

УДК 621.41ї

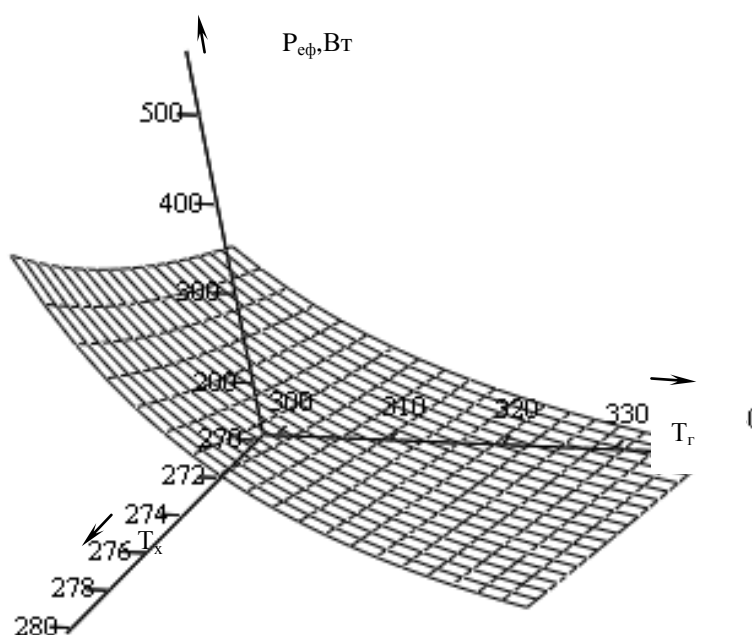
**СУШИЛЬНА УСТАНОВКА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ З ТЕПЛОВИМ  
НАСОСОМ СТІРЛІНГА****Дзись В.Г.***Вінницький національний аграрний університет***Дзись О.В.****Дубчак О.В.***Вінницький національний технічний університет**Описано сушильну установку, що працює за принципом теплового насоса Стирлінга.**The drying setting is described working on principle of heat-pump of Стирлінга.*

Досить перспективним напрямком у Стирлінг-технологіях є використання теплових насосів, що працюють за зворотним циклом Стирлінга [1]. Відомо, що якщо приводити двигун Стирлінга 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 теплу. Для ідеального циклу к.к.д. такої системи

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

а реальний к.к.д. складає

$$\eta = 0,3...0,5\eta_i, \quad (2)$$



**Рис.1. Ефективність теплового насоса Стирлінга ( $P_{np}=100$  Вт)**

де  $T_x$  - абсолютна температура холодної частини,  $T_2$  - абсолютна температура гарячої частини (рис. 1).

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  $0^\circ\text{C}$ . Їх широко застосовують в кріокулерах, холодильниках, в системах теплопостачання та кондиціонування житлових будинків [2]. Особливо привабливим є застосування теплових насосів Стірлінга в сушильних установках (рис.2).

