

# Використання відхідної теплоти пароповітряної суміші із пароварочних камер ковбасного виробництва

**А. І. ЗАСЛАВСЬКИЙ, Я. І. ЗАСЯДЬКО, В. І. ПАВЕЛКО**, канд. техн. наук,

**О. М. РЯБЧУК**, бакалавр, Національний університет харчових технологій

*Пароварочні камери для термічної обробки варено-копчених ковбасних виробів є джерелом значної кількості відхідної теплоти, та належним чином не використовуються. Відпрацьована пароповітряна і димова суміш, що викидається в атмосферу, має порівняно низькі параметри — температуру в межах 50—60 °С і відносну вологість пари 50—80%. Крім того, ця суміш газів містить в собі жирові домішки, а також дьоготь, сажу, фенол та інші сполуки з неприємним запахом в аерозольній формі, що приводить до забруднення навколишнього середовища.*

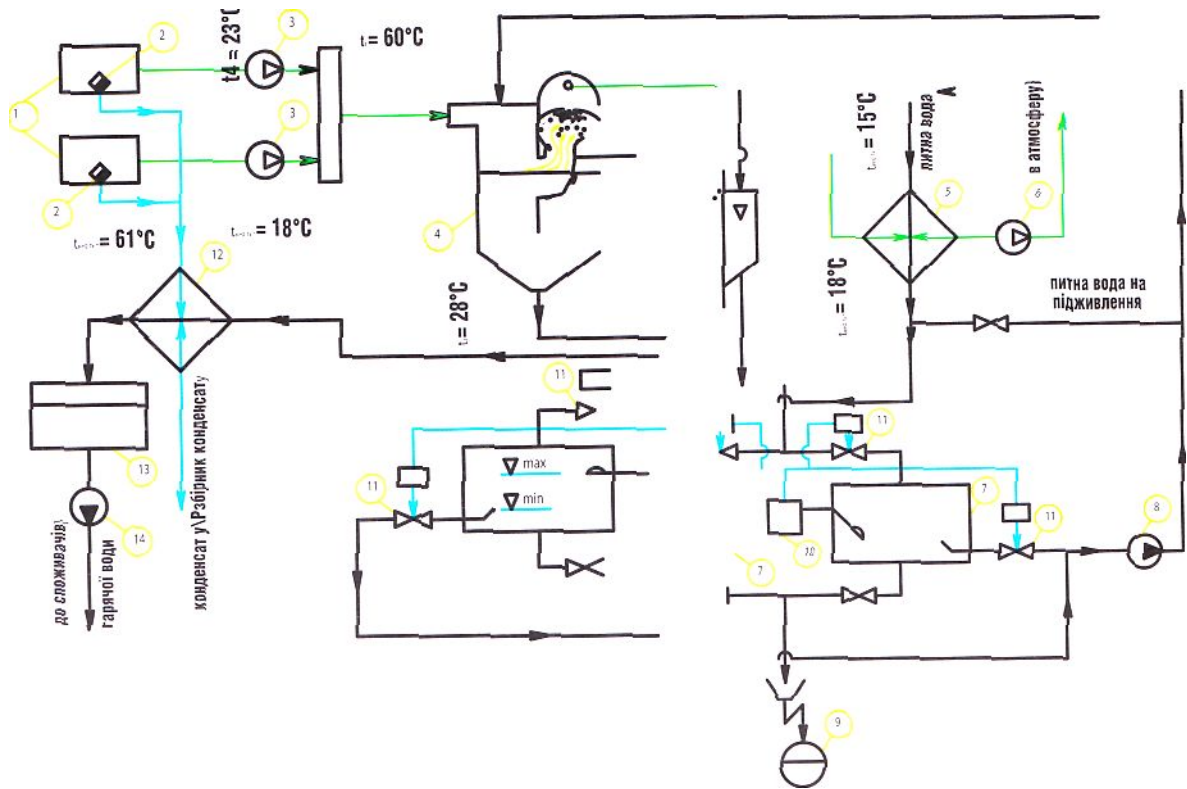
Якщо взяти до уваги, що під час термічної обробки в пароварочних камерах ковбасного виробництва утворюється значна кількість відпрацьованої пароповітряної і димової суміші, то виникає проблема використання цієї низькопотенційної теплоти і очищення газів, що викидаються у навколишнє повітря.

На кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки (ТЕХТ) НУХТ виконана робота щодо розробки способу утилізації теплоти пароповітряної і димової суміші, що відводиться із пароварочних камер, і більш досконалого методу очищення газів, які викидаються в атмосферу. Запропонований спосіб забезпечує певний економічний і соціально-екологічний ефект, який полягає у корисному використанні теплоти суміші газів, які раніше викидалися в атмосферу, і в захисті навколишнього середовища від теплового і хімічного забруднення. Отже, кінцевою метою виконаної роботи є створення техніко-економічної системи, що використовує низькопотенційну теплоту відпрацьованої відхідної суміші пари, повітря, димових газів і водночас здійснює максимально можливе очищення цієї суміші від механічних домішок і неприємного запаху.

