

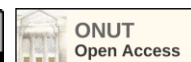
**ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ**

УДК 628.8

**Аналіз тепловологісного балансу повітряного середовища плодоовочевих переробних підприємств****В. О. Волчок<sup>1</sup>✉, О. В. Волчок<sup>2</sup>**<sup>1-2</sup>Одеський національний технологічний університет, вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна✉ e-mail: <sup>1</sup>recvicv@gmail.comORCID: <sup>1</sup><http://orcid.org/0009-0002-9445-788X>; <sup>2</sup><http://orcid.org/0009-0007-1130-624X>

У роботі викладено результати спостереження і обстеження за роботою обладнання плодоовочевих переробних підприємств, які в подальшому можуть бути використані при проектуванні, експлуатації та реконструкції вентиляції і систем кондиціонування повітря (СКП) консервних підприємств. Практика показала, що незважаючи на переваги великого промислового виробництва, обладнаних високопродуктивним обладнанням, доцільно в деяких випадках організувати переробку плодоовочевої продукції на малих і середніх підприємствах, розташованих у глибині сировинної зони. Проведено прикладне дослідження теплового режиму виробничого приміщення промислової будівлі. Наведено джерела тепловологовиділень у повітрі при тепловій обробці плодоовочевої продукції на різному технологічному обладнанні. Дослідження включало пошук доцільного схемного рішення обробки повітря у приміщенні. Наведено середні значення тепловиділень від технологічного обладнання консервних виробництв, отримані в ході спостережень за роботою кількох машин і апаратів на різних підприємствах галузі протягом декількох років. Визначено теплове навантаження об'єктів дослідження як відомих типових конструкцій, так і сучасних розробок вітчизняних і зарубіжних фірм. Проаналізовані можливі варіанти обробки повітря системами технологічного кондиціонування з урахуванням мінімізації енергетичних витрат. Наведено тепловологісний процес обробки повітря для приміщення переробки плодоовочевої продукції. Враховуючи сезонність роботи консервних підприємств з метою асиміляції надлишкової теплоти, вологи та шкідливих речовин у всьому об'ємі робочої зони приміщень для більшості підприємств запропонована загальнообмінна вентиляція. Виконано пошук доцільного схемного рішення обробки повітря і збільшення ефективності роботи СКП. Проаналізовано можливі варіанти обробки повітря системами технологічного кондиціонування, у тому числі, з урахуванням мінімізації енергетичних витрат. Це дозволить коригувати схему обробки повітря. Результатом проведеної роботи є розробка інженерного рішення для забезпечення енергетичної ефективності роботи інженерної системи і підвищення споживчої якості об'єктів дослідження. Дотримання реалізації запропонованої схеми обробки повітря надасть можливість збільшення споживчої якості будівлі, доведення параметрів внутрішнього мікроклімату до нормативних величин, значного збільшення строку служби огороджуваних конструкцій, дотримання якості повітря, призначеного для проведення технологічного процесу, забезпечення економії витрат енергоресурсів на кондиціонування повітря, підтримання мінімальної температури охолодження за рахунок змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря. Для окремих виробничих приміщень надано рекомендації для вирішення питань вентиляції.

**Ключові слова:** Тепловологовиділення; Повітряне середовище; Кондиціонування; Вентиляція

**doi:** <https://doi.org/10.15673/ret.v6i1i.3108>

## 1. Вступ

Ринок консервованих продуктів в Україні є досить розвиненим, різноманітним і в одночас перспективним бізнесом. Основні гравці на ринку – це великі компанії, які виробляють консерви масового вжитку, а також місцеві виробники, які спеціалізуються на місцевих традиційних продуктах. Покупці нового покоління дедалі менше консервують овочі та фрукти у домашніх умовах, що стимулює виготовлення консервації промисловим способом. Багатство українського земельного аграрного фонду та ресурсів також схильні до активного розвитку даного сектору АПК.

Плодоовочева консервація – довгостроковий продукт. Її терміни придатності, які в середньому становлять 2-3 роки, дуже зручні для продавців, тим більше, якщо порівнювати з продуктами глибокого заморожування або швидкопсувними, які вимагають дотримання специфічних умов зберігання.

