



ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ



**Одеса
2022**

УДК [620.9:628.87]:334.723
ББК [620.9:628.87]:334.723
Е 61

Е 61 Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції (16 грудня 2021 р.). – Одеса: ОНАХТ, 2022. – 62 с.

У збірнику подано тези доповідей науково-практичної конференції.
Збірник містить тези пленарних доповідей, доповідей по енергетичному та екологічному менеджменту (секція 1), енергоефективним технологіям та обладнанню (секція 2), моделюванню енерготехнологій (секція 3) та тези доповідей молодих вчених (секція 4).

УДК [620.9:628.87]:334.723
ББК [620.9:628.87]:334.723

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ОДЕСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ СОЮЗ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ
ОБ'ЄДНАНЬ УКРАЇНИ
КОНСАЛТИНГОВА ЛАБОРАТОРІЯ «ТЕРМА»

ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ

Матеріали регіональної науково-практичної конференції

16 грудня 2021 року

Одеса
2022

Марочко О.М., студентка группы АМ-11, (ОНАПТ, г.Одесса)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОСИФОННОГО УТИЛИЗАТОРА ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩЕГО ГАЗА ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ

Технологический процесс выпечки предназначен для закрепления структуры сформированных изделий, а также получения потребительских свойств готового продукта. На этом участке большую роль играют процессы теплообмена, межфазного перехода (испарение воды). Выпечкой завершается сложный комплекс коллоидных, биохимических и других протекающих процессов и на предыдущих участках технологической схемы – участках приготовления и обработки теста.

Следовательно, сущностью технологического процесса выпечки является целенаправленное преобразование материальных (сформированного теста) и энергетических (подвод тепла) потоков в специальном технологическом оборудовании (хлебопекарной печи) с целью получения готовой продукции (хлебобулочных изделий) с заданными свойствами.

Нагрев печи осуществляется с помощью теплогенератора (камеры сгорания) в который пропорционально подают газ с магистрали и воздух с окружающей среды. Это тепло подводят к печи, на выходе с печи у нас отработанные газы, которые выбрасываются в атмосферу.

Модернизация данной линии состоит в том, что на выходе с печи мы хотим поставить теплоутилизатор, который будет нагревать воздух с окружающей среды за счет отработанных газов с печи. Этот нагретый воздух мы будем направлять в теплогенератор, что даст возможность сэкономить расход энергии на нагрев печи.

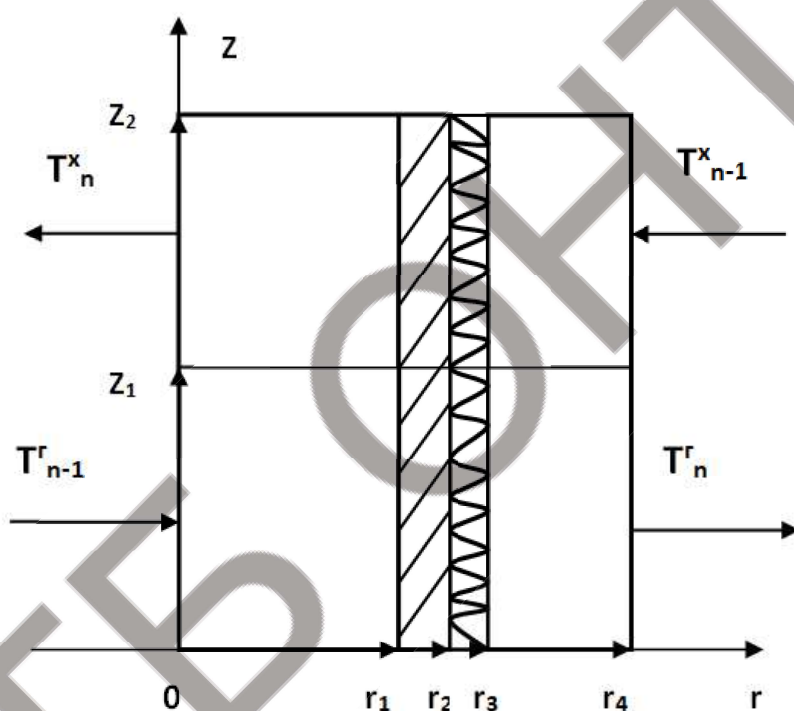
В качестве объекта исследования был выбран термосифонный утилизатор теплоты. Аппарат собирается из автономных модулей - термосифонов, что позволяет организовать рациональное противоточное движение сред, выполнить оребрение и со стороны газа и со стороны воздуха. Модульный принцип гарантирует высокую теплогидродинамическую надежность конструкции. Ресурс термосифонов не менее 60 тысяч часов. Аппарат прост в монтаже, удобен в эксплуатации. Аппарат содержит 200 ТС(термосифонов). В аппарате термосифоны расположены вертикально. Длина испарительной и конденсационной зон одинаковые. Общая высота ТС – 2 м.. Материал корпуса ТС- медь. Индивидуальное спирально – накатное оребрение изготовлено из алюминия. Камеры горячего и холодного потоков разделены трубной доской.

