

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Снежкин Ю.Ф., д-р техн. наук, профессор, Пазюк В. М., мл. науч. сотрудник,
Чалаев Д.М., канд. техн. наук, ведущий науч. сотрудник, Шаврин В.С., ст. науч. сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

*В статье приводятся материалы по использованию тепловых насосов в процессах сушки зерна.
In article materials on use of thermal pumps are resulted during drying grain.*

Ключевые слова: тепловой насос, сушка зерна, энергетическая эффективность.

Работа направлена на создание энергоэффективной зерносушильной техники и связана с решением комплекса задач по уменьшению энергетических затрат на процесс сушки с сохранением качества зерна. Анализ существующего парка зерносушильной техники свидетельствует о том, что наибольшее распространение получили зерносушилки с теплогенераторами на жидком топливе и газе. Использование теплогенераторов на отходах с/х производств и деревообрабатывающей промышленности позволяет уменьшить стоимость тепловой энергии за счёт сравнительно низкой стоимости отходов производства [1, 2, 3].

Поэтому необходимость решения поставленной задачи — уменьшение энергетических затрат на процесс сушки является главной задачей на сегодняшний день. Определяющим критерием эффективности является коэффициент использования первичной энергии топлива, который определяется как отношение полезной теплоты к теплотворной способности использованного топлива (табл.1).

Таблица 1 – Коэффициент использования первичной энергии топлива

Тип топлива	Коэффициент использования
Электронагрев	0,27 – 0,35
Сжигание топлива в теплогенераторе	0,75 – 0,95
Тепловой насос с электроприводом	0,6 – 1,35
Тепловой насос с тепловым двигателем	1,37 – 2,3

Сравнение альтернативных вариантов нагревания сушильного агента по степени использования первичной энергии показывает, что наименее эффективным является прямое электрическое нагревание ($K_{эл} = 0,27 – 0,35$), потому что при производстве на тепловой электростанции и транспортировке электросетями происходит потеря в среднем 70 % первичной энергии.

Нагревание сушильного агента в теплогенераторе путём прямого сжигания топлива в топочном пространстве теплогенератора приводит к потерям теплоты на 5 – 25 % от первичной энергии. Существенное расхождение значений коэффициента использования первичной энергии зависит от конструкции теплогенератора и вида топлива.

Для парокомпрессионных тепловых насосов (ТН) с электроприводом коэффициент использования первичной энергии ($K_{ТН}$) равен произведению коэффициента преобразования ТН μ на коэффициент использования первичной энергии при производстве электроэнергии ($K_{эл}$):

$$K_{ТН} = \mu \cdot K_{эл} \quad (1)$$

Коэффициент преобразования ТН (μ – отношение полученного тепла к использованной первичной энергии) зависит от разности необходимой температуры сушильного агента (T_c) и температуры холодного источника (T_n), термодинамических свойств рабочего вещества и особенностей термодинамического цикла ТН, технической совершенности конструкции ТН. В первом приближении можно считать, что коэффициент преобразования μ зависит только от разности температур ($T_c – T_n$). Чем меньше разница, тем выше коэффициент преобразования μ и равен 2,5 – 5.

ТН с приводом от теплового двигателя, например газовой турбины или дизельного двигателя является наиболее экономичным. Несмотря на небольшой к.п.д. дизель-генератора 39 %, при работе с ТН большая часть тепловых потерь двигателя, которые воспринимаются маслом, охлаждающей двигатель жидкостью 41 %, и отходящими газами 14 %, может быть утилизирована и направлена в общий поток сушильного агента. Потери в окружающую среду зависят от эффективности теплообменника и составляют в среднем 5 – 6 % (рис.1).

Увеличение коэффициента использования первичной энергии на базе двигателя-генератора увеличивается почти в 1,5 раза с возможностью выработки как тепловой, так и электрической энергии, и обеспечения технологических режимов сушки зерновых культур.



