

СУШАРКА З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ СТІРЛІНГА

Дзись Віктор Григорович к.т.н., доцент
Ярошенко Леонід Вікторович к.т.н., доцент
Олійник Андрій Ігорович магістрант
 Вінницький національний аграрний університет
Dzys V.
Yaroshenko L.
Oleynik A.
 Vinnitsa National Agrarian University

Анотація: описано принцип роботи сушарки з тепловим насосом Стірлінга.

Ключові слова: активне вентилявання, сільськогосподарський матеріал, вологість, температура, тепловий насос Стірлінга

Вступ

Досить перспективним напрямком у Стірлінг-технологіях є використання теплових насосів, що працюють за зворотним циклом Стірлінга [1].

Відомо, що при використанні зворотного циклу Стірлінга, якщо приводити двигун Стірлінга в рух за допомогою якого-небудь зовнішнього джерела, то "гарячий" циліндр буде охолоджуватися, а "холодний" - нагріватися. При цьому зовнішня енергія витрачається не безпосередньо на розігрів, а на "перекачування" тепла з холодної частини в гарячу. Для ідеального випадку к.к.д. такої системи

$$\eta_i = \frac{T_x}{T_2 - T_x}, \quad (1)$$

а реальний к.к.д складає

$$\eta \approx 0,3 \dots 0,7 \eta_i, \quad (2)$$

де T_x - абсолютна температура холодної частини, T_2 - абсолютна температура гарячої частини.

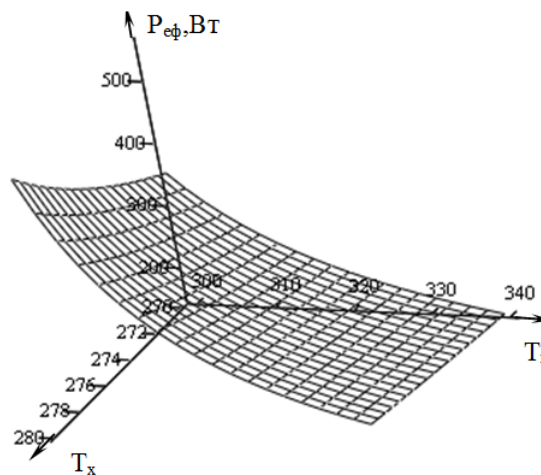


Рис. 1. Ефективність теплового насоса Стірлінга ($P_{np}=100 \text{ Вт}$)

Принциповою відмінністю теплових насосів Стірлінга від інших типів теплових насосів є те, що робоче тіло теплового насоса Стірлінга в процесі всього циклу не змінює свого фазового стану, що дозволяє використовувати низькопотенціальну теплоту навколишнього середовища при температурі нижче $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Їх широко застосовують в криокулерах, холодильниках, в системах тепlopостачання та кондиціонування житлових будинків. Особливо привабливим є застосування теплових насосів Стірлінга в сушильних установках.

Постановка задачі

На базі новітнього високоефективного теплотехнічного обладнання розробити конструктивне



рішення енергозберігаючої високоефективної сушарки з замкненим циклом для сушіння сільськогосподарських матеріалів.

Виклад основного матеріалу

Запропонована конструкція сушарки з тепловим насосом Стірлінга (рис.2)

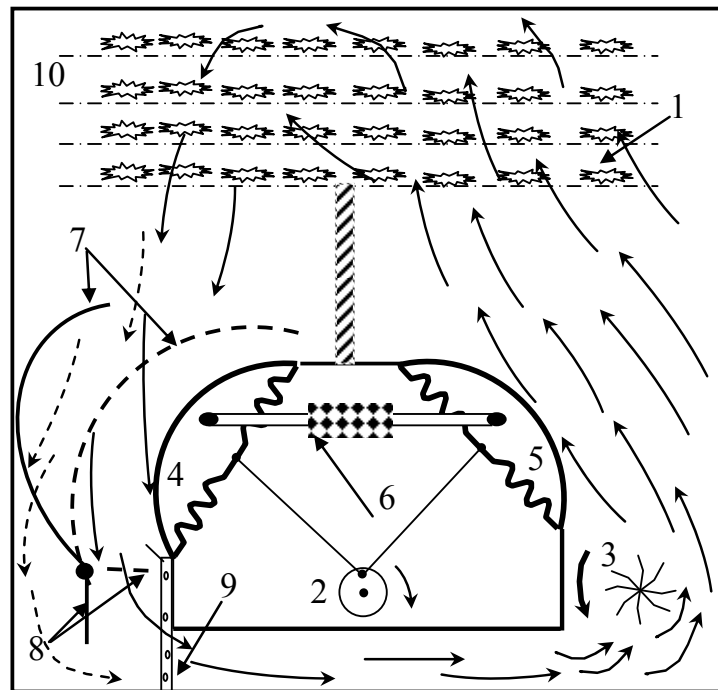
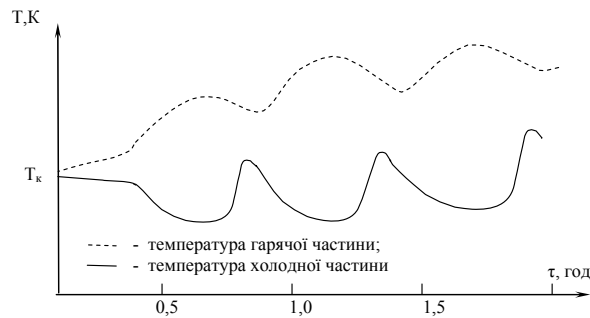


