УДК 664.8.047:621.577

ТЕПЛОНАСОСНА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА

Ю.Ф. Снєжкін[1], Д. М. Чалаєв[2], Н. О. Дабіжа[3], Р.О. Шапар[4], Н.С. Малащук[5],

Інститут технічної теплофізики НАН України
вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164
тел.: (+38)044-424-57-03; E-mail: ittf_ntps@ukr.net

Підвищення ефективності роботи сушильного обладнання можливо вирішити шляхом застосування теплогенеруючих агрегатів теплонасосного типу, в яких здійснюється утилізація теплоти відпрацьованого сушильного агента. Застосування теплових насосів в конвективних сушарках з замкненим контуром циркуляції теплоносія дозволяє скоротити витрати первинної енергії на вилучення вологи в 1,5-2 рази в порівнянні з традиційними конвективними сушарками.

Ключові слова: *теплові насоси, сушіння, енерго-ефективність.*

HEAT PUMP DRYER

Yu. Snezhkin[1], D. Chalaev[2], N. Dabizha[3], R. Shapar[4], N. Malashchuk[5]

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine
2, Bulakhovskogo Str, Kyiv, Ukraine, 03164

Improving the efficiency of operation of drying units can be obtained by applying heat generating units of heat pump type, in which the waste heat drying agent is utilizedl. The use

of heat pumps in convective dryers with a closed-loop circulation of the heat carrier allows to reduce primary energy consumption for moisture removal in 1,5-2 times in comparison with conventional convective dryers.

Keywords: *heat pump, drying, energy efficienc*y.

ORCID: [1]0000-0001-6448-8760, [2]000-0002-5154-4257, [3]0000-0001-6124-1981, [4]0000-0001-6448-8760.

Сушіння відіграє важливу роль в багатьох галузях промисловості, таких як деревообробна, текстильна, паперова, харчова та фармацевтична. Також сушіння широко використовується для збереження сільськогосподарської продукції, такої як фрукти, овочі, трави, зерно, насіння. Реалізуються ці процеси основному в конвективних сушильних установках. В той же час сушіння є одним з найбільш енергоємних технологічних процесів, на проведення якого витрачається в середньому 12 % енергії, споживаної в промисловому секторі.

Традиційні конвективні сушильні установки вирізняються низькою енергетичною ефективністю, що пов’язана з великими (до 30 %) втратами теплоти. Основна частина (до 70 %) теплоти втрачається з відпрацьованим сушильним агентом, що йде з сушарки. В цьому випадку рекуперацію тепла відпрацьованого вологого теплоносія доцільно здійснювати за допомогою теплового насоса (ТН).

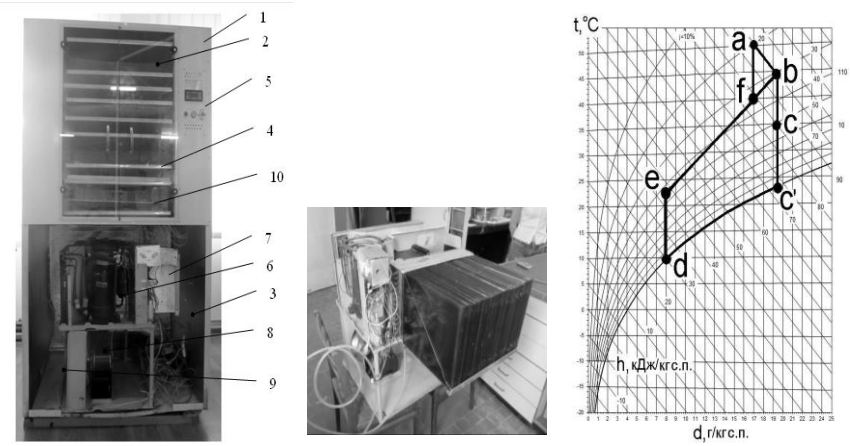
За результатами досліджень конвективного низькотемпературного процесу зневоднення термолабільних матеріалів в ІТТФ НАНУ розроблена енергоефективна технологія сушіння з змінюваним вологовмістом сушильного

агента та створена теплонасосна сушильна установка камерного типу з такими технічними характеристиками:

Температура сушильного агента	40°–60 °С
Кількість вологи, видаляється з продукту	до 2 л/год
Кількість висушуваного продукту	до 40 кг/доба
Установлена електрична потужність	1,0 кВт
Питомі витрати електроенергії на випаровування вологи	0,3…0,7 кВт·год/л

Конвективна сушарка з теплонасосною системою підготовки теплоносія та процес сушіння в *H-d* діаграмі показані на рис. 1. Сушарка являє собою шафу, в верхній частині якої знаходиться сушильна камера 2 з піддонами 4 для зневоднюваного матеріалу, а в нижній – агрегатний відсік 3, де розташований теплонасосний агрегат 6.

Робота сушарки здійснюється таким чином. Нагріте у конденсаторі ТН сухе повітря (точка *a*) надходить до сушильної камери, де обдуває піддони із продуктом і, відбираючи вологу від продукту, адіабатично зволожується (процес *a-b*). Після цього зволожене повітря розділяється на два потоки, один із яких повертається на рециркуляцію, а другий подається в ТН на осушення. Осушуване повітря частково охолоджується в рекуператорі 7 (процес *b-c)*, після чого доохолоджується у випарнику ТН (процес *c´-c-d*). При цьому частина вологи, що міститься в повітрі, конденсується, і вода виводиться з об'єму сушильної камери. Після проходження через випарник ТН охолоджене й осушене повітря підігрівається в рекуператорі 7 (процес *d-e*) і змішується з вологим рециркулюючим повітрям (процеси *e-f* і *b-f*). Змішане повітря (точка *f*) підігрівається в конденсаторі ТН (процес *f-a*), і цикл повторюється.



а *б* *в*

Рис. 1. Експериментальна теплонасосна сушильна установка (а), рекуперативний теплообмінник (б) та процес теплонасосного сушіння в H-d діаграмі (в):

1 – корпус сушарки; 2 – сушильна камера (технологічний відсік); 3 – агрегатний відсік; 4 – піддон; 5 – пульт керування; 6 – теплонасосний агрегат; 7 – рекуператор; 8 – циркуляційні вентилятори; 9, 10 – стартовий електронагрівач.

Висновки. Оснащення конвективної сушильної установки теплогенеруючим теплонасосним агрегатом дозволяє створити контрольовані тепловологісні умови сушіння та за рахунок утилізації теплоти відпрацьованого теплоносія знизити в 1,5-2 рази величину питомх енерговитрат на видалення вологи з матеріалу.

Дослідження проводяться в рамках цільової програми наукових досліджень НАН України “Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд” (Ресурс-2) (проект Р 5.8).