Задача исследования состоит в том, чтобы:

- Выбрать входные и выходные параметры технологического объекта;

- Установить математические связи между параметрами технологического объекта;
- Составить или использовать готовые алгоритмы и программы решения типовых задач ЭВМ;
- Получить необходимые характеристики технологических процессов с помощью математических моделей на ЭВМ;
- Провести оптимизацию характеристик объекта по выбранной целевой функции.

В ходе исследования термосифонного утилизатора теплоты был представлен в виде физической схемы (рис. 1) для дальнейшего определения протекающих там процессов, их уравнений и моделей.



0 -ось термосифонов; r_1 - внутренний радиус термосифона;
 r_2 - наружный радиус трубы термосифона;
 r_3 - радиус оребренного термосифона;
 r_4 - радиус влияния термосифона

Рис.1 – Физическая схема теплоутилизатора

Были записаны уравнения, описывающие все протекающие в теплоутилизаторе процессы. Также были установлены основные процессы, протекающие в теплоутилизаторе, и при каком режиме и геометрических условиях они протекают. Эти процессы были описаны соответствующими моделями и занесены в таблицу 1.

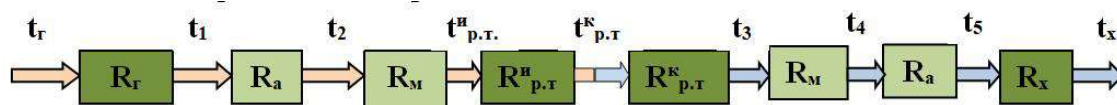
Таблица 1 – Сводка моделей тепловых процессов в теплоутилизаторе на термосифонах

№	Координаты	Характеристика процесса	Модель
1	$0 < z < z_1$ $0 < r < r_1$	Макрокинетика; процес кипения рабочего тела внутри термосифона	Уравнение Толубинского: $\alpha_{п.т.}^и = 3,0 * q^{0.7} * p^{0.15}$ $\alpha_{п.т.}^и = 38,7 * \Delta t^{2,33} * p^{0.5}$
2	$0 < z < z_1$ $r_1 < r < r_2$	Микрокинетика; процес теплопроводности через медную стенку	Уравнение Фурье: $R_m = \frac{\delta_m}{\lambda_m}$
3	$0 < z < z_1$ $r_2 < r < r_3$	Микрокинетика; процес теплопроводности через оребренную поверхность термосифона	Уравнение Фурье: $R_a = \frac{\delta_a}{\lambda_a}$
4	$0 < z < z_1$ $r_3 < r < r_4$	Макрокинетика ; конвективный перенос от горячего теплоносителя к поверхности термосифона	Уравнение по рекомендациям А.А.Жукаускаса: $\alpha_r = \frac{A\lambda_r}{d_{r3}} (Re_A)^n * (Pr)^k * (\frac{S_1}{S_2})^2 * (\frac{p}{d_{r3}})^2$
5	$z_2 < z < z_1$ $r_3 < r < r_4$	Макрокинетика ; Конвективный перенос от холодной поверхности термосифона к оребренной поверхности термосифона	Уравнение по рекомендациям А.А.Жукаускаса: $\alpha_x = \frac{A\lambda_x}{d_{r3}} (Re_A)^n * (Pr)^k * (\frac{S_1}{S_2})^2 * (\frac{p}{d_{r3}})^2$
6	$z_2 < z < z_1$ $r_3 < r < r_2$	Микрокинетика; процесса теплопроводности через оребренную поверхности термосифона	Уравнение Фурье: $R_a = \frac{\delta_a}{\lambda_a}$
7	$z_2 < z < z_1$ $r_1 < r < r_2$	Микрокинетика; процесса теплопроводности через медную стенку	Уравнение Фурье: $R_m = \frac{\delta_m}{\lambda_m}$
8	$z_2 < z < z_1$ $r_1 < r < r_2$	Макрокинетика; Процес теплоотдачи при конденсации рабочего тела внутри термосифона	Уравнение Нусельта: $\alpha_{п.т.}^к = \sqrt[4]{\frac{r \rho_{п.т.}^2 g \lambda_{п.т.}^3}{4 \mu_{п.т.} (t_k - t_c) r}}$

