

УДК 66.03
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/09>

Іванченко А.В.

Дніпровський державний технічний університет

Пасс О.В.

Дніпровський державний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЯТОРА ОБЕРТІВ ТУРБІНИ НАСОСА ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ НА АГРЕГАТІ СИНТЕЗУ АМОНІАКУ

Основним проміжним продуктом для одержання великої кількості різних ністрогенвмісних сполук є амоніак, а його синтез із гідрогену та нітрогену є єдиним масштабним методом виробництва цього продукту.

Основною сировиною у виробництві амоніаку є природний газ, який використовується як у процесі конверсії метану, так і для роботи турбін основних компресорів та насосів. Через високу вартість та великі витрати природного газу, питання вдосконалення виробництва для зниження його споживання є актуальним.

Метою роботи є дослідження регулятора обертів турбіни насоса живильної води в системі пароутворення на агрегаті синтезу амоніаку для економії пари середнього тиску (та природного газу на її виробництво), що витрачається на роботу турбіни.

На підприємстві АТ «ДНПРОАЗОТ» у м. Кам'янському в цеху синтезу амоніаку № 1Б на установці потужністю 1500 т. рідкого амоніаку на добу проведено експериментальні дослідження з включення в роботу регулятора обертів турбіни насоса живильної води.

Встановлено, що зменшення швидкості обертів турбіни насоса живильної води, дозволяє відкрити клапан передбачений проектом розробника на 100%, розвантажити насос та знизити витрату пари середнього тиску на роботу турбіни на 1,1 т/год (при повному навантаженні на первинний риформінг). Згідно технологічного регламенту на виробництво 1,1 т пари витрачається 66 м³/год паливного газу, що еквівалентно 42,4 т рідкого амоніаку на місяць. Після операції переходу на регулювання рівня в парозбірнику з клапана на регулятор обертів турбіни – керування встановлено в автоматичний режим.

Алгоритм керування дозволив враховувати зміни рівня в парозбірнику, формуючи сигнал в залежності від значень: витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток. Така корекція подачі води нівелює інерційність регулятора та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Ключові слова: амоніак, насос живильної води, система пароутворення та паророзподілу, допоміжний котел, регулятор обертів турбіни.

Постановка проблеми. Основним проміжним продуктом для одержання великої кількості різних ністрогенвмісних сполук є амоніак, а його синтез із гідрогену та нітрогену є єдиним масштабним методом виробництва цього продукту. Амоніак та його сполуки широко використовуються в усіх областях діяльності людини і, в першу чергу, у виробництві мінеральних добрив та синтезу таких важливих полімерних матеріалів, як поліаміди, поліуретани [1].

В Україні амоніак виробляється в основному на п'яти хімічних комбінатах великої одиночної потужності, в тому числі і АТ «ДНПРОАЗОТ» (м. Кам'янське). Більшість із них побудовані у 80-х роках минулого сторіччя [2] і без оптимізації технології та модернізації існуючих виробництв, у зв'язку з підвищенням цін на сировину, собівартість амоніаку значно зросте.

Основною сировиною у виробництві амоніаку є природний газ, який використовується як у процесі конверсії метану, так і для роботи турбін основних компресорів та насосів. Через високу вартість та великі витрати природного газу, питання удосконалення виробництва для зниження його споживання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [3] науковцями розроблено вісім енергозберігаючих заходів для хіміко-технологічних систем конверсії метану при виробництві амоніаку на ПАТ «Дорогобуж» (Росія), за рахунок низькопотенційних вторинних ресурсів або замикання енергопотоків всередині схеми з метою забезпечення більш повного використання внутрішніх енергоресурсів.

Науковцями [4] проведено чисельне моделювання режимів роботи рециклової схеми

каталітичного синтезу амоніаку з використанням параметрів реального промислового агрегату.

Проведені дослідження експериментів по синтезу амоніаку при пропусканні суміші $[CO+N_2]$ через лужний розчин, що містить суміш карбонільних кластерів родію, рутенію та іридію під атмосферним тиском [5].

У дисертації [6] запропоновано спосіб підвищення ефективності абсорбційної водоамоніачної холодильної машини у схемі синтезу амоніаку за рахунок використання поверхнево активних речовин.

Постановка завдання. На рис. 1 представлена загальна схема підготовки живильної води системи пароутворення агрегату синтезу амоніаку.

Схема функціонує наступним чином. Демінералізована вода подається до теплообмінників 1 і 2, де підігрівається до температури 386 К регенованим розчином «Карсол» та конвертованим газом відповідно [7].

Нагріта вода надходить в дегазаційну головку деаератора 3, де щільними форсунками рівномірно розподіляється по поверхні насадки.