Рис. 1 – Схема теплонасосной установки с газовым двигателем-генератором

где *Дв* — газовый двигатель генератор;

Км, Кд, И — соответственно компрессор, конденсатор та испаритель теплового насоса.

Перераспределение полученной тепловой энергии на базе двигателя генератора можно определить по формуле:

$$Q_T = Q_{од} + E \cdot Q_{в.г.} + Q_{кд} = 0,41 + 0,7 \cdot 0,2 + (2,1 \dots 4,5) \cdot 0,39 = (1,37 \dots 2,3) \cdot Q_{п} \quad (2)$$

Где Q_T — общее количество полученной тепловой энергии;

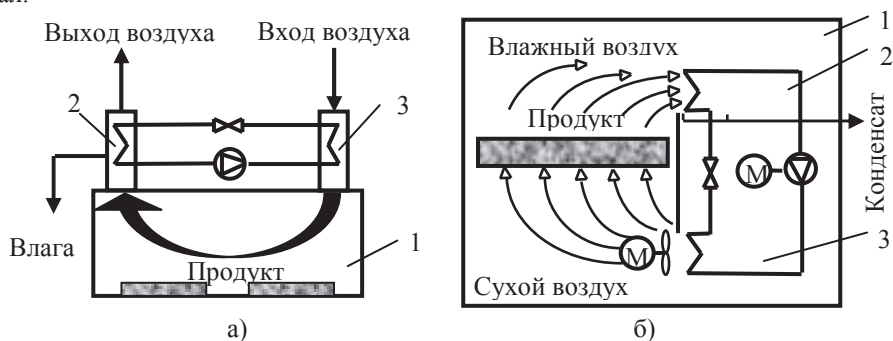
E — эффективность рекуператора;

$Q_{од}, Q_{в.г.}, Q_{кд}$ — полученная тепловая энергия от охлаждения двигателя, утилизации отходящих газов и от работы на конденсаторе ТН.

Применение ТН в процессах сушки зерна позволяет значительно повысить коэффициент использования топлива, и тем самым повысить энергоэффективность зерносушилки [4].

При использовании ТН оборудования в процессах сушки, влага перешедшая из материала в теплоноситель конденсируется на холодной поверхности испарителя ТН и удаляется в виде жидкости. При этом рабочее вещество ТН закипает и при конденсации в конденсаторе ТН выделяется теплота, которая используется для нагрева осушенного теплоносителя. Это существенно снижает затраты энергии на испарение влаги с материала в сравнении с традиционными конвективными сушилками.

В зависимости от схемы подключения ТН в циркуляционный контур сушилки можно разделить на рекуперативные и конденсационные (рис.2). В первом случае испаритель ТН устанавливается в выходном патрубке сушилки, а конденсатор на входе воздуха. В другом случае сушильный агент циркулирует в замкнутом циркуляционном контуре через испаритель, рекуперативный теплообменник, конденсатор и материал.

