

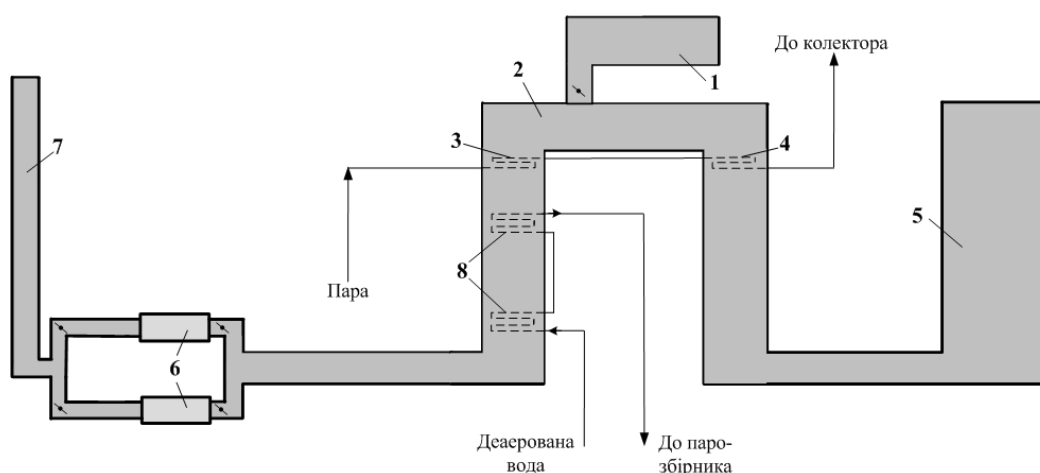
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ВПЛИВ ПУСКОВОГО ТА ДОПОМІЖНОГО КОТЛІВ НА СИСТЕМУ ПАРОРОЗПОДІЛУ В ЦЕХУ СИНТЕЗУ АМОНІАКУ ТИПУ АМ76

Вступ. Амоніак відноситься до числа найважливіших продуктів хімічної промисловості, а його щорічне світове виробництво перевищує 180 мільйонів тонн. В основному він використовується для виробництва добрив (нітрат та сульфат амонію, сечовина), вибухових речовин і полімерів, нітратної кислоти, соди (за амоніачним методом) та інших продуктів хімічної промисловості [1].

В Україні випуск амоніаку здійснюється на багатотонажних агрегатах типу АМ-76 [2]. Так як ресурсо- і енергоспоживання на українських підприємствах значно вище, ніж на сучасних світових агрегатах, без оптимізації технології та модернізації існуючих виробництв у зв'язку з підвищенням цін на сировину собівартість амоніаку значно зростає. У виробничій собівартості амоніаку близько 90% складає вартість природного газу, який використовується як в конверсії метану, так і для забезпечення агрегату парою. Пара потрібна для реакції конверсії і роботи турбін основних компресорів. Через високу вартість та великі витрати природного газу питання удосконалення виробництва для зниження його споживання є актуальним.

Постановка задачі. Для забезпечення установки парою, крім котлів-утилізаторів тепла конвертованого газу, працює також допоміжний котел (як додаткове джерело пари високого тиску), який вмонтовано у конвекційну зону реактора первинного риформінгу (рис.1). Проте ефективно регулювати паровий баланс всієї установки одним допоміжним котлом не завжди можливо через необхідність постійної підтримки тиску пари на одному рівні. Виникнення навіть незначних коливань одного технологічного параметра, який відноситься до системи виробництва пари високого тиску, викликає інерційне порушення балансу решти параметрів [3].



1 – допоміжний котел; 2 – конвекційна зона реактора; 3 – пароперегрівач першого ступеня;
4 – пароперегрівач другого ступеня; 5 – реакційна зона реактора; 6 – димососи;
7 – димова труба; 8 – підігрівач живильної води

Рисунок 1 – Схема реактора первинного риформінгу

У період пуску цеху, коли пара високого тиску ще відсутня, для запуску турбін компресорів та димососів використовують пусковий котел, який виробляє пару середнього тиску.