Стікаючи вниз по насадці, вода стикається з паром низького тиску ($0,12 \div 0,15$ МПа), що пода-

ється в нижню частину головки. Газ, що при цьому виділилися (CO_2, O_2, N_2) викидаються до атмосфери, а вода з температурою 396 К стікає бак-акумулятор 4.

Постійний тиск у деаераторі підтримується регулятором подачі пари. Рівень води у баці-акумуляторі підтримується автоматично клапаном 5, який змінює витрату води в деаератор.

З бака-акумулятора вода насосами 6 і 7 (один із яких постійно знаходиться у роботі, а інший – в гарячому резерві) з приводом від турбін подається з тиском 12 МПа через клапан 8 до підігрівачів живильної води 9, 10 і 11, де нагрівається до температури 573 К синтез-газом після колони синтезу амоніаку, синтез-газом після метанатора та димовими газами реактора первинного риформінгу відповідно та надходить у парозбірник 12.

За проектом розробника регулювання рівня води у парозбірнику здійснюється за рахунок зміни ступеню відкриття клапана 8, що створює опір потоку води. Турбіна насосу живильної води постійно працює на високих обертах, а регулювання обертів здійснюється за необхідності в ручному режимі. У роботі запропоновано використо-

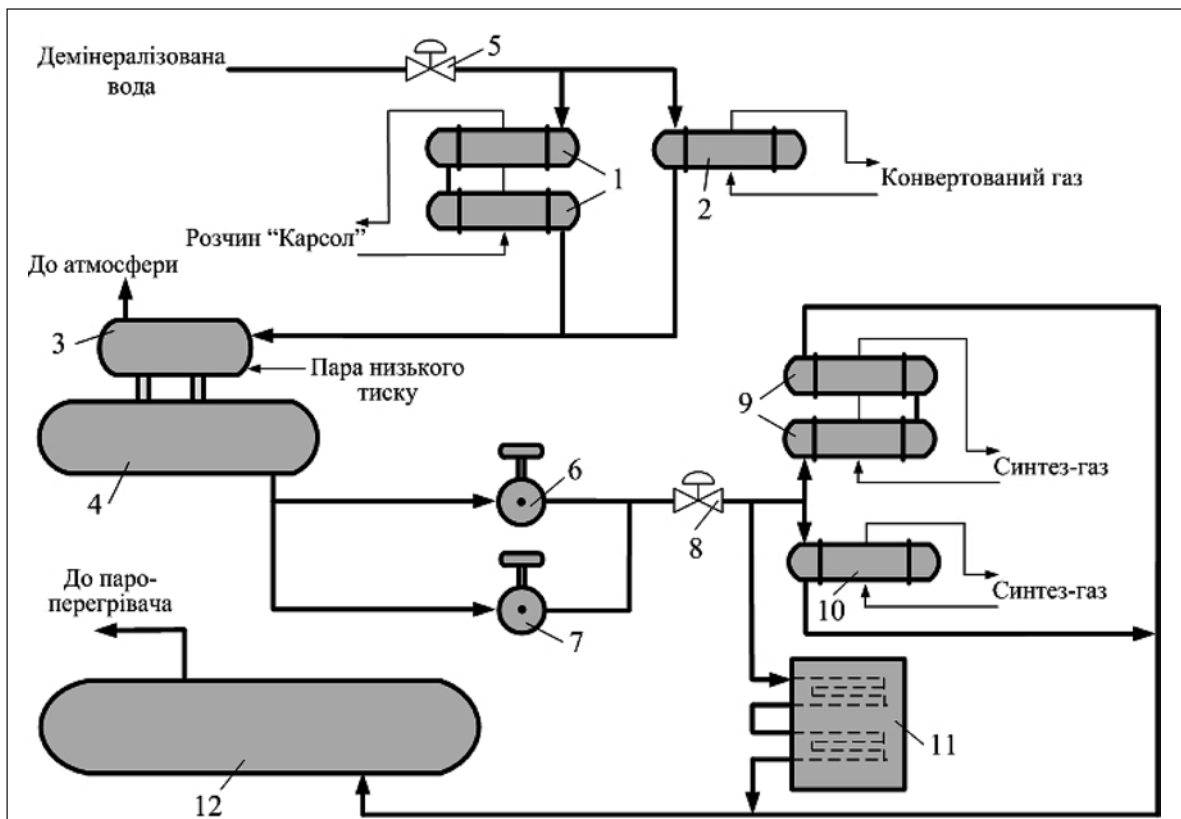


Рис. 1. Схема підготовки живильної води агрегату синтезу амоніаку: 1, 2 – теплообмінники; 3 – дегазаційна головка деаератора; 4 – бак-акумулятор; 5 – клапан подачі води в деаератор; 6, 7 – насоси живильної води; 8 – клапан подачі води в парозбірник; 9, 10, 11 – підігрівачі живильної води; 12 – парозбірник допоміжного котла

увати автоматичне регулювання обертів турбіни від показань рівня у парозбірнику. Такий спосіб дозволить, знизивши обороти турбіни, відкрити клапан 8 на ступінь відкриття 100% та зменшити витрату пари середнього тиску 3,8÷4,2 МПа на роботу турбіни.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Дослідження проведено на підприємстві «ДНІАПРОАЗОТ» у м. Кам'янському в цеху синтезу амоніаку № 1Б на установці потужністю 1500 т рідкого амоніаку на добу.

