

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ РЕКУПЕРАЦІЇ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ.....	7
1.1. Загальні підходи до можливості рекуперації енергії.....	7
1.2. Перспективи використання вторинних енергетичних ресурсів.....	16
1.3. Замкнуті енергетичні контури в харчових технологіях.....	28
1.4. Повітряна сушарка на основі замкнутих енерго- матеріальних контурів.....	40
2. РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ.....	49
2.1. Енергоімпульсні трансформації в середовищах харчових виробництв.....	49
2.2. Енергоматеріальні імпульси в газорідних середовищах.....	59
2.3. Технології на основі фазових переходів.....	69
2.4. Фазові переходи в технологіях харчових виробництв та енергозбереження.....	80
2.5. Визначення параметрів систем рекуперації теплових потенціалів потоків газопарових сумішей.....	92
2.6. Оцінка перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів варильних відділень пивзаводів.....	105
2.7. Системи утилізації вторинної пари сусловарильних апаратів.....	116
2.8. Термодинамічне визначення параметрів фазових переходів в умовах вакуумних технологій.....	131
3. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	141
3.1. Моделювання і синтез систем інтенсивного масообміну.....	141
3.2. Інтенсифікація масопередачі в газорідних системах.....	152
3.3. Синтез активованих змішувачів потоків.....	164
3.4. Обмежувальні фактори в процесах анаеробного зброджування цукровмісних середовищ.....	175
3.5. Інтенсивні технології переробки плодів та ягід.....	188
4. ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ТА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	197

4.1. Енергетичні трансформації в механічних системах.....	197
4.2. Енергетична рекуперація і регулювання ходу машин.....	208
4.3. Динаміка перехідних процесів в лініях пакування харчової продукції.....	219
4.4. Обмеження динамічних силових параметрів в перехідних процесах.....	227
4.5. Тертя в транспортних системах.....	238
4.6. Динаміка і енергетичне забезпечення систем транспортування вантажів в лініях пакування харчової продукції.....	247
4.7. Інтенсивні технології енерго- та масообміну при стерилізації харчової продукції.....	259

Вступ

Перспективи і необхідність створення і використання систем рекуператії і регенерації вторинних енергоматеріальних ресурсів стосуються більшості галузей агропромислового комплексу України. Досягнення заданих енергетичних параметрів в режимах переробки вхідних сировинно-матеріальних потоків забезпечується за рахунок первинних енергоносіїв у формі природних палив, електричних потоків та хімічної енергії органічних сполук. Перші два з них перетворюються у теплову та механічну енергію у співвідношеннях корисного використання і дисипативних втрат, які мають обмежуватися рекуперативними технологіями. Наслідком останнього є обмеження витрат первинних енергетичних ресурсів, що є головним завданням проекту, наслідком якого слід очікувати зменшення видобутку або придбання викопних енергоресурсів, транспортних витрат та екологічного тиску на довкілля, зменшення питомих енергоматеріальних витрат на виробництво продуктів харчування та обмеження собівартості продукції. Такі наслідки відповідають потребам розвитку країни та соціально-економічним інтересам населення і їх слід оцінювати первинними.

Вторинні ефекти стосуються оцінки доцільності енергоматеріальних трансформацій в існуючих технологіях харчових, мікробіологічних, бродильних виробництв тощо. Так загальний результат анаеробного зброджування цукровмісних середовищ, за якого має місце майже баланс масових кількостей етилового спирту і діоксиду вуглецю, приводить до сумнівів в доцільності синтезу таким чином моторних палив.

В загальній оцінці технологій переробки сировинних потоків важливим критерієм є рівень збереження потенціалу хімічної енергії в системі "сировина – продукція" в абсолютному обчисленні. Запровадження такого критерію одночасно дозволяє оцінити рівень втрат самої технології переробки матеріальних потоків, на які накладаються витрати зовнішніх енергетичних потоків. Загальна оцінка втрат і витрат відповідає принципу суперпозиції, хоча у своїх окремих визначеннях вони мають принципове значення. Зміни внутрішніх енергетичних ресурсів дозволяють здійснити порівняльну оцінку самих технологій, у тому числі і на рівні ефективності різних галузей АПК.

Рекуперация кінетичної енергії в системах паралельних технічних систем забезпечить зниження витрат електричної енергії вдвічі і більше у випадках циклічних машин-автоматів. Використання систем рекуператії в паралельних процесах в першому наближенні нівелює до 70 % енергетичних витрат в перехідних процесах. Застосування нових технологій в масовому використанні забезпечить зниження у споживанні первинних енергоносіїв до 30 %, що матиме не лише економічні, а і соціальні та екологічні наслідки.

Створення узагальненої теорії синтезу систем використання вторинних енергетичних ресурсів поєднує в собі порівняльні оцінки трансформацій внутрішніх хімічних потенціалів сировинноматеріальних потоків та зовнішніх енергетичних потоків першоджерел.

1. ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ РЕКУПЕРАЦІЇ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

1.1. Загальні підходи до можливості рекуперації енергії

Аналіз більшості достатньо досконалих технологій часто приводить до висновку про присутність в них невикористаних резервів і ресурсів. Інколи такі резерви були непоміченими під час створення технологій [1-4] чи не входили до числа їх задач, або не були напрацьовані теоретичні розробки і практичні пропозиції, які могли б привести до одержання більш поглиблених результатів [5-7]. Відсутність об'єктивної оцінки важливості мінімізації питомих енергетичних витрат в різних галузях промисловості в перебігу кількох десятиліть призвело виробництва в Україні до відомих негативних результатів.