Задачею даної роботи є дослідження одночасної роботи допоміжного і пускового котлів при нормальній роботі цеху синтезу амоніаку типу АМ76 та визначення оптимального співвідношення їх навантажень для економії природного газу.

Нижче представлено принцип роботи основного обладнання систем пароутворення та паророзподілу.

При виробництві пари високого тиску деаерована вода подається насосами під тиском 12 МПа при температурі 120°C через підігрівач живильної води 8 (рис.1), розташований в конвекційній зоні печі первинного риформінгу 2, а також через три теплообмінники, де вода підігривається до температури 300°C, після чого об'єднується в одному колекторі і надходить до парозбірника 1 (рис.2).

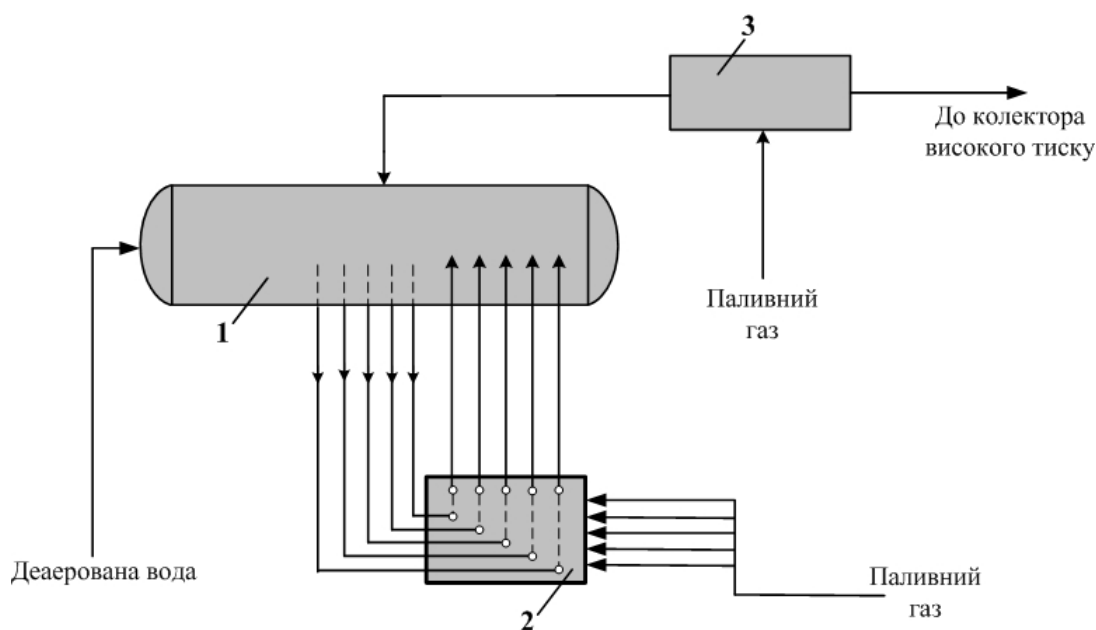


Рисунок 2 – Схема установки отримання пари високого тиску

З парозбірника 1 по опускних трубах вода надходить до котлів-утилізаторів та допоміжного котла 2, де за рахунок утилізації тепла конвертованого газу і спалювання паливного газу в топці допоміжного котла відбувається випаровування води при тиску 10,15 МПа. Розрідження в топці допоміжного котла підтримується відкриттям шибера, встановленого на вході до конвекційної зони реактора.

Пароводяна емульсія повертається до парозбірника (за рахунок природної циркуляції) по підйомних трубах. Для відділення води від насиченої пари парозбірник обладнано циклонними сепараторами і відбійними пристроями. Насичена пара з тиском 10,15 МПа і температурою 310°C надходить у пароперегрівач 3, який складається з двох ступенів, вмонтованих в конвекційну зону печі первинного риформінгу.