На рисунку 1 наведена розроблена і запропонована кафедрою ТЕХТ схема використання відхідної теплоти пароповітрянодимової суміші із пароварочних камер ковбасного виробництва з одночасним очищенням її від шкідливих домішок.

Пароповітрянодимова суміш із пароварочних камер 1 за допомогою вентилятора 3 подається у пароконтактний тепломасообмінний апарат 4 з контактно-змішувальним каналом і внутрішньою циркуляцією рідини (води). В апараті 4 відбувається змішування суміші пари і газів з водою, внаслідок чого димові частинки змочуються, агломеруються і відводяться разом з водою із апарата 4 до відстійника-декантатора 7. В результаті промивання парогазової суміші частина

пари конденсується, і гази позбавляються неприємного запаху. Температура парогазової суміші при промиванні знижується приблизно до 29°C, в той час як вода, що надходить до тепломасообмінного апарата 4 нагрівається від 23 до 28°C.



**Рис.1. Схема використання відхідної теплоти пароповітрянодимової суміші із пароварочних камер: 1 - пароварочні камери; 2 - конденсатовідвідники; 3 - вентилятор пароповітряної суміші; 4 - пароконтактний тепломасообмінний апарат; 5 - теплообмінник типу "повітря-вода"; 6 - вентилятор очищеної суміші газів; 7- декантатор (відстійник); 8 – насос циркуляційний; 9 - водовідведення (каналізація); 10 - регулятор рівня суспензії у відстійнику; 11 - регулятор витрати (подачі) води; 12 - теплообмінник типу "рідина-рідина"; 13 - збірник гарячої води; 14 - насос гарячої води.**

Із тепломасообмінного апарата 4 постійно відводиться тепла суспензія у відстійник – декантатор 7, де відбувається сепарація (відділення) жирів і твердої фракції із цієї суспензії. Одночасно у відстійник - декантатор 7 добавляється однакова кількість технічної чистої води для підтримання постійного рівня. Ця операція є необхідною передумовою надійної роботи апарата 4. Для повної дезодорації відпрацьованої пароповітрянодимової суміші воду в апараті 4 потрібно обробляти відповідними хімікатами.

Очищене, охолоджене і дезодороване повітря після апарату 4 пропускається через трубчастий теплообмінник 5 типу "повітря-вода", в якому воно додатково підсушується і охолоджується перед викидом в атмосферу. Чиста питна вода, що подається у теплообмінник 5, нагрівається в ньому з 15 до 18°C, після чого її пропускають через кожухотрубний теплообмінник 12 типу "рідина-рідина", в якому теплоносієм є конденсат пари із калориферів пароварочних камер, що відводиться у збірник конденсату за допомогою конденсатовідвідників 2.

Нагріта в теплообміннику 12 вода відводиться у збірник гарячої води 13, звідки насосом 14 подається до споживачів гарячої води.

Запропоноване і представлене на рисунку 1 схематичне рішення підтверджується наступним

конкретним прикладом теплового розрахунку.

### **Пароконтактний тепломасообмінний апарат (ПКТА)**

Параметри пароповітрянодимової суміші, що надходить у ПКТА і виходить із нього:

$$t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}; x_1 = 10\%; I_1 = 96 \text{ кДж/кг}; d_1 = 11,6 \text{ г/кг};$$

$$t_2 = 29 \text{ }^\circ\text{C}; x_2 = 95\%; I_2 = 93 \text{ кДж/кг}; d_2 = 25 \text{ г/кг}.$$

Кількість пароповітрянодимової суміші, яка надходить у ПКТА із двох пароварочних камер (при умові, що із однієї ПВК виходить 2000 м<sup>3</sup>/год):

$$2 \times 2000 = 4000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Параметри циркуляційної води, що надходить у ПКТА і виходить із нього:

$$t_4 = 23 \text{ }^\circ\text{C}; I_4 = 96 \text{ кДж/кг};$$

$$t_3 = 29 \text{ }^\circ\text{C}; I_3 = 93 \text{ кДж/кг}.$$

На підставі матеріального і теплового балансу ПКТА визначається кількість води, необхідної для циркуляції, а також кількість випареної води, яку необхідно добавляти в ПКТА:

$$Q_{\text{ловітр.1}} = 3 \text{ кВт}; G_{\text{вод.1}} = 500 \text{ кг/год}; g_1 = 44, 2 \text{ кг/год}.$$

