

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЗОНУВАННЯ ВОДИ

Триш В. Р., Безносик Ю. О.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»Київ, Україна
trishch1212@gmail.com

Очищення води – одна з найгостріших та головних проблем теперішнього часу. Постійно збільшується об'єм забрудненої води. Сьогодні якістю не може похвалитися навіть та вода, яка використовується для водопостачання. Постійного очищення потребують приблизно 90 % всіх водних ресурсів, що використовуються, тому що джерела прісної води не в змозі забезпечити вимогам населенню землі в загальному плані, а також зокрема землевласникам та містам. Озонування та хлорування це реальні й практичні методи, які знезаражують воду і пройшли перевірку на працюючих спорудах, з великим масштабом, водопідготовки. Найпоширенішим з них став метод хлорування. В процесі хлорування можуть утворюватися хлоровані вуглеводні шляхом з'єднання вуглеводнів, які містяться у воді, з хлором. В процесі озонування хлорованих вуглеводнів не утворюється. Озон є дуже сильним окисником, що руйнує віруси та бактерії, а також руйнує хлоровані вуглеводні, що з'являються в процесі хлорування, та інші вуглеводні. Він більш ефективний при знебарвленні води, не виникають сторонні присмаки та запахи.

Розглянуто процес озонування води, розроблено математичну модель розпаду озону в водному середовищі. Математична модель включає 39 кінетичних рівнянь.

Основною стадією ініціювання являється реакція між озоном і гідроксид-іоном, через яку виникає гідроксид-іон HO_2^- . Інші стадії представляють собою основну групу реакцій, завдяки яким проходить розвиток ланцюгового процесу розпаду озону. Також є реакції, які враховують термічний розпад озону, що існує в кислому середовищі. На основі вибраної кінетичної схеми з використанням основного закону хімічної кінетики складає система диференціальних рівнянь. Рівняння цієї системи описує зміну в часі концентрацій розчиненого озону та з'єднань, які утворилися при його розпаді.

Рішення даної системи диференціальних рівнянь не може бути вирішена методами Рунге-Кутта або Ейлера, через велику різницю між константами швидкості реакції. З чого слідує, що система диференціальних рівнянь є жорсткою. Тому користуватимуся числовими методами, які реалізовані в пакеті Matlab. Оскільки система жорстка то для рішення можна скористатися одним з методів: ode15s і ode23s. ode15s це адаптивний метод з багатьма кроками та змінного порядку. ode23s це одно кроковий метод, який використовує модифіковану формулу Розенброка другого порядку. Порівняно з ode15s алгоритм ode23s забезпечує високу швидкість рішення при меншій точності рішення жорсткої системи диференціальних рівнянь.

Результатом даної роботи є обчислювальний модуль, який можна використовувати для обрахунку кінетики перебігу процесу. Проведено комп'ютерне моделювання процесу озонування води.

Дана робота виконувалась згідно до завдань Науково-дослідної роботи кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів КПІ ім. Ігоря Сікорського «Інтелектуальна система для розроблення еко-безпечних процесів знешкодження шкідливих викидів» (№ держреєстрації 0117U007338, 2017-2021).