За рахунок утилізації тепла димових газів печі і допоміжного котла, які вилучаються димососами через конвекційну зону, а також тепла, що виділяється за рахунок додаткового спалювання паливного газу в пальниках пароперегрівача, пара перегрівается до 482°C і потрапляє в колектор пари високого тиску.

Система виробництва пари середнього тиску влаштована схожим чином, проте пусковий котел (рис.3) є однокорпусним.

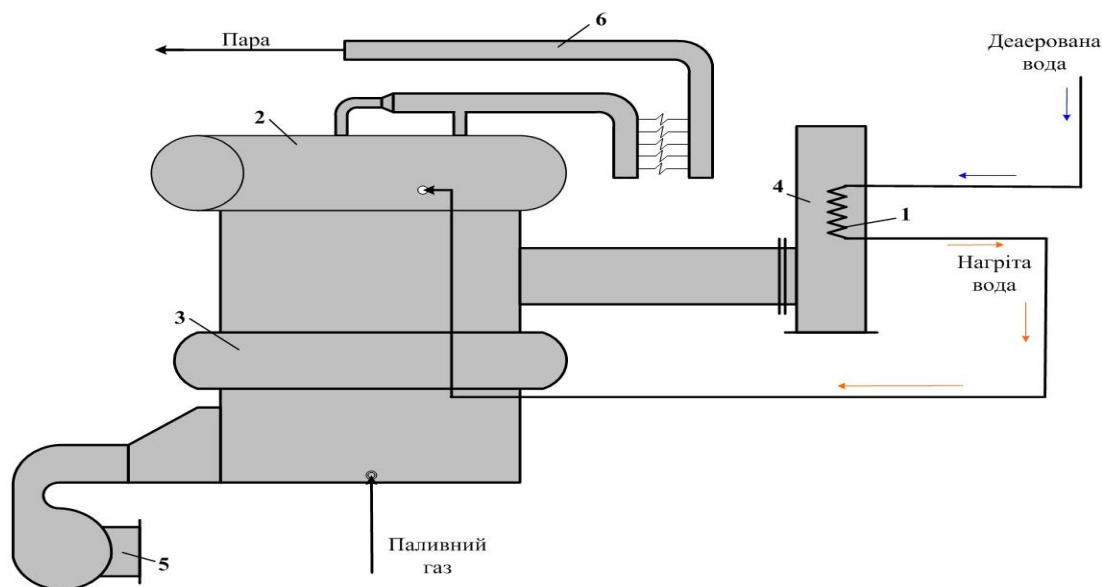


Рисунок 3 – Схема пускового котла

Живильна вода з деаератора подається насосом під тиском 6 МПа при температурі 120°C через економайзер 1 (у якому підігривається до 160°C), розташований в димовій трубі, у верхній барабан котла 2. Звідти по опускних трубах вода надходить в нижній барабан 3 і розподіляється по підйомних трубах котла, де відбувається її нагрівання і випаровування при тиску 3,8-4,3 МПа.

Повітря для горіння газу подається дуттьовим вентилятором 5 до пальника через шибери і реєстри для регулювання. Димові гази видаляються з топки в атмосферу через димову трубу 4.

Пароводяна емульсія за рахунок природної циркуляції повертається у верхній барабан котла, де відбувається сепарація пари, після чого вона надходить до колектора пароперегрівача і розподіляється по нагрівальних трубках, де нагрівається до температури вище 360°C. Перегріта пара збирається у вихідному колекторі і потрапляє у парохолоджувач 6, де постійна температура підтримується за рахунок вприскування холодної води, після чого перегріта пара надходить у колектор пари середнього тиску, звідки витрачається на роботу турбін компресорів та реакцію конверсії.