Ключовими тенденціями ринку консервації в Україні є: зменшення кількості споживачів, зростання потреби у стратегічному запасі у контексті ризиків обстрілу енергетичної інфраструктури, потреби у збільшенні раціону бійців ЗСУ, збільшення потужностей переробки, зростання ринку онлайн-рітейлу і ресторанного бізнесу, випуск крафтових продуктів із цікавими смаковими характеристиками та інноваційними упаковками. Важливими задачами є випуск дрібно фасованої продукції повністю готової до споживання або такої, яка потребує мінімальної обробки.

До технологічного обладнання відносяться машини, установки і апарати, в яких харчова сировина піддається структурно-механічним, фізико-хімічним і біологічним змінам, а також машини для фасування.

Все технологічне обладнання консервного підприємства можна поділити на машини, які безпосередньо механічно діють на продукт, і апарати, де проходять певні реакції, або інші структурні зміни в продукті (теплові, електричні, фізико-хімічні).

Ефективність виробництва значною мірою залежить від ряду факторів, до яких слід віднести технічну оснащеність та відповідність підтримки параметрів мікроклімату вимогам ведення технологічного процесу в приміщеннях консервних підприємств. Надмірне виділення тепла, вологи, а також викиди хімічних речовин та пилу впливають на фізико-хімічний баланс повітря. Ці чинники

можуть дестабілізувати робочу зону, порушуючи нормативні вимоги. Повітрообмін визначають виходячи з необхідності асиміляції та видалення шкідливих виділень.

Для проведення технологічних процесів до стану повітряного середовища у приміщеннях виробничих підприємств пред'являються певні вимоги, викладені у відповідних нормативних документах.

Для проектування систем вентиляції та систем кондиціонування повітря (СКП) необхідно володіти початковими даними, які включають інформацію про параметри повітря, джерела надходження тепла і вологи, складі і концентрації газоподібних сполук в робочій зоні.

У сучасній літературі досить широко висвітлені питання вентиляції приміщень підприємств зернопереробних, хлібопекарських, олійно-жирових, цукрових, кондитерських, чайних, м'ясних, молочних, рибних, спирткових, лікєро-горілчанних та пивоварних виробництв і дуже мало приділено уваги кондиціонуванню і вентиляції консервних підприємств.

## 2. Джерела тепловологовиділень у повітряне середовище консервних підприємств

До стану повітряного середовища в приміщеннях плодоовочевих переробних підприємств пред'являються певні вимоги, які регламентуються нормативними документами [1-3]. У виробничих приміщеннях згідно з діючими санітарними нормами і правилами повинні підтримуватися наступні нормовані параметри повітря: у холодний період року – температура 18-20 °С, відносна вологість 40-60%, швидкість 0,2 м/с; у теплий період року – температура 21-23 °С, відносна вологість 40-60%, швидкість за відсутності теплового випромінювання 0,3 м/с, при його наявності – 1,5 м/с [1]. Крім основних нормованих параметрів до стану повітряного середовища можуть пред'являтися додаткові технологічні та гігієнічні вимоги (очищення від механічних та бактеріальних забруднень) як зовні, так і всередині технологічного обладнання.

Для забезпечення зазначених вимог на підприємствах необхідна наявність систем вентиляції та кондиціонування повітря, в коло завдань яких входить створення і автоматична підтримка необхідних параметрів повітряного середовища, які змінюються при надходженнях теплоти і вологи в приміщення [2].

Техніка вентиляції та кондиціонування повітря заснована на сукупності загальних принципів і підходів, поєднання яких знаходить практичне застосування для конкретної суми умов незалежно від сфери застосування.

Особливістю консервного виробництва є обробка фруктів і овочів різними способами з метою придушення або повного припинення життєдіяльності мікроорганізмів, а також припинення небажаних біохімічних процесів для можливості тривалого збереження продуктів. До цих методів належать сушка, охолодження, заморожування, вплив солі і цукру при їх високій концентрації, бланшування, розварювання, ошпарювання, підігрівання, пастеризація і стерилізація шляхом термообробки, застосування діоксиду вуглецю і антисептиків, вплив іонізаційним випромінюванням.