Рис. 2. Схема сушильної установка: 1-сировина для сушки, 2- електродвигун теплового насоса, 3- вентилятор, 4-холодна частина теплового насоса, 5- гаряча частина теплового насоса, 6- регенератор,- 7,8- заслінки, 9 трубопровід для відведення конденсату, 10- сушильна камера

При кімнатній температурі T_K сільськогосподарські матеріали 1 для сушки (фрукти, овочі) завантажуються у сушильну камеру 10 установки. Електродвигун 2 установки приводить в рух механізм теплового насоса Стірлінга. Вентилятор 3 створює у сушильній установці круговий повітряний потік, який забезпечує відбір теплоти від гарячої частини теплового насоса та активне вентилявання у сушильній камері 10. Тепловий насос Стірлінга перекачує тепло із холодної частини 4 до її гарячої частини 5 . У гарячій частині повітря (теплоносіє) нагрівається, потім потрапляє у сушильну камеру установки. Проходячи через робочу камеру, повітря нагріває завантажену сировину, відбирає від неї частину вологи. В режимі нагріву (заслінки 7, 8 закриті) вологе повітря циркулює по великому контуру. При охолодженні холодної частини теплового насоса Стірлінга на 10-25 К нижче точки роси заслінка 7 і 8 закриваються. Потік зволоженого повітря потрапляє у холодну частину установки, де охолоджується. Частина вологи конденсується на холодній частині теплового насоса 4, конденсат відводиться із сушарки через трубопровід 9. Конденсат містить корисні компоненти і може бути використаний для технологічних потреб. Теплота відібрана від вологого теплоносія перекачується тепловим насосом від його холодної частини до гарячої. При досягненні холодною частиною насоса температури близької до точки роси закриваються заслінки 7, 8, і процес періодично повторюється до досягнення необхідної залишкової вологості завантаженої сировини. Температура сушильної камери, теплоносія, холодної та гарячої частини теплового насоса контролюються датчиками температури, робота заслінок та процес сушки керується мікропроцесором.

Теплообмін в циліндрах холодильних машин Стірлінга [3] та процес сушки [4] досить складні. Термодинаміка та фізико-математичні моделі процесу носять оціночний характер, в першому наближенні динаміка зміни температури гарячої та холодної частин теплового насоса сушильної установки має вигляд :



Приймемо, що $T_x = 280K$, $T_z = 340K$, отримаємо $\eta \approx 1,6...2,0$. Отже, при потужності електродвигуна установки $P = 100W$ тепловий насос за 10 год. роботи „перекачає” від холодної частини двигуна до гарячої частини понад $5kДж$ теплоти, переважна більшість, якої витрачається на випаровування вологи, що забезпечує відведення із сушильної камери $0,1...0,2$ кг вологи.

Висновок

Запропонована конструкція сушарки з тепловим насосом Стірлінга працює за замкненим циклом. Оскільки, відпрацьоване тепло в сушильній установці не викидається у навколишнє середовище, а тільки „перекачується” з холодної частини теплового насоса до гарячої, то її робота з енергетичної точки зору набагато ефективніша, ніж робота звичайної класичної сушарки де спостерігається відведення вологи одночасно із теплоносієм за її межі. Завдяки тому, що цикл роботи сушарки замкнений виключається можливість забруднення навколишнього середовища і відкривається можливість працювати з екологічно небезпечними матеріалами.

Список літератури

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга / Г. Уокер. – М.: Машиностроение, 1985. – 408с.
2. Горожанкин С.А. Эффективность тепловых насосов, работающих по циклу Стирлинга // Коммунальное хозяйство городов: Науч.- техн. сб. Вып.21.– К.: Техника, 2000.–С.109-111.
3. Кузнецов В.В. Теоретичний аналіз характеристик газових холодильних машин при помірних температурах охолодження. – автореф дис. ... канд. Техн. наук 05.05.14 – Холодильна, вакуумна та компресорна техніка, системи кондиціонування. – Одеська національна академія харчових технологій, МОН України, 2015-21с.
4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков – М.: Энергия, 1968 – 472 с.

References

1. Uoker H. Dvyhuny Stirlinha / H. Uoker. - M.: Mashynobuduvannya, 1985. - 408s.
2. Horozhankyn S.A. Efektyvnist teplovykh nasosiv, shcho pratsyuyut za tsyklom Stirlinha // Kommunalnoe khozyaystvo horodov: Nauch.- tekhn. .. zb. Do.: Vyp.21.- Tekhnika, 2000.-S.109-111.
3. Kuznetsov V.V. Teoretychnyy analiz kharakterystyk hazovykh kholodylnykh mashyn pry pomirnikh temperaturakh okholodzhennya. - Avtoref dys. ... Kand. Tekhn. 05.05.14 nauk - Kholodylna, vakuumna ta Kompresorna tekhnika, systemy kondytsiyuvannya. - Odeska natsionalna akademiya kharchovykh tekhnolohiy, MON Ukrayiny, 2015-21.s.
4. Lykov A.V. Teoriya sushky / A.V. Lykov - M.: Enerhiya, 1968 - 472 s.

СУШИЛКА С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ СТИРЛИНГА

Аннотация: описан принцип работы сушилки с тепловым насосом Стирлинга.

Ключевые слова: активное вентилирование, сельскохозяйственный материал, влажность, температура, тепловой насос Стирлинга.

DRYER WITH HEAT PUMP STIRLINGA

Summary: describes the principle of the dryer with heat pump Stirling.

Keywords: active ventilation, agricultural material, humidity, temperature, heat pump Stirling.