Експеримент з включення в роботу регулятора обертів "Woodward" турбіни насоса живильної води проведено при навантаженні на первинний риформінг 40000 м³/год на 3,9 МПа.

У ході експерименту поступово виконано наступний перехід: регулятором знижували оберти турбіни до падіння показань витрати води в парозбірник та збільшували ступінь відкриття клапана до 100% (рис. 2).

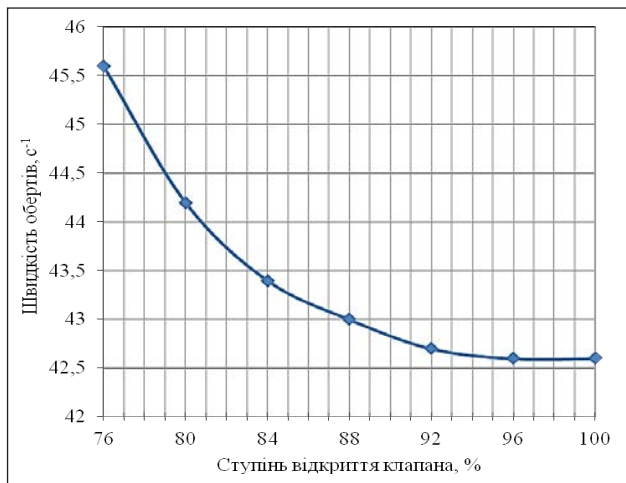


Рис. 2. Перехід на управління з клапана на регулятор обертів

Після виконаної операції регулятор обертів встановили в автоматичний режим регулювання

від показань рівня води у парозбірнику. Алгоритм керування дозволив враховувати зміни рівня в парозбірнику, формуючи сигнал залежно від значень: витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток. Така корекція подачі води нівелює інерційність регулятора та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Регулювання здійснюється шляхом вираховування в розрахунковій точці сигналу упередження за формулою:

$$F_1 - ((F_2 - F_3) \cdot C_1) \cdot C_2,$$

де F_1 – поточні значення витрати води з парозбірника;

F_2 – поточні значення витрати води в парозбірник;

F_3 – поточні значення витрати води на постійну продувку парозбірника від зважених часток;

C_1, C_2 – інженерні коефіцієнти, що встановлюються для збільшення або зменшення чутливості регулятора.

Встановлено вплив регулятора обертів на систему підготовки живильної води (табл. 1).

Експериментальні дані показують, що в результаті переходу на регулювання обертів турбіни від показань рівня води в парозбірнику, та відкриття клапана на 100% швидкість обертів знизилась, що зменшило витрату пари на турбіну на 1,1 т/год (рис. 3). Незначний вплив ступеню відкриття клапана на роботу турбіни в інтервалі 96–100% зумовлений низьким опором затвору.

Витрата газу на виробництво 1 т. пари середнього тиску становить близько 60 м³ згідно технологічного регламенту. Отже, економія 1,1 т/год пари турбіною насоса запропонованим способом дорівнює 66 м³/год газу (замісяць складе 47520 м³).

Таблиця 1

Вплив регулятора обертів на роботу системи підготовки живильної води

Ступінь відкриття клапана, %	Швидкість обертів турбіни насоса, с ⁻¹	Тиск води на нагнітанні насоса, МПа	Витрата пари на турбіну насоса, т/год
76 (існуючий спосіб)	45,6	12	16
80	44,2	11,6	15,5
84	43,4	11,35	15,21
88	43	11,2	15,05
92	42,7	11,1	14,94
96–100 (запропонований спосіб)	42,6	11,05	14,9
	42,6	11,05	14,9