Практично всі технологічні процеси консервного виробництва пов'язані з тепло- і вологовиділенням протягом зміни і коливаються в широкому діапазоні. При цьому температура повітря може змінюватися від +20 до +45 °С, вологовміст – від 0,1 до 25 г/кг, інтенсивність теплового випромінювання коливається від 1 до 10 кВт/м<sup>2</sup> [4].

Спільне виділення вологи та теплоти відбувається у приміщеннях: санітарної обробки трубопроводів та обладнання, обробки готової продукції, упарювання, бланшування, обсмажування овочів та томатів, пастеризації, стерилізації консервів, варіння варення, виробництва томат-пасты, обробки томатів, зеленого горошку та інших продуктів.

Процес консервації в основному складається з підготовки сировини (мийка, дроблення) і теплової обробки – бланшування, обсмажування, пастеризація, стерилізація. При цьому виділяється теплота, волога і супутні гази.

На дільницях миття і дроблення сировини переважає виділення надмірної вологи. Спільне виділення теплоти і вологи спостерігається в цехах теплової обробки, де зосереджена велика кількість технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу [5]. Ці фактори впливають на вибір вентиляції і СКП. У деяких випадках доцільно обмежитися припливно-витяжною вентиляцією, в силу того, що більшість консервних підприємств працює в теплу пору року.

Для бланшування гарячою водою і водяною парою використовують стрічкові і шнекові бланшувачі різної продуктивності. Овочі, що підлягають бланшуванню, занурюють на кілька хвилин у гарячу воду, нагріту через металеву стінку водя-

ною парою. При бланшуванні і обсмажуванні випаровується значна кількість вологи і виділяється теплота в навколишнє середовище. При обсмажуванні відбуваються два протилежно спрямованих процесів масообміну: випарювання вологи (спрямований назовні) і вбирання олії (направлений всередину). Водяної пари випаровується більше, ніж вбирається олії, тому маса сировини зменшується.

В загальному випадку теплоприпливи у навколишнє середовище з охолоджуючою водою становлять 15% [6]. Витрати теплоти можна зменшити шляхом ізоляції стінок апарату, використання теплоти охолоджуючої води, конденсату і парів випареної вологи.

При обсмажуванні овочі занурюють на декілька хвилин у соняшникову олію, яка нагріта до 120...140 °С. При цьому випаровується значна кількість вологи у повітря. Виділення вологи проходить під дією загального градієнту тиску.

У виробничих умовах при обсмажуванні овочів видалається вільна волога, яка виділяється з клітин після їх плазмолізу під впливом високої температури і тиском пари, що утворився всередині продукту. З підвищенням температури олії швидкість видалення вологи з продукту збільшується в результаті підвищення тиску парів води.

Тривалість обсмажування овочів залежить від багатьох факторів: від виду овочів, ступеню подрібнювання, температури олії, способу обсмажування.

Для кожного виду сировини встановлено певний відсоток у жарки, тоді як кількість вологи в сировині варіюється в залежності від багатьох факторів (сорт, розмір, умови вирощування та зберігання). Наприклад, при обсмажуванні попередньо подрібненої моркви масою 2000 кг кількість виділеної водяної пари з сировини може становити 1130 кг [7].

Пастеризації (обробка при температурах нижче 100 °С) піддаються фруктові консерви (компоти, соки, джеми), стерилізації – (діапазон температур 110-125 °С) – малокислотні консерви (м'ясні, рибні, овочеві) [8]. Пастеризація проводиться у відкритих апаратах при атмосферному тиску із зануренням консервів у воду і передбачає в основному загибель вегетативної мікрофлори, стерилізація – у закритих апаратах під надлишковим тиском (автоклав) і передбачає загибель вегетативної і спорової форми мікрофлори. В обох випадках у повітря робочої зони потрапляє велика

кількість водяної пари і теплоти, які необхідно видаляти.

Основними апаратами стерилізаційних і пастеризаційних установок є відповідні теплообмінники: рекуперативні і змішувальні.

При ультрависокотемпературній обробці продукт піддається нагріванню до температури 140-170 °С, короткотривалій витримці при цій температурі, потім він швидко охолоджується і розливається в асептичних умовах в стерильне упакування.

В інжекційному стерилізаторі процес нагріву протікає досить швидко, а охолодження під вакуумом проходить майже моментально, що суттєво знижує теплоприпливи у повітряне середовище. З іншого боку, в результаті різкої зміни тиску при переході в вакуум-камеру волога із продукту самовипаровується.