У системі паророзподілу при нормальній роботі цеху головним споживачем пари високого тиску є турбіна компресора синтез-газу 1 (рис.4). Після проходження другого ступеня турбіни проводиться відбір частково відпрацьованої пари під тиском 3,8-4,3 МПа в колектор пари середнього тиску. Постійний тиск пари підтримується за допомогою регулятора і клапанів відбору. Решта пари проходить чотири ступеня турбіни і направляється до системи вакуумної конденсації.

Пара середнього тиску споживається на роботу турбін: повітряного компресора, компресора природного газу, амоніачного компресора, димососів тощо.

Турбіни димососів 2 є протитисковими. Відпрацьована пара з них при тиску 0,35 МПа та температурі 290°C надходить в колектор пари низького тиску і використовується для термічної деаерації живильної води, обігріву обладнання цеху та інших технологічних потреб. Решта турбін 3 є конденсаційними.

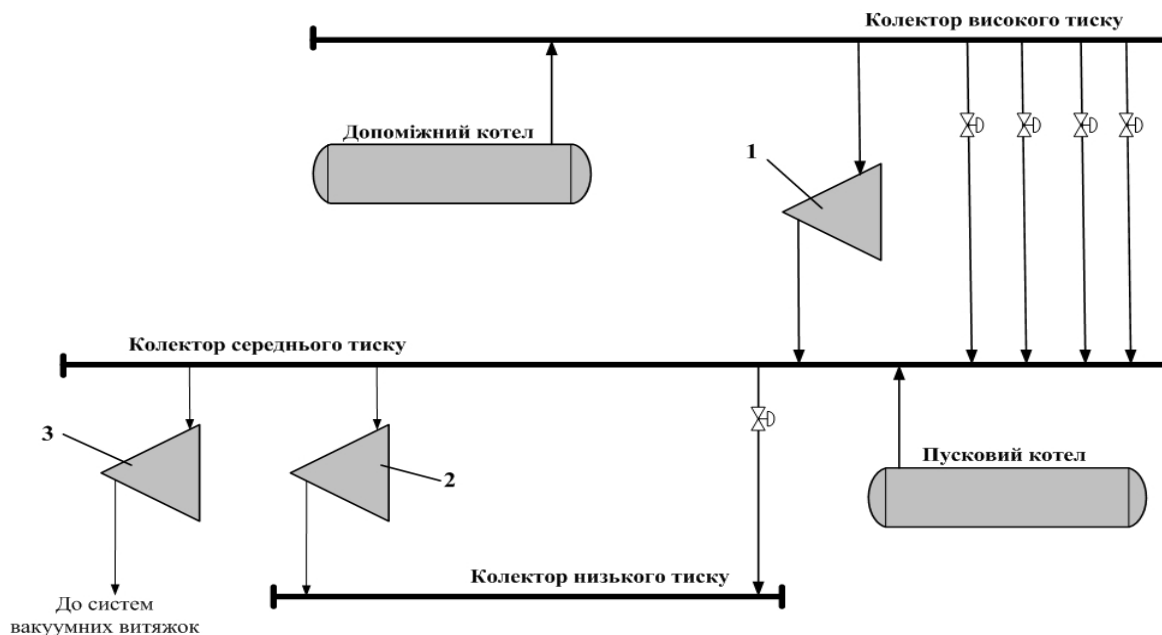


Рисунок 4 – Схема паророзподілу

Результати роботи. У ході експерименту виявлено, що пусковий і допоміжний котли при одночасній роботі взаємодіють таким чином, що при підвищенні навантаження за газом пускового котла відбуваються наступні процеси:

- підвищення тиску пари в колекторі середнього тиску;
- система регулювання на компресорі синтез-газу скорочує відбір частково відпрацьованої пари;
- зростання тиску в парозбірнику, що фіксується клапаном, який регулює подачу паливного газу на пальники допоміжного котла;
- зниження витрати паливного газу на пальники допоміжного котла.

