

До питання зменшення витрат енергоносіїв у камерах сушіння сиров'ялених і сирокочених ковбас м'ясопереробного підприємства

А. І. ЗАСЛАВСЬКИЙ, Я. І. ЗАСЯДЬКО, В. І. ПАВЕЛКО, канд. техн. наук, Національний університет харчових технологій

Процес сушіння сиров'ялених і сирокочених ковбас є одним із найбільш енерговитратних у ковбасному виробництві. Це обумовлено жорсткими вимогами до підтримання температурно-вологісного режиму в камерах сушіння, необхідністю рівномірного розподілу і заданої швидкості руху сушильного агента (повітря), а також тривалістю самого процесу сушіння. Відомо, що за час сушіння (17-40 діб в залежності від сорту сиров'ялених чи сирокочених ковбасних виробів) маса висушуваних виробів внаслідок втрати вологи зменшується більш ніж на третину [1].

З метою розповсюдження і впровадження досвіду щодо зменшення витрат енергоносіїв у виробництві сиров'ялених і сирокочених ковбас пропонується здійснити аналіз роботи систем кондиціювання повітря (СКП) в камерах сушіння вищеназваних ковбасних виробів і на його підставі розглянути розроблений комплекс заходів щодо підвищення економічності експлуатації енергетичних установок СКП.

Сучасні цехи по дозріванню та сушінню сиров'ялених і сирокочених ковбас оснащені, як правило, камерами ферментації і безпосереднього сушіння їх. Забезпечення виробництва енергоносіями (холод і тепло) здійснюється за допомогою централізованої установки для охолодження і нагрівання ковбасних виробів з використанням холодоагенту R 407C, який не містить в собі хлору і не впливає на зміну вмісту озону в атмосферному повітрі. Розглядається і аналізується робота установки, що складається з трьох напівгерметичних компресорів фірми "Бітцер" типу 4J.22.2 загальною холодильною потужністю $61 \times 3 = 183$ кВт, яка досягається за таких параметрів холодоагенту:

- 1) температура кипіння (випаровування) – $(+7^{\circ}\text{C})$;
- 2) температура конденсації — $(+40^{\circ}\text{C})$.

Регулювання потужності компресорів здійснюється за схемою: 0-50-100%.

Компресори, мастило- і рідиновіддільники, ресивери рідини та щит управління змонтовані в одному блоці і встановлені безпосередньо в машинній залі поруч із сушильними камерами.

Холодильна установка має два конденсатори з повітряним охолодженням, які змонтовані на даху цеху. Теплова потужність конденсаторів складає 226 кВт; вони обладнані двома парами вентиляторів та органами управління, що забезпечують їх оптимальну роботу в різні пори року.

Під стелею кожної з камер сушіння встановлено блок підготовки повітря (кондиціонер), який складається з фільтра, охолоджувача, нагрівача та вентилятора. Нагрівач кондиціонера живиться гарячими парами холодоагенту, які після стискування в компресорах нагнітаються у нагрівач поза конденсатором, що в цілому значно знижує споживання електроенергії в енергетичній установці сушильного комплексу.

Технічні показники кондиціонера є такими:

I. Конденсатор (випаровувач):

1. теплова потужність — 35 кВт;
2. температура випаровування — 7°C ;
3. параметри повітря: а) на вході в конденсатор $t=16,9^{\circ}\text{C}$; $\psi=83,8\%$;

б) на виході з конденсатору $t=14,7^{\circ}\text{C}$; $\psi=88,4\%$;

4. поверхня теплообміну — 40 м^2 .

II. Нагрівач (калорифер):

1. теплова потужність — 30 кВт ;

2. температура конденсації — 40°C ;

3. параметри повітря на виході з калорифера $t = 19,1^{\circ}\text{C}$; $\psi = 16,8\%$;

4. відстань між пластинами оребрення — 4 мм ;

5. поверхня теплообміну — 30 м^2 .

III. Вентилятор (розподілення повітря):

1. продуктивність — $20\,000 \text{ м}^3/\text{год}$;

2. тиск повітря — 200 Па ;

3. швидкість повітря на виході — $0,088 \text{ м/с}$;

4. повітряпроводи виготовлені з двох паралельних тканих мішків, матеріал — суперіф 02550; діаметр повітряпроводу — 710 мм ; довжина повітряпроводу — $14\,200 \text{ мм}$.

Задані параметри в камері сушіння: $t = 18^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 80\%$.

Температура і відносна вологість середовища в кожній камері контролюються індивідуальним мікропроцесором з виведенням даних на монітор комп'ютера.