Для отримання продукту високої якості зі збереженням натурального кольору, смаку і аромату та вітамінів концентрування проводять у вакуум-випарних апаратах і температурі кипіння нижчій за 100°С. Найчастіше в якості гріючого агента використовується водяна пара, яка поступає при високому тиску безпосередньо з парогенератора.

### 3. Визначення тепловологісного процесу обробки повітря у приміщенні плодоовочевого переробного підприємства

Тепловологісний баланс приміщення виконувався з метою визначення необхідної кількості витрати повітря, яку необхідно подати для відводу надлишкової кількості теплоти і вологи. Тепловий баланс включав наступні основні джерела теплоти: технологічне обладнання, сонячна радіація, зовнішні стіни, інфільтрація повітря, працівники, освітлення [8, 9]. За розрахунками теплового балансу визначали результуючу кількість теплоти  $Q_{рез}$  як алгебраїчну суму всіх складових теплового потоку і будували графік зміни  $Q_{рез}$  по годинах протягом доби. Як розрахунковий рівень надлишків теплоти приймалось максимальне значення  $Q_{max}$ , отримане з графіку. На рис. 1 у якості прикладу наведено результати спостережень за зміною кількості теплоприпливів у одне з виробничих приміщень плодоовочевого переробного підприємства для теплої пори року.

В результаті проведення спостереження і реєстрації роботи технологічного обладнання плодо-

овочевих переробних підприємств півдня України отримані значення тепловиділень технологічного обладнання, знайдені на основі вимірювання величини і температур теплопередаючих поверхонь, порівняння з їх паспортними даними, з урахуванням необхідної технологічної температури обробки продукту. Слід зазначити, що не завжди отримані експериментальні дані узгоджувалися з заявленими в паспортах технологічного обладнання значеннями температури на поверхні апарату.

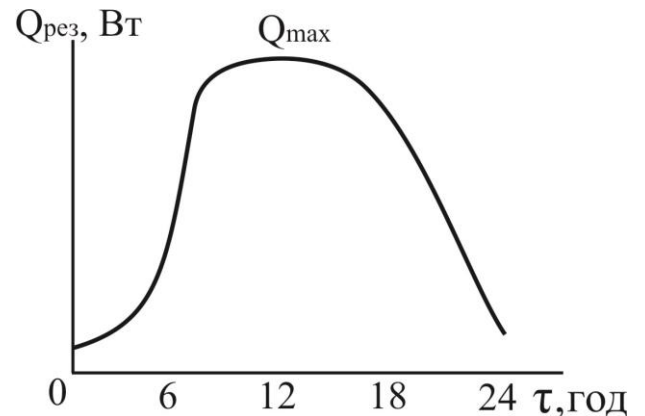


Рисунок 1 – Зміна теплоприпливів у виробничому приміщенні для теплої пори року

Проаналізовано можливі відхилення в результаті проведених вимірювань. У таблиці представлені середні значення тепловиділень від технологічного обладнання консервних виробництв, отримані в ході спостережень за роботою кількох машин і апаратів.

Таблиця – Середні значення тепловиділень від технологічного обладнання консервних виробництв

Технологічне обладнання	Продуктивність	Тепловиділення, кДж/год
Варочний котел	300 л/год	29000
Машина для мийки скляних банок 0,5–1 л	1500 банок/год	27000
Пароварочна плита	1,5 м <sup>2</sup>	25000
Вакуум-випарний апарат	500 л/год	17000
Теплообмінник для підігріву соків	2000 л/год	13000

Бланшувач	5 т/год	12000
Пастеризатор-охолоджувач	2000 л/год	8400
Машина для мийки фруктів та овочів	1 т/год	8000
Деаератор-пастеризатор	1,2 т/год	8000
Пароолійна піч	2 т/год	7000
Автоклав	2 корзини	1300

Під час роботи теплового технологічного обладнання температура продукту і теплоносія може змінюватися через зміну тиску пари, що гріє і коефіцієнта теплопередачі або через часткове припинення відведення конденсату, а також в разі збільшення завантаження апарату сировиною понад розрахункової продуктивності. Сукупність усіх факторів не дає можливості з упевненістю стверджувати про величину повних тепловологовиділень при роботі технологічного обладнання. Наявні дані носять лише рекомендаційний характер.

