

Впровадження результатів передбачається в розробці модельної експериментальної установки для керування параметрами теплових процесів.

Література

1. Скоб Ю.О. Чисельне розв'язання спряженої задачі теплообміну в камерах термообробки / Ю.О. Скоб // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 4. – С. 79-83.
2. Гуляев А.В. Восстановление и точность представления температурного поля при обжиге подины электролизера, проблемы рассматриваемого метода / А.В. Гуляев // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. – № 3. – С. 11-15.
3. Кацевич Л. С. Теория теплопередачи и тепловые расчеты электрических печей / Л. С. Кацевич. – Москва: Энергия, 1977. – 304 с.
4. Кулинченко Г.В., Мозок Е.Н. Мониторинг состояния теплового объекта.// «Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології». Київ.-2014" - НТТУ «КПІ».- 2014.- С. 21-22
5. XinChen, HuiZhen, YueqiHan, ZhaoyangWei, JinongDong, KaichaoWu. Real-Time 3D Visualization of Temperature Distribution for Data Center Thermal Management//3rd International Conference on Multimedia Technology. ICMT 2013.-p.895-902.
6. Кошель С.М., Мусин О.Р. Методы цифрового моделирования: Кригинг и радиальная интерполяция // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2000. - №4(26)-5(27). – с.32-33. – 2001. - №1(28). – с.58, №2(29)-3(30). – с.23-24.

УДК 621.57

МОДЕЛЬ ОХОЛОДЖУВАЧА ПОВІТРЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ СЕПАРАЦІЇ ВОЛОГИ

Кулінченко Г. В., Леонтьєв П. В., Лістратенко К. О.

МОДЕЛЬ ОХОЛАДИТЕЛЯ ВОЗДУХА ДЛЯ УСТАНОВКИ СЕПАРАЦИИ ВЛАГИ

Кулинченко Г. В., Леонтьев П. В., Листратенко Е. А.

MODEL AIR COOLER FOR THE PLANT OF SEPARATION MOISTURE

Kulinchenko G., Leontiev P., Listratenko K.

Сумський державний університет,
м. Суми, Україна,
heorhy@yandex.ua

Анотація. Побудована модель керованого охолоджувача, що використовується в експериментальній установці відбору вологи. Використання моделі дозволяє вдосконалювати конструкцію охолоджувача та оптимізувати режими його роботи.

Ключові слова: експериментальна установка відбору вологи, теплообмінник, холодоагент, конденсація вологи, математична модель

Аннотация. Построенная модель управляемого охладителя, который используется в экспериментальной установке отбора влаги. Использование модели позволяет совершенствовать конструкцию охладителя и оптимизировать режимы его работы.

Ключевые слова: экспериментальная установка отбора влаги, теплообменник, хладагент, конденсация влаги, математическая модель

Annotation. The model controlled coolant used in the experimental plant selection moisture. Using the model allows improved cooling design and optimize the modes of its work.

Keywords: experimental plant selection moisture, heat exchanger, refrigerant, condensation, mathematical model

Вступ

Процеси охолодження потоків газу (повітря), які використовуються в різних галузях промисловості, характеризуються високим рівнем досліджень, що дозволяє будувати досить енергоефективні установки. Специфіка функціонування досліджуваної експериментальної установки сепарації вологи, в якій використовується охолодження повітря, полягає в отриманні потоку повітря з мінімальним вологовмістом.

Дослідження сепарації вологи пов'язані з моделюванням реальної установки очищення природного газу при його комплексній переробці [1]. Основним завданням охолодження стисненого повітря, що імітує потік із свердловини, є відтворення умов дроселювання потоку, яке використовується для видалення вологи. Таким чином завдання керування процесом охолодження нагрітого стисненого повітряного потоку, що використовується в установці, відрізняється від завдань керування класичним охолоджувачем повітря, де стабілізується потрібний рівень температури. Керування процесом охолодження ускладнюється взаємовпливом його параметрів – температури, вологості та тиску, які змінюються довільним чином, як до початку експерименту, так і в його процесі. Нелінійний характер протікання процесів теплообміну, який також характеризується розподіленими параметрами, ускладнює аналітичний опис об'єкту керування, тому дослідження моделі охолоджувача потоку, пов'язаного із процесом видалення вологи із потоку газу, є актуальним.

