ciekłą

Współczynnik K można obliczyć z równania określającego prawo Henry'ego:

$$K = 10^8 \frac{H_i}{P \cdot M}$$

gdzie:

H_i – stała Henry'ego $\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{gmol}$

P – całkowite ciśnienie, atm

M – średni ciężar cząsteczkowy fazy ciekłej

Wnikanie masy w fazie ciekłej można określić w sposób, który został oparty o doświadczenia z badań nad przenikaniem tlenu na granicy faz powietrze-woda. W zbiornikach wodnych, jeziorach, rzekach i oceanach. Według tych doświadczeń:

$$K_c = 3,59 \cdot 10^{-3} \cdot M^{-0,5} \cdot 1,024^{t-24} \cdot u^{0,67} \cdot h^{-0,85}$$

gdzie:

t - temperatura °C

u – prędkość wiatru m/s

h – głębokość zbiornika, m

Z kolei współczynnik wnikania masy w fazie gazowej zależy od prędkości wiatru, długości powierzchni parującej o rodzaju podlegającej dyfuzji substancji. Ujęto to w równaniu:

$$K_g = 8,05 \cdot 10^{-4} \cdot M_i^{-1} \cdot u^{0,78} \cdot z^{-0,11} \cdot Sc^{-0,67}$$

gdzie:

z – długość powierzchni zbiornika, m

u – prędkość wiatru m/h

Sc – liczba Schmidta ($Sc^{-0,67}$ dla masy cząsteczkowej <100 przyjmuje wartość 0,7, dla 100 do 200 0,6, powyżej 200 0,5).

Przedstawiony sposób obliczania emisji substancji rozpuszczonych w ściekach ma kilka słabych punktów. I tak, z powodu dużej zależności wyników od prędkości wiatru nadaje się on w zasadzie do oceny emisji w krótkim czasie, w obliczeniach zakłada się, że warstwa cieczy znajduje się w spoczynku, nie uwzględniono więc turbulencji wywołanej przez napowietrzanie w zbiornikach, ponadto nie uwzględnia się w podanych wzorach zjawiska adsorpcji parujących substancji na ciałach stałych i półstałych pływających na powierzchni zbiorników.

Porównanie wyników obliczeń z pakietu Operat FB z opracowanie Shena[1]

Dane: zbiornik 25 x 40 m, głębokość 3,5 m, prędkość wiatru 3 m/s, temperatura 25 °C, stężenie 100 mg/m³, stała Henrego dla benzenu 5,55*10³, dla chloroformu 3,39*10³ atm*m³/gmol.

	Shen	Operat FB
Przykład 1 emisja benzenu		
K _A	3,03 * 10 ⁻⁴	3,00 * 10 ⁻⁴
K _C	3,04 * 10 ⁻⁴	3,00 * 10 ⁻⁴
K _G	6,3 * 10 ⁻³	6,7 * 10 ⁻³
E	5,5	5,4
Przykład 2 emisja chloroformu		
K _A	2,68 * 10 ⁻⁴	2,41 * 10 ⁻⁴
K _C	2,68 * 10 ⁻⁴	2,42 * 10 ⁻⁴
K _G	3,48 * 10 ⁻³	3,75 * 10 ⁻³
E	4,9	4,4

Uwaga : różnice między wynikami są wywołane błędami obliczeniowymi w opracowaniu Shena np: $8,05 \cdot 10^{-4} \cdot 78^{-1} \cdot 10800^{0,78} \cdot 40^{-0,11} \cdot 0,7$ daje $6,74 \cdot 10^{-3}$, a nie $6,3 \cdot 10^{-3}$.

Literatura:

1. Shen T.T.: Estimation of organic compound emissions from waste Jaoons. JAPCA 1982, nr 1 s. 79-82.
2. Jak Koniecznyński, Danuta Kopyczok. Emisja lotnych związków organicznych ze zbiorników ścieków. Ochrona Powietrza 1985 r. nr 5-6. s. 96-98

Znajdowanie stałych Henry'ego dla innych substancji

Program zawiera tabelę stałych Henry'ego z opracowania Shena.

W przypadku innych substancji można skorzystać z opracowania Rolfa Sandera (<http://www.ceset.unicamp.br/~mariaacm/ST405/Lei%2520de%2520Henry.pdf>).