

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРАТАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Савченко Т. В., Ярощук Л. Д.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, tanjasavch@gmail.com

Фосфорна кислота – одна з найпоширеніших кислот, оскільки є сировиною для виробництва добрив, кормових фосфатів, зубних паст, харчових продуктів, для поверхневого захисту металів тощо. Термічний спосіб одержання ґрунтується на окисненні фосфору в надлишку повітря з наступною гідратацією й абсорбцією P_4O_{10} , що утворюється, та конденсацією фосфорної кислоти. У сучасній промисловості віддають перевагу двостадійному способу, при якому спочатку конденсують фосфор з газу фосфорної печі, а потім перетворюють його у фосфорну кислоту. Циркуляційно-випарні системи дають змогу сполучити в одній системі стадії спалювання фосфору, охолодження отриманих газів кислотою, що циркулює в зоні башти, та гідратацію P_4O_{10} .

Актуальність роботи пояснюється необхідністю обґрунтування структури системи автоматизації виробничого процесу.

Метою роботи є дослідження процесу гідратації-охолодження термічної фосфорної кислоти як об'єкта керування.

Розглянемо технологічні особливості зазначеного процесу. Башта гідратації має діаметр 3,3 м та висоту 15 м. У середині башти розташовані 3 яруси форсунок для розпилювання кислоти і 2 ряди насадки з кіл Рашига. У башту гідратації з башти спалювання надходить газоподібна метафосфорна кислота. Внутрішні стінки башти зрошують охолодженою циркуляційною кислотою (зрошувальний фосфорний ангідрид), що захищає футерування від руйнівних дій гарячих газів.

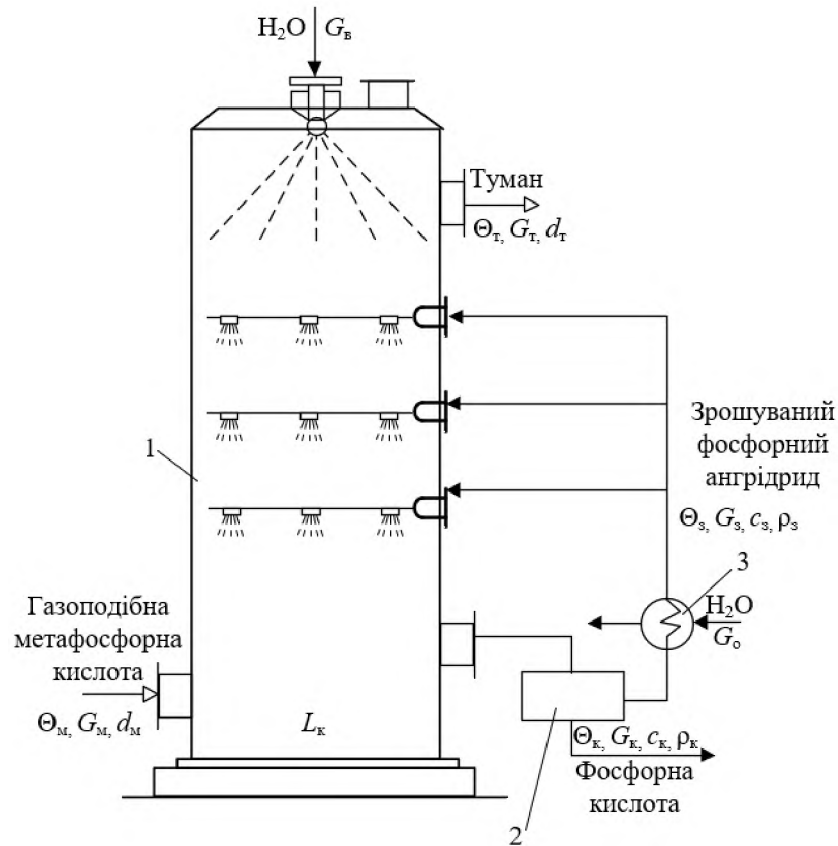
Газоподібна кислота надходить до башти гідратації з температурою 100 °С. Гідратація та охолодження метафосфорної кислоти відбуваються при її взаємодії з водою, що надходить у башту гідратації через верхню кришку.

При зрошуванні метафосфорна кислота перетворюється у ортофосфорну, яка в башті створює туман. У результаті зрошення температура кислоти знижується, досягаючи на виході з башти 40–45 °С. Із башти гідратації туман прямує в електрофільтр. Відхідні гази, виділені в процесі електрофільтрації, викидають в атмосферу. Продукцією на виході з башти є фосфорна кислота, основним показником якості вважають її концентрацію (нормативне значення – 75 %). Вона надходить у збірник, а з нього одну частину кислоти направляють на склад готової продукції, а іншу використовують як зрошувальний фосфорний ангідрид.

Для подальшого дослідження процесу визначимо **вхідні змінні**: Θ_M , Θ_3 – температури метафосфорної кислоти, зрошувального фосфорного ангідриду; G_M , G_3 , G_B – витрати метафосфорної кислоти, зрошувального фосфорного ангідриду, води; d_M – вологість метафосфорної кислоти; c_3 – концентрація зрошувальної фосфорної кислоти; ρ_3 – густина зрошуваного фосфорного ангідриду.

Вихідні змінні наступні: Θ_T, Θ_K – температури туману та фосфорної кислоти; G_T, G_K – витрати туману та фосфорної кислоти; d_T – вологість туману; c_K – концентрація фосфорної кислоти; ρ_K – густина фосфорної кислоти.

Структурно-параметричну схему башти гідратації-охолодження наведено на рисунку.



Структурно-параметрична схема башти гідратації-охолодження:
1 – башта гідратації-охолодження, 2 – збірник фосфорної кислоти, 3 – теплообмінник

Розглянемо типи змінних цього процесу з точки зору керування. Так, основною керованою змінною є показник якості продукції – концентрація фосфорної кислоти c_K (у збірнику 2). Керування c_K доцільно здійснювати впливом на витрату води G_B .

Існує потреба спостерігати та нормалізувати рівень кислоти, L_K у збірнику 2, уникаючи критичних меж (min, max). Таким чином L_K також керована змінна, якою можна керувати або витратою кислоти на склад, або витратою на циркуляцію.

Керованою змінною визначено також температуру в середині башти гідратації-охолодження (по Θ_T). Підтримувати температуру в середині башти можемо через витрату охолоджувача – води на вході теплообмінника 3.

Вхідні змінні об'єкта керування, які не визнані керованими або керувальними змінними, будемо розглядати як збурення, найбільш важливі з них потрібно контролювати або оцінювати опосередковано.