Постановка задачі

В охолоджувачі, який являє собою теплообмінний апарат, взаємодіють потік теплого стисненого повітря з температурою $T_{вх}$ та витратою Q_2 і потік охолоджуючого повітря з температурою T_1 та витратою Q_2 . Охолоджуючий потік забезпечується вентилятором, швидкість обертання ω якого задається та регулюється за допомогою керованого електроприводу на базі асинхронного двигуна (АД) (рис 1). Зміна швидкості обертання АД, яка нелінійно пов'язана з витратами потоку, впливає на значення обертального моменту АД. Присутність зворотних зв'язків в об'єкті M_0 (момент опору навантаження, приведений до валу) ускладнює ідентифікацію параметрів процесу, відповідно ускладнюються умови дослідження впливовості факторів, які характеризують процеси теплообміну у взаємодії з процесом сепарації вологи.

Тому завдання досліджень полягає в побудові математичної моделі процесу охолодження стисненого повітря, яка б враховувала взаємозв'язок конструктивних і динамічних параметрів процесу, передбачаючи наступне інтегрування її в загальну модель сепарації вологи.

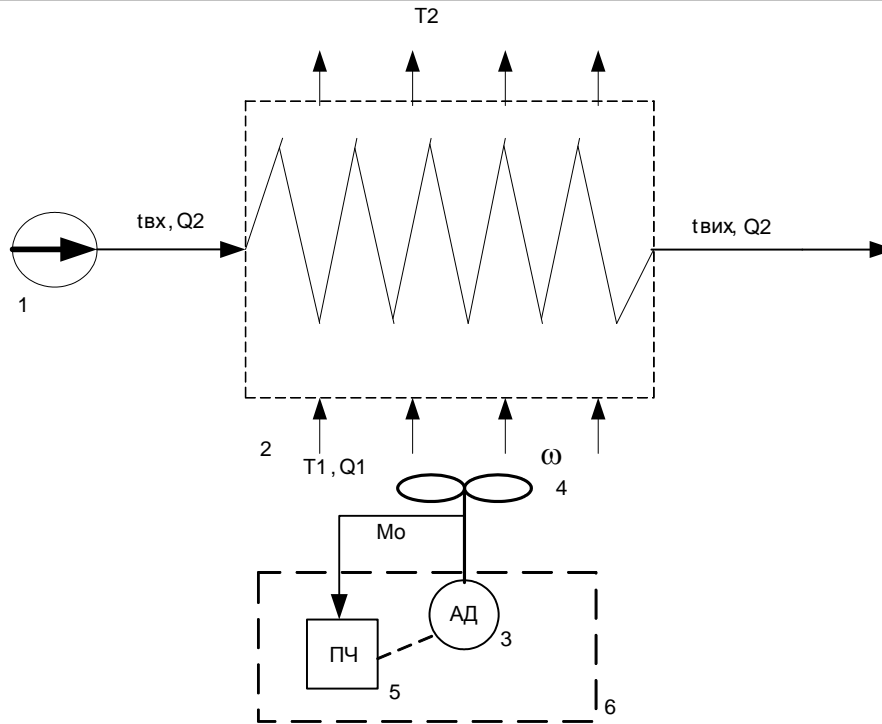


Рис. 1. Структурна схема процесу охолодження стисненого повітря
 1 – компресор, 2 – теплообмінник, 3 – асинхронний двигун, 4 – блок вентилятора,
 5 – перетворювач частоти; 6 – керований привод на базі АД

Аналіз досліджень

Модель охолоджувача, відповідно до структурної схеми процесу охолодження, будується на основі трьох її основних складових, а саме: керованого приводу на базі АД 6, блоку вентилятора 4 та теплообмінника 2. Складові моделі враховують конструктивно-технологічні параметри об'єкту та зміни параметрів процесу в часі.

Математичний опис теплообмінного процесу, що базується на рівняннях для кожухотрубного теплообмінника, можна представити у вигляді [2]:

$$\begin{cases} V_1 C_{p1} \frac{dT_2}{d\tau} = Q_1 C_{p1} (T_1 - T_2) - F_1 K \Delta t \\ V_2 C_{p2} \frac{dt_{бух}}{d\tau} = Q_2 C_{p2} (t_{вх} - t_{бух}) - F_2 K \Delta t, \\ \Delta t = T_2 - t_{бух} \end{cases} \quad (1)$$

де V – об'єм робочого середовища; S – площа поперечного перерізу труби теплообмінника; Q_1, Q_2 – витрати холодоагенту і охолоджуваного повітря відповідно; F – площа теплообміну; C_{p1}, C_{p2} – коефіцієнти теплоємності холодоагенту і охолоджуваного повітря відповідно; L – маса стінки теплообмінника; K – коефіцієнт теплопередачі; $t_{вх}, t_{бух}$ – температура охолоджуваного потоку на вході виході; T_1, T_2 – температура холодоагенту на вході і виході відповідно.