Також в результаті розвантаження допоміжного котла і зменшення витрати пари з парозбірника відбувається зростання температури перегрітої пари, і клапан подачі газу на пароперегрівач починає прикриватися, знижуючи витрату газу. Крім того, зниження споживання газу допоміжним котлом призводить до поглиблення розрідження у топці котла та реактора первинного риформінгу, що дозволяє знизити обороти турбін димососів та витрату пари на них.

Проте, виходячи з цього, при аварійній зупинці пускового котла можна спрогнозувати, що відбудеться наступне:

- падіння тиску пари в колекторі середнього тиску призводить до збільшення відбору пари високого тиску регулятором;
- це викликає падіння тиску у парозбірнику.

У такому випадку клапан подачі газу (налаштований на відкриття з встановленою швидкістю) на пальники допоміжного котла не встигне швидко відкритись і втримати тиск пари. Щоб не перейти до критично низького рівня тиску у парозбірнику, потрібно у ручному режимі встановити більше навантаження на допоміжний котел та димососи. Якщо навантаження димососів залишити низьким, то при великих витратах газу, що спалюється у допоміжному котлі, відбудеться зниження розрідження в печі первинного риформінгу аж до появи тиску в топці, що може призвести до неправильного горіння або загасання стельових пальників в радіантній зоні реактора і виникнення вибухонебезпечної суміші.

На рис.5 показано, яким чином при зміні навантаження на пусковий котел відбувається перерозподіл навантаження котлів у системі пароутворення.

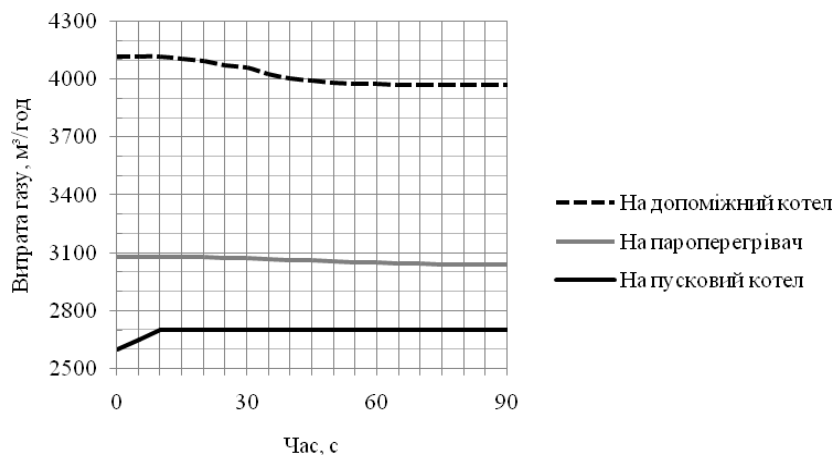


Рисунок 5 – Перерозподіл навантаження котлів у системі пароутворення

У результаті зміни завдання для клапана подачі паливного газу на пусковий котел на 100 м³/год. відбувається його відкриття на встановлене значення за 10 с. За цей час тиск пари середнього тиску зростає і «підпирає» турбіну, підвищується і тиск пари високого тиску, що призводить до плавного зниження витрати газу на його виробництво допоміжним котлом на протязі 40 с. Поки витрата пари високого тиску знижується, повільно починає падати витрата газу на пароперегрівач і продовжується 55 с, утримуючи температуру перегрітої пари.

Клапан подачі газу на допоміжний котел спеціально налаштований на повільне відпрацювання через високу чутливість до коливань системи пари високого тиску. Проте, завдяки швидкому відпрацюванню клапана подачі газу до пускового котла, керуючи ним в ручному режимі, можна протидією зупиняти небажані коливання параметрів пари високого тиску і утримувати їх стабільними.

Експериментальні дані взаємозв'язку котлів за допомогою регулятора компресора синтез-газу представлено в табл.1.