Проте розвиток сучасних тенденцій в теорії енерго- масообмінних процесів, як мінімум, відповідав і був паралельним загальносвітовим досягненням [8-10]. Готовність наукових кадрів, конструкторів і промисловців підтверджена результатами сприйняття новітніх технологій і обладнання. При цьому зрозуміло, що розрив між рівнями інтелектуальних напрацьовань і їх реалізацією в технологіях завжди був і закономірно повинен існувати, оскільки він є рушійним фактором розвитку.

У спробі підтвердити останні положення звернемося до побіжного аналізу влаштування технологій і обладнання варильних відділень пивзаводів.

Присутність певного недоліку в тій або іншій частинах технології майже напевне вказує на необхідність подолання присутнього в ній протиріччя. Так процес варіння пивного суслу потребує його інтенсивного кип'ятіння і випаровування до 10 % рідинної фракції. Очевидно, що останнє обумовлено необхідністю доведення концентрації розчинених екстрактивних речовин до нормативних показників, які в середньому близькі до 13 %. Вказаний надлишок рідинної фракції створюється цілком свідомо у зв'язку з бажанням поглибленого вилучення екстракту, представленого цукрами, з заторів в процесах їх фільтрації [11] за рахунок використання промивних вод. Саме останнє визначає кількість десятивідсоткового випару рідини. Дії, спрямовані на останній недолік, починаються з помелу солоду з досягненням певної структури. З одного боку

збільшення фракції борошна на етапі виготовлення мала б полегшити процес розчинення екстрактивних речовин і їх вилучення та переведення до розчину, але це привело б до ускладнень під час формування фільтраційного шару і загального результату. Таким чином, протиріччя на межі вибору між високим виходом екстрактивних речовин і необхідністю обмеження енергетичних витрат на генерування випару є цілком усвідомленим. Вибір нейтралізації такого протиріччя в сучасних технологіях стосується ліквідації наслідків, а не першопричини. Його здійснено у напрямку створення ділянок по утилізації потенціалів генерованої вторинної пари. Її безпосередня конденсація або трансформація з підвищенням тиску і потенціалу застосовуються в енергозабезпеченні самого випару або для енергетичних потреб в паралельних процесах.

Трансформації вторинної пари з підвищенням її енергетичного потенціалу досягаються за рахунок механічної або термокомпресії, що означає додаткове введення в систему зовнішніх енергетичних потенціалів. Рівень доцільності таких трансформацій має принципове значення, а технічне виконання систем утилізації пов'язано з технологіями теплових насосів за присутності процесів випаровування, стискання парової фракції та конденсації за стабілізованого тиску.

Одночасно з цим, наприклад, використання потенціалу випару сушловарильних апаратів для сушіння пивної дробини цього ж або попереднього циклу цілком вкладається в рамки існуючих технологій і відповідає сучасним запитам екології.

У зв'язку з викладеним вирішення задачі утилізації потенціалів вторинної пари в технологіях, де її генерування має місце, потребує відповідного інформаційного забезпечення щодо енергетичної і економічної доцільності.

Значна кількість харчових технологій побудована на застосуванні режимів фазових переходів з генеруванням певних об'ємів водяної пари – носія теплоенергетичних потоків, які відносно просто підлягають термодинамічним трансформаціям. Останнім відповідають процеси стискання вторинної пари або змішування з якоюсь часткою первинної, що приводить до підвищення ентальпії i'' . Порівнюючи явище стикання пари з процесами, що мають місце в тепловому насосі, відмітимо, що їх теоретичні енергетичні витрати відповідають різниці ентальпій за кінцевого і початкового тисків, тобто:

$$\Delta i'' = i''_{(к)} - i''_{(п)}. \quad (1.1)$$

Вказана особливість стосується не лише водяної пари, а і парової фази холодильного агенту в холодильній установці, кондиціонері, теплохолодильній системі тощо. Важливо, що переведення парової фази до деякого кінцевого тиску $P_{(к)}$ супроводжується збільшенням її температури до $t_{(к)}$ і це означає можливість використання потенціалу $i''_{(п)}$ разом з $\Delta i''$ в режимі конденсації. На підтвердження останнього звернемося до табл. 1.1 з параметрами насиченої водяної пари.

Таблиця 1.1. Параметри насиченої водяної пари (по тисках)

P, МПа	t, °C	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	r, кДж/кг	s', кДж/(кг·K)	s'', кДж/(кг·K)
0,002	17,514	73,520	2533	2459	0,2609	8,722
0,004	28,979	120,42	2554	2433	0,4225	8,473
0,006	36,180	151,50	2567	2415	0,5207	8,328
0,008	41,540	173,90	2576	2402	0,5927	8,227
0,010	45,580	191,90	2584	2392	0,6492	8,149
0,012	49,450	207,00	2591	2384	0,6966	8,085
0,014	52,580	220,10	2596	2376	0,7368	8,031
0,020	60,080	251,40	2609	2358	0,8321	7,907
0,040	75,880	317,70	2636	2318	1,0261	7,670
0,060	85,950	360,00	2653	2293	1,1453	7,531
0,080	93,520	391,80	2665	2273	1,2330	7,434
0,100	99,640	417,40	2675	2258	1,3026	7,360
0,120	104,81	439,40	2683	2244	1,3606	7,298
0,140	109,33	458,50	2690	2232	1,4109	7,246
0,160	113,32	475,40	2696	2221	1,4550	7,202
0,180	116,94	490,70	2702	2211	1,4943	7,163
0,200	120,23	504,80	2707	2202	1,5302	7,127
0,220	123,27	517,80	2711	2193	1,5630	7,096
0,240	126,09	529,80	2715	2185	1,5929	7,067

З неї видно обов'язкове виконання умови

$$i'' = i' + r, \quad (1.2)$$

де i' – теплоємність рідинної фази, а також те, що зі зростанням тисків