Вхідний параметр теплообмінника, що являє собою витрати холодоагенту Q_1 , зв'язаний із вихідним параметром механічного блоку нашої моделі - швидкістю обертання вентилятора ω [3]:

$$Q_1 = k_\omega * \omega \quad (2)$$

де: k_ω – коефіцієнт пропорційності, залежить від конструктивних особливостей вентилятора; ω – кутова швидкість обертання валу вентилятора.

В свою чергу кутова швидкість валу вентилятора ω залежить від електромеханічних параметрів АД, що використовується:

$$\omega = \frac{1}{J} \int_0^t [M_{об}(t) - M_o(t)] dt \quad (3)$$

де: J - момент інерції навантаження; $M_{об}$ – електромагнітний обертальний момент двигуна; M_o – момент опору, приведений до валу.

Таким чином зміни динаміки навантажень приводу визначають стабільність витрат охолоджувача теплообмінника.

Специфіка функціонування моделі досліджуваного об'єкту полягає у врахуванні нелінійних зворотних зв'язків параметрів моделі. Відомо, що для осьових вентиляторів момент опору навантаження збільшується пропорційно квадрату швидкості:

$$M_o = M_c + k_\omega \omega^2 \quad (4)$$

де M_c – статичний момент опору; k_ω – коефіцієнт пропорційності вентилятора.

Тому при відображенні в моделі процесів регулювання витрат охолоджуючого потоку за рахунок зміни швидкості обертання необхідно враховувати зміни моменту навантаження АД [4]. Додатковим чинником впливу на стійкість процесу подачі охолоджувача є лінійність механічної характеристики АД, яка визначається модифікованою формулою Клосса:

$$M_{вр}(n, f, U) = \frac{2M_k \left(\frac{U}{U_{ном}} \right)^2 / \left(\frac{f}{f_{ном}} \right)^2}{\frac{n_0 - n}{\Delta n_{кр}} + \frac{\Delta n_{кр}}{n_0 - n}} \quad (5)$$

де M_k – критичний момент; U – поточна напруга в мережі; f – поточна частота в мережі; $U_{ном}$ – номінальна напруга в мережі; $f_{ном}$ – номінальна частота в мережі; n_0 – номінальна частота обертання двигуна; n – поточна частота обертання двигуна; $\Delta n_{кр}$ – критична частота обертання двигуна.

Композиція описаних блоків моделі дає змогу побудувати загальну модель процесу охолодження в пакеті Matlab (рис 2). Реалізація моделі проводиться з урахуванням паспортних даних АД, вентилятора та довідникових даних використаних матеріалів. Змінними параметрами є початкові умови охолодження та параметри режиму охолодження.

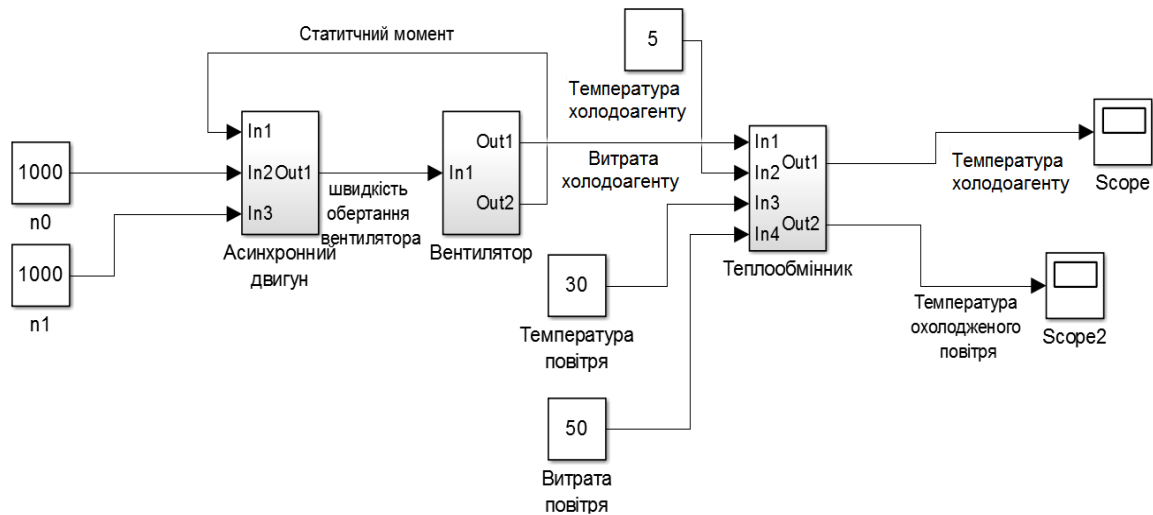


Рис. 2. Модель охолоджувача в Matlab(Simulink)