Далее была проведена интенсификация теплопередачи в утилизаторе теплоты. Интенсивность передачи характеризуется коэффициентом теплопередачи:

$$K = 1 / (R_r + R_a + R_m + R_{п.т.}^и + R_{п.т.}^к + R_a + R_m + R_x),$$

Цепочка термических сопротивлений:



где

$R_{п.т.}^и$ - термическое сопротивление теплоотдачи рабочего тела в процессе

кипения

R_m - термическое сопротивление медной стенки

R_a – термическое сопротивление алюминиевой оребренной поверхности

R_T - термическое сопротивление в системе «горячий поток-стенка испарителя» термосифона

R_x – термическое сопротивление в системе «стенка конденсатора-холодный поток»

$R_{p.t.}^k$ - термическое сопротивление теплоотдачи рабочего тела в процессе конденсации

Последним шагом исследования было составление алгоритма расчета экономических параметров. В итоге, мы получили, что разработанная конструкция - термосифонный утилизатор теплоты уходящего газа хлебопекарной печи позволит нам сэкономить топлива $M=0,45 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3/\text{с)}$ и получить прибыль в размере 529 432 (грн). Стоимости термосифонов, утилизатора и его монтажа составляет 160 160[грн]. Срок окупаемости разработанного теплоутилизатора будет составлять 0,3(год).

<i>Бурдо А.К., Мілінчук К.С.</i> Розробка енергозберігаючих технологій виробництва фіто-екстрактів для підприємств харчування.....	32
--	----

СЕКЦІЯ ІІІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

<i>Зиков О.В., Всеволодов О.М., Петровський Р.В.</i> Вплив геометрії горловини скляних банок на якість закупорювання кришкою тип 3.....	36
<i>Яровий І.І., Алі В.П., Тиць О.М.</i> Енергетика мікрохвильового сушильного апарату з комбінованим способом вологовідведення	38
<i>Марочко О.М.</i> Математическая модель термосифонного утилизатора теплоты уходящего газа хлебопекарной печи	41

СЕКЦІЯ ІV ТРИБУНА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

<i>Суліма Ю.Є., Шмадюк А.Т.</i> Перспективи використання натуральних волокон у тканинах та їх вплив на енергозбереження	45
<i>Краснієнко Н.В., Зігура Т.М.</i> Технології створення сонячних суперкомірок майбутнього	48
<i>Кривченко А. А., Кушко В. І.</i> Гібридна сонячна електростанція.....	50
<i>Кривченко А. А., Чулаков В. О.</i> Біоенергетика в Україні	51
<i>Кривченко А. А., Щербаков Д. С.</i> Використання світлодіодних технологій енергозбереження.....	55
<i>Єрмолаєв С.Д., Беркань Ір.В., Бурдюжа С.А.</i> Інтелектуальні технології комфорту.....	56

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ПІДПРИЄМСТВА

Консалтингова лабораторія

ТЕРМА

(теплотехнології, енергоефективність, ресурсо-ефективність, менеджмент енергетичний, аудит енергетичний)

На ринку консалтингових послуг КП «ТЕРМА» з 1997р. Працівники КП «ТЕРМА» пройшли підготовку по програмі «TACIS» та отримали відповідні сертифікати. З 1999р. лабораторія має ліцензію (№026) на право проведення енергетичних обстежень підприємств та навчання енергетичному менеджменту.

Напрямок діяльності КП «ТЕРМА»: науково – методологічна в сфері енергетичної ефективності, консалтингові послуги з енергетичного аудиту та менеджменту, наукові розробки та принципово нові конструкції енергоефективного обладнання, пропагандистка робота по підвищенню культури споживання енергії при підготовці молодих спеціалістів та серед населення регіону.

Розробки КП «ТЕРМА»: концепція Енергетичних програм зернопереробної галузі та Одеського регіону; Програми підвищення енергетичної ефективності міст Одеси та Теплодара; енергетичні обстеження та обґрунтування норм споживання енергії на 91 об'єкті бюджетної сфери Одеського регіону та інш.

КП «ТЕРМА» приймала участь в організації та проведенні 6 Міжнародних конференцій «Інноваційні енерготехнології»; 5 регіональних симпозіумах «Енергія. Бізнес. Комфорт»; міського молодіжного форуму «Енергоманія».

КП «ТЕРМА» має значний досвід, професійних виконавців, сучасні мобільні прилади для проведення енергетичних досліджень та розробці обґрунтованих енергетичних програм різного рівня

Одеська національна
академія харчових
технологій

консалтингова
лабораторія
ТЕРМА

65039, м. Одеса, вул. Канатна. 112, тел. (048)712-41-75; 712-41-29; 724-86-72;
факс (048)725-31-64; 725-32-84. E-mail nauka@onaft.edu.ua
terma_onaft@ukr.net www.onaft.edu.ua