Камери ферментації призначені для попередньої витримки сирих ковбасних батонів після шприцювання. Ковбасні батони навішуються на палиці і спеціальними візками транспортуються в камери ферментації, де витримуються 3-5 діб. Камери ферментації обігриваються водяною парою з тиском $0,05 \text{ МПа}$ ($0,5 \text{ кгс/см}^2$). Для циркуляції і рівномірного розподілення повітряних потоків в кожній камері встановлено 4 осьових вентилятори. Ці вентилятори за допомогою таймерів вмикаються періодично, що забезпечує рівномірний температурний режим у всьому об'ємі камери ферментації.

Задані параметри повітря в камері ферментації: ($t = 28^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 98-100\%$). Температурно - вологісний режим в камерах ферментації контролюється за допомогою спеціальних датчиків з виведень даних контролю на монітор комп'ютера

Нами проведено дослідження роботи установки для різних температурних режимів і виконані порівняльні (перевіркові) розрахунки по тепловим навантаженням та потужності компресорів, які дозволили виявити деякі негативні наслідки і запропонувати низку заходів щодо усунення їх та покращення роботи СКП.

Виконані перевіркові розрахунки засвідчили, що при зміні температури повітря в сушильній камері від 18°C до 12°C теплове навантаження СКП зростає від 35 до 44 кВт (по холоду) і від 30 до 44 кВт (по теплу). Похибка проектувальників в розрахунках, таким чином, склала:

1) по холоду — $E_{\text{холод}} = (44-35)/35 \cdot 100\% = 25,7\%$;

2) по теплу — $E_{\text{тепло}} = (44-30)/30 \cdot 100\% = 46,7\%$;

3) по випареній волозі — $E_{\text{волога}} = (22-21)/21 \cdot 100\% = 5\%$.

Невиправдано занижені проектні розрахунки теплових навантажень на конденсатор ($25,7\%$) і, особливо, на нагрівач ($46,7\%$) кондиціонера привели до того, що сумарна потужність по тепловим навантаженням СКП всіх п'яти камер склала:

Теплове навантаження, кВт	Холод	Тепло
Проектний розрахунок	175	150

Перевірковий розрахунок	220	220
-------------------------	-----	-----

Продуктивність 3-х (трьох) запроектованих компресорів типу 4J.22.2 складає при температурі кипіння $t_0=7^\circ\text{C}$ ($t_{\text{повітря}}=18^\circ\text{C}$) – $61 \text{ кВт} \times 3 = 183\text{кВт}$. Порівняльний (перевірковий) розрахунок по підбору компресорів дає такий результат:

Теплове навантаження, кВт	Холод	Коефіцієнт порівнювальний
Проектний розрахунок	$35 \times 5 = 175/183$	0,95 достатньо
Перевірковий розрахунок	$44 \times 5 = 220/183$	1,2 недостатньо

Якщо врахувати, що при зниженні температури повітря в сушильній камері з 18°C до 12°C відповідно знижується температура відсмоктування холодильного агента з 7°C до 1°C , тобто на 6°C , то це, природно, знижує продуктивність кожного компресора у співвідношенні 4-5% на 1°C зниження температури відсмоктування. Тому фактична холодопродуктивність кожного компресора буде становити: $61 \cdot (100 - (6 \cdot 4,5)) = 61 \cdot 0,73 = 44,5 \text{ кВт}$, а сумарна — лише $44,5 \cdot 3 = 133,6\text{кВт}$, що є явно недостатнім.

Виконані перевірки розрахунки були підтверджені такими спостереженнями і відповідними висновками:

1. У початковий період роботи однієї з сушильних камер в енергетичній установці працювало 2 компресори. Режим їхньої роботи характеризувався наступними показниками: робота двох компресорів в режимах 50% + 50%; 50% + 100%; після цього обидві холодильні машини на деякий час повністю зупинялися. Потім включили на одну сушильну камеру тільки один компресор, який протягом тривалого часу працював в режимі 100% і лише в окремих випадках короткочасно переходив на роботу в режимі 50% навантаження. Крім того, в холодильній установці за допомогою регулятора типу V20.2 частина стиснутої гарячої пари після компресора надходила в нагрівач (калорифер) кондиціонера, а решта — на конденсатор.

Враховуючи, що використання вторинної теплоти гарячих парів холодоагенту є корисним і не викликає сумніву, а керування подачею цих парів регулятором V20.2 здійснюється виключно в ручному режимі, отримуємо такі негативні наслідки:

- а) розподіл кількості гарячих парів холодоагенту здійснюється виключно інтуїтивно;
- б) температура парів значною мірою залежить від температури навколишнього середовища (особливо взимку, при ($t_{\text{зовн.}} = 10^\circ\text{C}$ і нижче);
- в) при різкому зниженні температури зовнішнього повітря для підвищення температури гарячих парів холодоагенту необхідно, відповідно, збільшувати тиск і температуру конденсації, а це як відомо, зменшує продуктивність компресорів [2].