На рис. 3 наведено графіки перехідного процесу охолодження для різних режимів охолодження. При зміні швидкості обертання валу АД – з $\omega=2000$ об/хв, до $\omega=3000$ об/хв температура стисненого повітря зменшується лише на 2°C . Зрозуміло, що форсування режимів обертання серійних АД для збільшення швидкості обертання, а значить і витрат охолоджуючого потоку не є ефективним. Відповідно побудова електроприводу на базі двигунів, що серійно випускаються або пошук більш ефективних нагнітачів повітря не є перспективним. Цей висновок підтверджується паспортними даними охолоджувачів компресорів, в яких досягається ефект охолодження стисненого повітря на рівні $t_{вих} = T_1 + 9^{\circ}\text{C}$ [5].

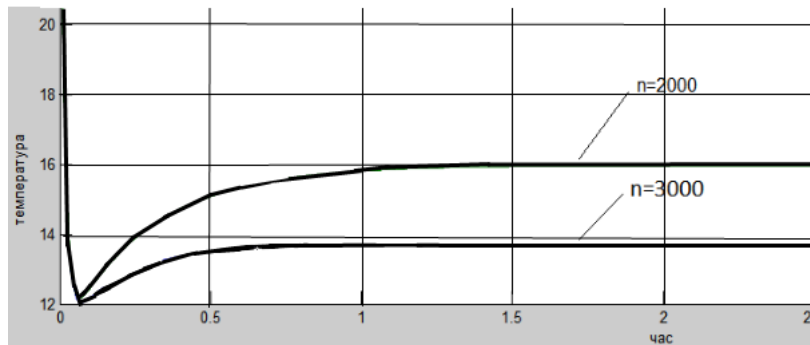


Рис. 3. Графіки перехідних процесів зміни температури повітря, що охолоджується

Пошук альтернативних методів передбачає аналіз факторів, що мають більш ефективний вплив на процес охолодження стисненого повітря. Із аналізу системи рівнянь (1) видно, що підвищення ефективності охолодження за рахунок оптимізації конструктивних параметрів теплообмінника (площа взаємодії теплопередачі, об'єм холодоагенту або теплопровідність матеріалу трубок) обмежені конструктивно-технологічними чинниками.

Більш перспективним здається шлях зміни робочого тіла холодоагенту. При використанні води в якості холодоагенту, підвищується коефіцієнт теплоємності холодоагенту, в результаті значно підвищується ефективність теплообміну, проте ускладнюється конструктивно-технологічна реалізація охолоджувача.

Використовуючи описану модель, перевірялась ефективність охолодження стисненого повітря при зміні робочого тіла холодоагенту. Змінивши параметри блоку моделі, який відображує функціонування теплообмінника, було отримано перехідні процеси при ступінчастому включенні процесу теплообміну (рис 4).

Як видно із рисунку, застосування води в якості холодоагенту для охолодження стисненого повітря більш ефективно, ніж повітря. При заданих параметрах моделі і вихідна температура об'єкту знизилась на 6°C.