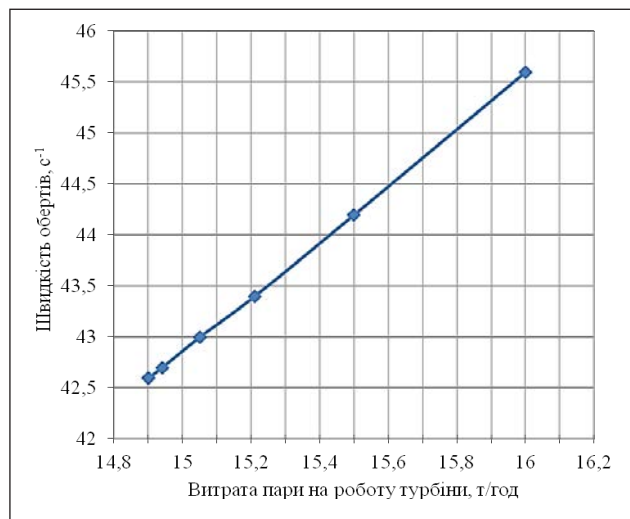


Рис. 3. Залежність витрати пари від швидкості обертів турбіни

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. Розрахунки

показали, що економія газу при даному навантаженні на первинний риформінг еквівалентна 42,4 т рідкого амоніаку на місяць.

Висновки. Експериментально встановлено, що регулювання рівня води в парозбірнику за рахунок зміни швидкості обертів турбіни насоса живильної води, дозволяє відкрити клапан передбачений проектом розробника на 100% і таким чином розвантажити насос, та знизити витрату пари середнього тиску на роботу турбіни.

При використанні регулятора обертів турбіни насоса живильної води та навантаженні на первинний риформінг за газом 40000 м³/год на 3,9 МПа (при) економічний ефект складає 1,1 т/год. пари або 66 м³/год. паливного газу, що еквівалентно 42,4 т. рідкого амоніаку на місяць.

Врахування значень витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток, в алгоритмі автоматичного регулювання швидкості турбіни нівелює інерційність та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Список літератури:

1. Кузнецов Л.Д. Синтез аммиака. Москва : «Химия», 1982. 296 с.
2. Янковский Н.А. Аммиак. Вопросы технологии. Донецк : «Новая печать», 2001. 122 с.
3. Аршиненко И.А. Энергосбережение в химико-технологических схемах с низкопотенциальными вторичными энергоресурсами (на примере производства азотоводородной смеси для синтеза аммиака): автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий»; Филиал Московского энергетического института. Смоленск, 2007. 187 с.
4. Морозов Л.Н. Моделирование режимов эксплуатации рецикловой схемы синтеза аммиака. *Химия и химическая технология*. 2012. № 11. С. 93–97.
5. Федосеев И.В. Синтез аммиака в присутствии карбонильных кластеров Rh-Ru-Ir. *Журнал неорганической химии*. 2007. № 7. С. 1070–1071.
6. Веденева А.И. Совершенствование абсорбционной водоаммиачной холодильной машины в схеме синтеза аммиака: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03 «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения». Астраханский государственный технический университет. Астрахань, 2016. 139 с.
7. Инструкция по рабочему месту аппаратчика конверсии 6 разряда. АО «ДНЕПРАЗОТ». Каменское, 2017. 173 с.

Ivanchenko A.V., Pass O.V. THE USING OF THE FEED WATER PUMP TURBIN SPEED REGULATOR IN THE AMMONIA SYNTHESIS

Ammonia is currently the major intermediate for large number of various nitrogen-containing compounds production, and its synthesis from Hydrogen and Nitrogen is the only large-scale production method of this product.

The main raw material in the production of ammonia is natural gas, which used in methane conversion and driving turbines of main compressors and pumps. The issue of improving production to reduce natural gas consumption is relevant because of its high cost and consumption.

The article is devoted to research of the using of turbine speed regulator of the feed water pump in the steam generation system at ammonia synthesis to reduce medium pressure steam consumption (and natural gas for its production), which uses to drive the turbine.

The experiment of inclusion in the work of the feed water pump turbine speed regulator is performed at the "DNEPRAZOT" plant in city Kamyanske, at the ammonia synthesis workshop № 1B with 1,500 tons of liquid ammonia per day performance.

It has been determined, that reducing the rotation speed of the feed water pump turbine allows to open the valve which provided by the developer's project to 100%, unloading the pump and reducing the average pressure steam consumption for turbine driving of 1.1 t/h (at full load on the primary reforming.) According to the technological order for the production of 1.1 tons of steam, 66 m³ of natural gas is used, its equivalent to 42.4 tons of liquid ammonia per month.

After the switching operation from the valve to the turbine speed controller – the control is set to automatic mode.

The control algorithm made it possible to consider changes in the level in the steam collector, and forming the signal depending on the values: steam consumption from the steam collector, water consumption from the deaerator, water consumption to the constant purge of the steam collector from the suspended particles. This correction of the water supply eliminates the regulator inertia and provides the stability of the water level in the steam collector.

Key words: *ammonia, feed water pump, steam generation and steam distribution system, supporting boiler, turbine speed regulator.*