2. Аналіз режиму роботи холодильної установки показав, що після відключення компресора (по параметру — відносна вологість ϕ) має місце режим "очікування", який триває в межах 5-5,5 хв. В цей же час зупиняється вентилятор і закривається соленоїдний вентиль (СВ) перед терморегулюючим вентилем (ТРВ) випаровувача кондиціонера. Повторне включення СВ перед ТРВ та вентилятора відбувається лише через 5 хвилин після закінчення режиму "очікування". Це відчутно зменшує не тільки продуктивність вентилятора кондиціонера, а й сушильної камери по випареній волозі.

3. Паралельно з аналізом роботи холодильної установки СКП проводилися виміри параметрів повітря в сушильній камері (швидкість V , температура t та відносна вологість ϕ). Отримані дані з цих

параметрів показали, що з метою рівномірного розподілу повітря необхідно змонтувати в сушильній камері додаткові перегородки з армованого поліетилену. Це дасть можливість розділити одну велику камеру на 10 відсіків (3 секції \times 5 відсіків \times 2 ряди) = 30 секцій.

4. Крім того, аналіз роботи камер ферментації показав, що розроблена в проекті технологія ферментації при $t=28\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi=100\%$ себе не виправдала з наступних причин: майже через добу після початку процесу ферментації спостерігалось різке зростання пліснявих грибків на поверхні ковбасних батонів, що в подальшому призводило до їх псування.

5. Для забезпечення нормальної експлуатації СКП камер сушки сиров'ялених та сирокочених ковбас необхідно здійснити наступне:

1. По енергетичних установках:

— до трьох запроектованих необхідно встановити ще два компресора типу 4J.22.2, що повністю забезпечить необхідну холодопродуктивність $220\text{кВт} < 44,5 \times 5 = 222,5\text{кВт}$.

— з метою сталої роботи підігрівачів СКП слід стабілізувати роботу клапана V20.2, який розподіляє потоки гарячих парів холодильного агента, одна частина яких надходить на конденсатор, а решта використовується в нагрівачах кондиціонера для нагріву повітря. Для цього в холодний період року необхідно встановити розбірні теплоізовані панелі, які будуть захищати конденсатори, що змонтовані на даху будівлі, від додаткового переохолодження. Це забезпечить подачу необхідної кількості гарячих парів у відповідності з виконаними розрахунками.

2. По камерам сушки ковбасних виробів:

— для забезпечення необхідного теплового обміну слід усунути запрограмоване періодичне виключення в роботі вентиляторів кондиціонерів. Вентилятори повинні працювати постійно.

— за допомогою поліетиленових перегородок слід розподілити сушильні секції кожної камери на окремі відсіки.

3. По камерам ферментації ковбасних виробів:

— слід повністю відмовитися від запропонованої проектантами технології ферментації.

— вказані приміщення камер ферментації можна використати як камери посолу та дозрівання сиров'ялених та сирокочених ковбас при умові встановленню додаткових індивідуальних холодильних установок [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоров Н.Е. Аналитические расчеты сушильных установок. — М., "Пищевая промышленность", 1987.
2. Попов. В.П. Реконструкция и техническое перевооружение холодильного хозяйства мясной и молочной промышленности"//Холодильная техника. — 1986. — №1.

Розрахунок амортизації лінії ТБА-8 методом зменшення залишкової вартості

Рік	Розрахунок річної суми амортизації	Річна сума амортизації, грн.	Знос на кінець року, грн.	Залишкова вартість на кінець року, грн.
2003	500000,00*0,139	69500,00	69500,00	430500,00
2004	430500,00*0,139	59839,50	129339,50	370660,50
2005	370660,50*0,139	51521,30	180361,30	319138,70
2006	319138,70*0,139	44360,30	225221,60	274778,40
2007	274778,40*0,139	38194,20	263415,80	236584,20
2008	236584,20*0,139	32885,20	296301,00	203699,00
2009	203699,00*0,139	28314,20	324615,20	175384,80
2010	175384,60*0,139	24378,50	348993,70	151006,30
2011	151006,30*0,139	20989,90	369983,60	130016,40
2012	130016,40*0,139	18072,30	388055,90	111944,10
2013	111944,10*0,139	15560,20	403616,10	96383,90
2014	96383,90*0,139	13397,40	417013,50	82986,50
2015	82986,50*0,139	11535,10	428548,60	71451,40
2016	71451,40*0,139	9931,70	438480,30	61519,70
2017	61519,70*0,139	8551,20	447031,50	52968,50
2018	52968,50*0,139	7362,60	454394,10	45605,90
2019	45605,90*0,139	6339,20	460733,30	39266,70
2020	39266,70*0,139	5458,10	466191,40	33808,60
2021	33808,60*0,139	4699,40	470890,80	29109,20
2022	-	4109,20	475000,00	25000,00