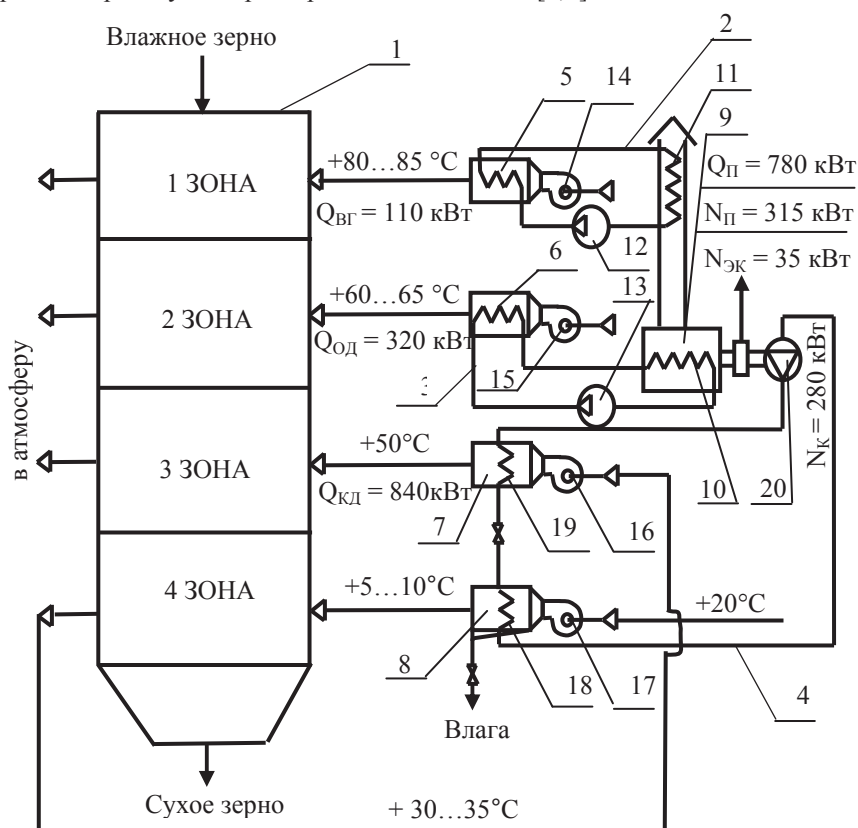


1 – сушилка; 2 – испаритель; 3 – конденсатор.

Рис. 2 – Схематическое изображение сушилки с рекуперативным (а) и конденсационным ТН (б)

Рекуперативные ТН вследствие простоты конструкции находят всё большее применение в промышленности. Для конденсационных ТН сушилок существуют более широкие возможности схемного и технологического комбинирования.

Теплонасосная зерносушилка на базе газового двигателя генератора ДвГА – 315 (рис.3) обеспечивает производство электрической энергии в количестве $N_{\Pi} = 315$ кВт и тепловой $Q_{\Pi} = 430$ кВт. Произведенная электрическая энергия перераспределяется между электрической энергией на эксплуатационные нужды (работа вентиляторов, насосов системы охлаждения, элеваторов та др.) в количестве $N_{Эк} = 35$ кВт и электрической энергией на работу компрессора ТН $N_{К} = 280$ кВт [5,6].



1 – сушильная шахта; 2,3,4 – контуры циркуляции рабочего вещества; 5,6,7,8 – теплообменники; 9 – двигатель; 10,11 – теплоутилизаторы; 12,13 – циркуляционные насосы; 14,15,16,17 – вентиляторы; 18 – испаритель; 19 – конденсатор; 20 – компрессор.

Рис. 3 – Теплонасосная зерносушилка на базе газового двигателя генератора ДвГА – 315

В предложенной конструкции зерносушилки предусмотрено максимальное использование теплового потенциала первичной энергии: в первой зоне — за счёт использования теплоты отходящих газов $Q_{ВГ} = 110$ кВт и во второй — от теплоты вырабатывающей системой охлаждения масла теплового двигателя $Q_{ОД} = 320$ кВт. Использование рекуперативного ТН в технологической схеме позволяет охладить и обезводить сушильный агент в испарителе ТН на 10 – 15°C ниже окружающего воздуха, что интенсифицирует процесс охлаждения в 4 зоне. Нагретый от зерна воздух до температуры 30 – 35°C рециркулирует в зерносушилке, дополнительно подогревается на конденсаторе ТН до температуры 50°C и направляется в 3 зону для досушивания зерна.

Таким образом, система рекуперативного ТН насоса является замкнутым технологическим и энергетическим циклом.

Рециркуляция теплоносителя в 1- 3 зоне не предусмотрена из-за запыленности зерна в процессе сушки.

Расчет энергетической эффективности теплонасосной зерносушилки на базе газового двигателя генератора ДвГА – 315 показал, что удельные затраты теплоты на процесс сушки составляют 3000 кДж/ кг исп. влаги, удельные затраты газа 6,22 м³/т зерна.