Таблиця 1 – Дослідження перерозподілу навантаження котлів

Витрата газу, м³/год.			Тиск пари, МПа		Температура повітря, °С
на пусковий котел	на допоміжний котел	на пароперегрівач	середнього тиску	високого тиску	
2300	4560	3185	3,8	10,15	18
2400	4415	3150	3,97		
2500	4270	3115	4,11		
2600	4120	3080	4,22		
2700	3970	3040	4,3		

Дослідження проведено при максимально допустимому навантаженні на первинний риформінг за газом, яке складає 40300 м³/год. на 3,93 МПа, та при температурі зовнішнього середовища 18°C. Дана температура обрана тому, що при більшому її значенні на даному агрегаті необхідно зменшувати навантаження на компресори за рахунок зниження витрати газу на первинний риформінг. За інших умов дані можуть істотно відрізнятись.

Регламентований тиск пари у колекторі середнього тиску становить 3,8-4,3 МПа.

Як видно з табл.1, при збільшенні навантаження на пусковий котел на 100 м³/год. знижується витрата газу допоміжним котлом на 140-150 м³/год. та додатково на 35-40 м³/год. – пароперегрівачем.

Отже, економічно доцільно при роботі обох котлів встановлювати таке навантаження пускового котла, щоб тиск пари на його виході був близьким до показника 4,3 МПа, не виходячи за межі регламенту. Порівняння граничнодопустимого розподілу навантажень на котли наведено у табл.2.

Таблиця 2 – Порівняння граничнодопустимого розподілу навантажень на котли

Тиск пари після пускового котла, МПа	Витрата газу, м ³ /год.		
	на пусковий котел	на допоміжний котел	на пароперегрівач
3,8	2300	4560	3185
4,3	2700	3970	3040

Експериментальні дані показують, що збільшення навантаження на пусковий котел до 4,3 МПа у порівнянні з навантаженням 3,8 МПа економить 190 м³/год. газу допоміжним котлом та додатково 145 м³/год. пароперегрівачем, що за місяць складе 241200 м³. На установці АМ 76 при загальному споживанні газу 70000 м³/год. і виході рідкого амоніаку 62,5 т/год. витратний коефіцієнт складає 1120 м³ газу на виробництво однієї тонни готового продукту. Отже, економія газу на первинний риформінг за температури повітря 18°C при даному навантаженні еквівалентна 215,35 т рідкого амоніаку на місяць.

Висновки. У ході експериментальних досліджень встановлено, що одночасне використання пускового і допоміжного котлів спрощує керування системою паророзподілу за рахунок підтримки параметрів пари високого тиску більш стабільними. Завдяки швидкому відпрацюванню клапана подачі газу до пускового котла, керуючи ним в ручному режимі, можна протидією зупиняти небажані коливання параметрів пари високого тиску і утримувати їх стабільними.

Експериментально виявлено, що одночасна робота котлів суттєво економить витрату паливного газу. Визначено, що економічно доцільно при роботі обох котлів встановлювати таке навантаження пускового котла, щоб тиск пари на його виході був близьким до показника 4,3 МПа, не виходячи за межі регламенту. Оптимальний розподіл навантажень пускового та допоміжного котлів (при температурі повітря 18°C та повному навантаженні на реактор первинного риформінгу) становить 2700 м³/год. та 3970 м³/год. відповідно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов Л.Д. Синтез амміака / Л.Д.Кузнецов. – М.: «Химия», 1982. – 296с.
2. Янковский Н.А. Аммиак. Вопросы технологии / Н.А.Янковский. – Д.: «Новая печать», 2001. – 122с.
3. Дирявка А.Г. Инструкция по рабочему месту аппаратчика конверсии 6 разряда / А.Г.Дирявка. – Каменское: ЧАО «ДНЕПРАЗОТ», 2017. – 173с.

Надійшла до редколегії 16.10.2018.