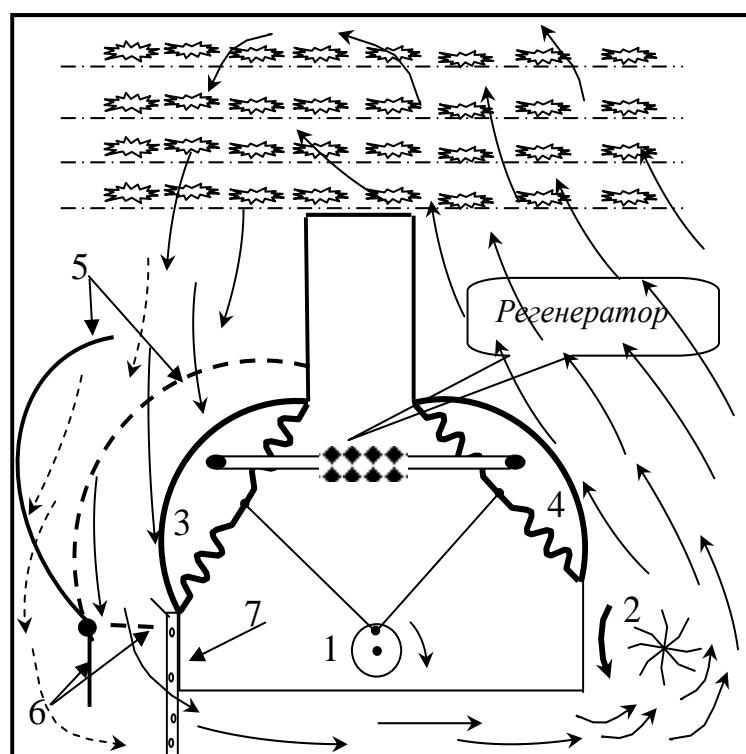
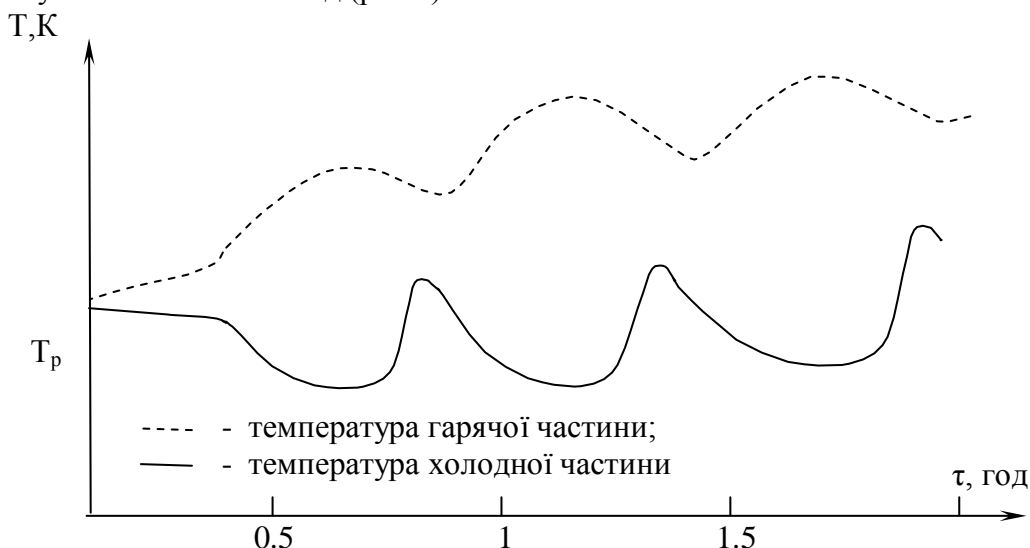


Рис. 2. Схема сушильної установки

При кімнатній температурі  $T_k$  сировина для сушки (фрукти, овочі) завантажується у термоізольовану герметичну сушильну камеру установки. Електродвигун 1 установки приводить в рух механізм теплового насоса. Вентилятор 2 створює у сушильній установці круговий повітряний потік. Тепловий насос Стірлінга перекачує тепло із холодної частини 3 сушильної установки до її гарячої частини 4. У гарячій частині повітря нагрівається, потім потрапляє у сушильну камеру установки. Проходячи робочу камеру, повітря нагріває завантажену сировину, відбирає від неї частину вологи. В режимі нагріву (заслінки 5, 6 відкриті) вологе повітря циркулює по малому контуру. При охолодженні холодної частини температури на  $10-15\text{ K}$  нижче точки роси  $T_p$  заслінки 5 і 6 закриваються. Потік зволоженого повітря потрапляє у холодну частину установки, де охолоджується. Частина вологи конденсується на холодильнику 3 і відводиться із сушильної установки трубопроводом 7. Конденсат містить корисні компоненти і може бути використаний для технологічних потреб. Відібране тепло перекачується тепловим насосом від холодної

частини сушильної установки до її гарячої частини. При досягненні холодною частиною установки температури близької до точки роси відкривається заслінка 5, 6 закриваються, і процес повторюється до досягнення необхідної залишкової вологості завантаженої сировини.

Теплообмін в циліндрах теплових машин Стирлінга досить складний [3]. 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 (рис.3) :



**Рис. 3. Динаміка зміни температури робочих частин установки**

Прийmemo, 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  $5кДж$  теплоти, переважна більшість, якої витрачається на пароутворення, що забезпечує в процесі сушіння виведення з сушильної камери установки  $0,1-0,2$  кг вологи. Оскільки, відпрацьоване тепло в сушильній установці не викидається у навколишнє середовище, а тільки „перекачуються” з холодної частини до гарячої, то її робота з енергетичної точки зору набагато ефективніша, ніж робота звичайної сушильної установки. Крім того, цикл установки замкнений, що виключає забруднення навколишнього середовища і дає можливість працювати з екологічно небезпечними матеріалами.

### Література

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. – 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. Горожанкин С.А. Теплообмен в цилиндрах машин Стирлинга // Вісник ДонДАБА. Вып.2001-2(27). - 2002. – С.149-153.