Выводы

1. Технология сушки зерна при использовании, в системе подогрева и охлаждения сушильного агента, теплового насоса на базе газового двигателя генератора позволяет интенсифицировать процесс сушки с

постепенным понижением температуры теплоносителя и создать условия для энергоэффективной сушки зерна как семенного так и технического назначения.

2. Создание данной схемы подготовки теплоносителя позволяет утилизировать теплоту отходящих газов и системы охлаждения двигателя направляя их непосредственно на сушку зерна.

3. Более высокий коэффициент использование первичной энергии топлива при сравнении с различными схемами подготовки теплоносителя.

4. В схеме предусмотрена рециркуляция теплоносителя на конденсатор ТН для подачи теплового потока в зону 3, что обеспечивает дополнительную экономию энергии.

Литература

1. Окунь Г. К., Чижиков А. Г. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна. М.: ВНИИТЭИагропром. – 1987. – 52 с.
2. ARAJ. Проспект фирмы ARAJ (Польша). Международная выставка “УкрАГРО – 2007”.
3. Карловский машиностроительный завод. Проспект фирмы. Международная выставка “УкрАГРО – 2007”.
4. Снежкін Ю. Ф., Чалаєв Д. М., Шаврин В. С., Дабіжа Н.О. Теплові насоси в системі теплохолодопостачання. – К.: ТОВ «Поліграф – Сервіс». – 2008 – 104с.
5. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В.М., Чалаєв Д. М., Шаврин В. С. Енергоефективна теплонасосна схема сушіння насіння ріпаку та інших зернових культур на базі газового двигуна генератора ДвГА – 315// Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету: «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави», № 42, т.2. – Вінниця, 2010. – С. 129 – 132.
6. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В.М., Чалаєв Д. М., Шаврин В. С. Теплонасосна зерносушарка. Патент України UA 49118 F26B1/00.

УДК 621.928.97

СПОСІБ ОЧИСТКИ ГАЗІВ ВІД ТОНКОВОЛОКНИСТОГО ПИЛУ

Куц В.П., канд. техн. наук, доцент, Балабан С.М., канд. техн. наук, доцент, Чиж В.М., аспірант
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль

Ханик Я.М., д-р. техн. наук, професор

Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

Обґрунтовано доцільність і області раціонального застосування запропонованого авторами способу мокрому пиловловлювання.

The expediency of the management and use of the proposed Dust suction wet method the authors.

Ключові слова: пиловловлювання, ефективність, гідравлічний опір, витрата рідини, вартість очищення.

Значна кількість процесів хімічної, харчової і інших галузей промисловості супроводжуються виділенням пилу. Вид і властивості цього пилу визначаються характером і видом виробництва, так же, як і шляхи його подальшого використання: буде він використаний як цінна речовина і повернений до основного продукту, чи утилізований як небажаний відход. Однак в будь-якому випадку для виділення цього пилу із газових чи повітряних потоків необхідне застосування пиловловлюючих пристроїв.

Тип необхідного пиловловлюючого обладнання залежить як від виду і властивостей тих твердих частинок, які необхідно виділити із газових потоків, так і властивостей газів.

Доволі специфічним є пил, що утворюється на підприємствах текстильної азбестової, валяноповстяної галузей промисловості. В основній своїй масі це волокнисті частинки з незначною густиною. Для виділення таких частинок найдоцільнішим є використання мокрих пиловловлювачів, адже використання гравітаційних, відцентрово-інерційних апаратів сухого очищення для такого пилу вкрай мало ефективно. Використання фільтрів також обмежене через труднощі регенерації.

Мокрі пиловловлювачі мають ряд переваг над апаратами інших типів: 1) вони порівняно недорогі і ефективніші в порівнянні із сухими пиловловлювачами; 2) деякі з них (наприклад, скрубери Вентурі) можуть бути застосовані для очищення газів від частинок розміром до 0,1 мкм; 3) вони успішно конкурують з такими вискоелективними пиловловлювачами, як рукавні фільтри і електрофільтри, і використовуються в тих випадках, коли ці апарати не застосовуються, наприклад при високій температурі і