### **Теплообмінник типу "повітря-вода"**

Теплота, що віддається в теплообміннику від пароповітряної суміші до питної води:

$$Q_{\text{ловітр.2}} = 5 \text{ кВт}.$$

Кількість конденсату, що утворюється в теплообміннику від пароповітряного потоку через теплообмінник:

$$G_{\text{конд. 2}} = 16,9 \text{ кг/год}.$$

Прихована теплота, яку містить у собі ця кількість конденсату:

$$Q_{\text{прих.2}} = 12 \text{ кВт}.$$

Загальна кількість теплоти, отриманої від пароповітряного потоку:

$$Q_2 = 17 \text{ кВт}.$$

Якщо врахувати теплові втрати в межах до 5%, то остаточно кількість отриманої теплоти складе близько 16 кВт. Кількість чистої питної води, яка сприйме цю теплоту і нагріється від  $t_6' = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_6'' = 78 \text{ }^\circ\text{C}$  складе:

$$G_{\text{вод.2}} = 4000 \text{ кг/год}.$$

### **Теплообмінник типу "рідина-рідина"**

В цьому теплообміннику нагрівається питна вода, що проходить через систему, за рахунок теплоти, яку вносить з собою конденсат на вході у теплообмінник. При умові, що в пароварочну камеру надходить пара з тиском  $P_n = 0,5 \text{ МПа}$  і 30-процентному остаточному тиску за конденсатовідвідником, можна розраховувати на тиск, під яким конденсат надходить у теплообмінник типу "рідина-рідина", близький до  $0,5 \times 0,3 = 0,15 \text{ МПа}$ . За умови, що витрата пари на одну пароварочну камеру типу ПВПК — 3 складає біля 350 кг/год (а для двох ПВПК, відповідно біля 700 кг/год), кількість теплоти, що вноситься цією парою, складає  $700 \times 4183 = 2928100 \text{ кДж/год} = 2,929 \text{ МДж/год}$ . При проходженні через теплообмінник 4600 кг/год води вона на-

грівається від  $t_1'' = 18^\circ\text{C}$  до  $t_1''' = 61^\circ\text{C}$ , тобто на  $43^\circ\text{C}$ .

Описаний процес може бути представлений на діаграмі  $I-d$  (рис. 2).

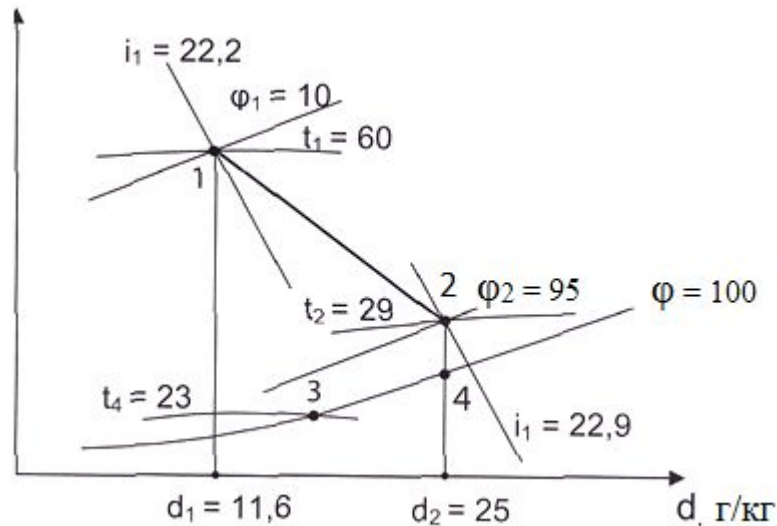


Рис. 2. Зображення процесу на  $I-d$  діаграмі

Запропоноване рішення дає певний економічний ефект, який полягає в отриманні і використанні визначеної кількості теплоти, а також в отриманні соціально-екологічного ефекту, обумовленого захистом навколишнього середовища від забруднення, використовується низькопотенційна теплота пароповітрянодимової суміші, що відводиться із двох пароварочних камер, у кількості  $170 \text{ кВт}$  теплоти.

В атмосферу викидається очищена від механічних і хімічних домішок пароповітряна суміш, яка відповідає вимогам санітарно-гігієнічних норм, і не допускає теплового і хімічного забруднення атмосферного повітря.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бражников А. М. Теория термической обработки мясопродуктов. — М.: Агропромиздат, 1987.
2. Павелко В. І. Теплозабезпечення підприємств мясо- і молокопереробних галузей промисловості: навч. посібник. — К.: НУХТ, 2005.
3. Ноздрин С. И., Руденко Г. С. Рациональное использование топлива и теплоты на предприятиях мясной и молочной промышленности. — М.: Агропромиздат, 1985.