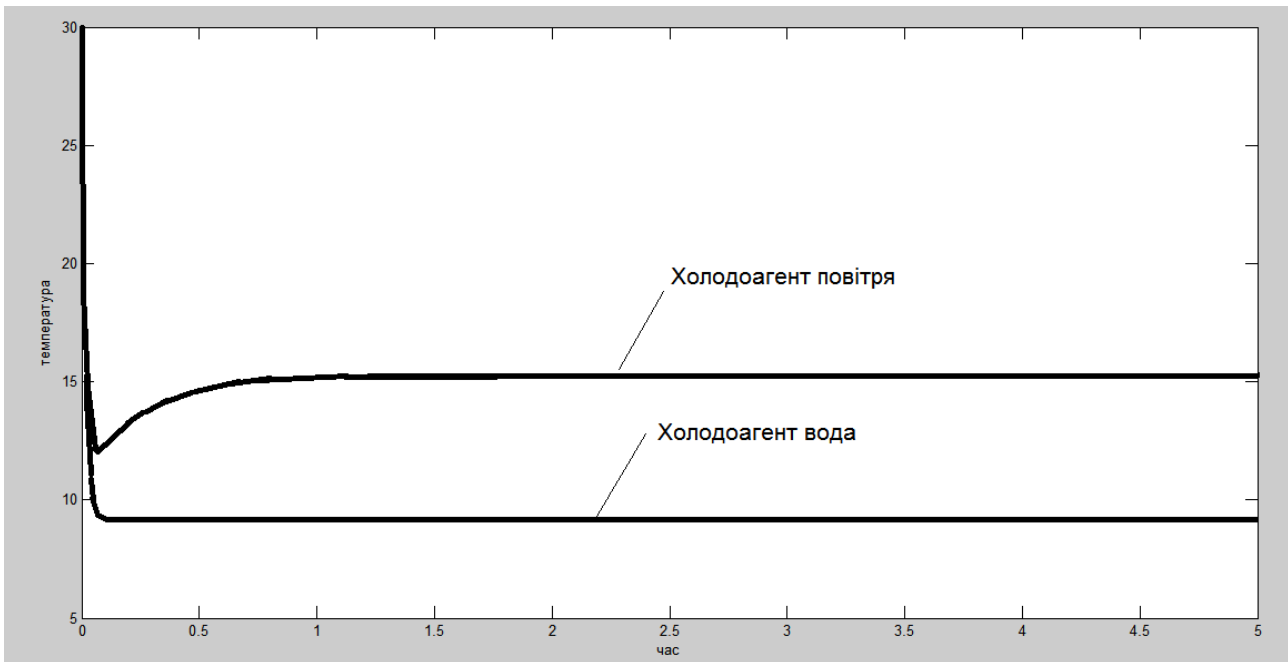


Рис. 4. Графік перехідного процесу зміни температури повітря

Висновки

Побудована та проаналізована математична моделі процесу охолодження стисненого повітря, яка враховує взаємозв'язок конструктивних і динамічних параметрів процесу. Модель дає змогу відстежити параметри об'єкта під час його роботи та відпрацьовувати режими роботи процесу охолодження, що створюють умови для сепарації вологи. Також за допомогою отриманої моделі можливо досліджувати процес теплопередачі при різних конструктивних параметрах теплообмінника та при використанні різних видів холодоагенту.

Слід зазначити, що представлена модель охолоджувача допоможе вирішувати завдання охолодження повітря не тільки в експериментальній установці сепарації вологи, але й в компресорній техніці. Результати моделювання дозволять оптимізувати конструкції охолоджувачів та підбирати оптимальні режими експлуатації компресорного устаткування.

Література

1. Кулінченко Г.В., Леонтєв П.В., Ляпощенко О.О. Ідентифікація моделі процесу низькотемпературної сепарації природного газу. «Комп'ютерно інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». -Луцьк. -2014.-Випуск 14 -С.149-154.
2. Маньковский О.Н. и др. Теплообменная аппаратура химических производств. Инженерные методы расчёта. Под редакцией П.Г. Романкова и М.И. Курочкиной – Л., Химия, 1976 – 368с.

3. Труханов К.А. Математическое моделирование гидропривода вентилятора для системы охлаждения автомобильного двигателя.-Известия МГТУ «МАМИ».-2012.-№ 1(13).-С84-95.
4. Давлетбаева Г.Н., Тюленев М.Е. Исследование устойчивости асинхронного двигателя с различным характером момента сопротивления. Вестник ПНИПУ.- Пермь.-2014.-№10.- С. 54-61.
5. <http://omi.uaprom.net>. Охладитель сжатого воздуха типа RA фирмы OMI (Италия). Руководство по эксплуатации 10с.

УДК 007:661.1

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКСТРУЗІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Шатна А.В., Камко В.А., Бондарчук В.О.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКСТРУЗИОННОЙ УСТАНОВКИ

Шатная А.В., Камко В.А., Бондарчук В.О.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF COMPUTER SYSTEM FOR EXTRUSION PLANT FUNCTIONING

Shatna A., Kamko V., Bondarchuk V.

Технічний коледж національного університету
водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна,
nastya.shatna@gmail.com

В роботі описана система функціонування екструзійної установки для виробництва поліетиленової плівки. Запропонована розроблена комп'ютерно - інтегрована система для забезпечення функціонування екструзійної установки, шляхом дослідження основних контурів та вузів автоматизованої системи, використання сучасної системи моделювання та програмування National Instruments LabView. Показані основні переваги та обмеження запропонованої системи.

Ключові слова: комп'ютерна система, екструдер, моделювання, програмування, зона нагріву, апаратне забезпечення, мікроконтролер

В работе описана система функционирования экструзионной установки для производства полиэтиленовой пленки. Предложена разработанная компьютерно – интегрированная система для обеспечения функционирования экструзионной установки, путем исследования основных контуров и узлов автоматизированной системы, использования современной системы моделирования и программирования National Instruments LabView. Показанные основные преимущества и ограничения предложенной системы.