Були враховані теплоприпливи, викликані різницею температур зовнішнього повітря і повітря всередині приміщень, та теплоприпливи від сонячної радіації. Теплоприпливи крізь огорожуючі конструкції спорудження розраховувались згідно нормативних методик [10].

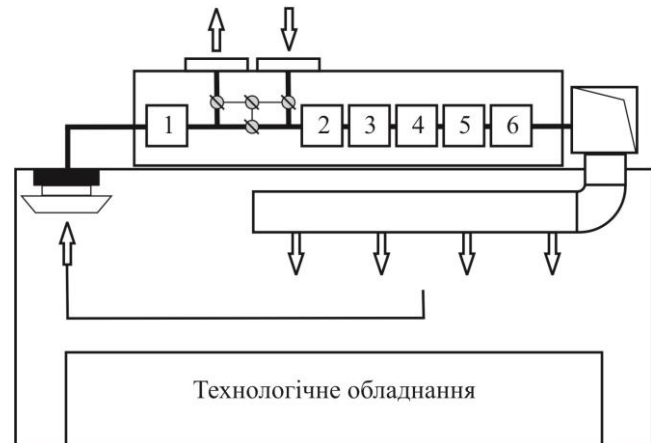
Враховуючи сезонність роботи консервних підприємств з метою асиміляції надлишкової теплоти, вологи та шкідливих речовин у всьому об'ємі робочої зони приміщень виконано дослідження для теплої пори року. На рис. 2 представлена запропонована схема роботи СКП для теплої пори року.

Вологісний баланс приміщення включав кількість вологи, що надходить від: овочів і фруктів, змочених поверхонь, відкритих ємностей з рідиною, інфільтрованого повітря, працівників. У підсумку визначалась результуюча кількість вологи  $W_{рез}$  як алгебраїчна сума складових вологісного балансу, що надходять у виробниче приміщення.

Повна рециркуляції повітря можлива лише в періоди між технологічними циклами, в інший час має бути забезпечена витрата зовнішнього повітря, згідно санітарним нормам для приміщення, не менше 350...400 м<sup>3</sup>/год.

Для більшості обстежених приміщень з технологічним обладнанням запропоновано центральне

кондиціонування об'єкта як найбільш раціональне, що дозволяє забезпечити необхідні параметри повітряного середовища для перебігу технологічного процесу, а також передбачити рішення щодо енергозбереження. У виробниче приміщення подається суміш зовнішнього та внутрішнього повітря у різному кількісному співвідношенні.



**Рисунок 2** – Схема СКП для теплої пори року:  
1 – витяжний вентилятор; 2 – фільтр грубого очищення; 3 – фільтр тонкого очищення;  
4 – охолоджувач повітря; 5 – нагрівач повітря;  
6 – припливний вентилятор

У конструкції центрального кондиціонера необхідно передбачити можливість обробки рециркуляційного повітря. Застосування рециркуляції в системах кондиціонування спрямоване економію теплоти під час роботи секцій підігріву, і навіть холоду при охолодженні і осушенні повітря. Рециркуляція забезпечується камерою подвійного змішування.

Відсоток рециркуляції можна варіювати за допомогою клапана з електроприводом залежно від технологічного циклу приміщення та періоду року.

З метою визначення параметрів припливного повітря для досягнення у робочій зоні приміщення відносної вологості 40% виконані теоретичні дослідження за допомогою  $I, d$ -діаграми стану вологого повітря. Значення кутового коефіцієнта  $\varepsilon$ , кДж/кг, визначалось за формулою:

$$\varepsilon = \frac{I_n - I_n}{d_n - d_n}$$

де  $I_n, I_n$  – питомі ентальпії повітря у приміщенні і зовні, кДж/кг;  $d_n, d_n$  – вологовміст повітря у приміщенні і зовні, г/кг.

Тепловологісний процес обробки повітря для приміщення переробки плодоовочевої продукції наведено на рис. 3.

Слід зазначити, що мова йде про приміщення обробки повітря тільки для консервування продуктів рослинного походження і не стосується консервування риби або м'яса, які зазвичай є складовою частиною окремих відповідних виробництв.

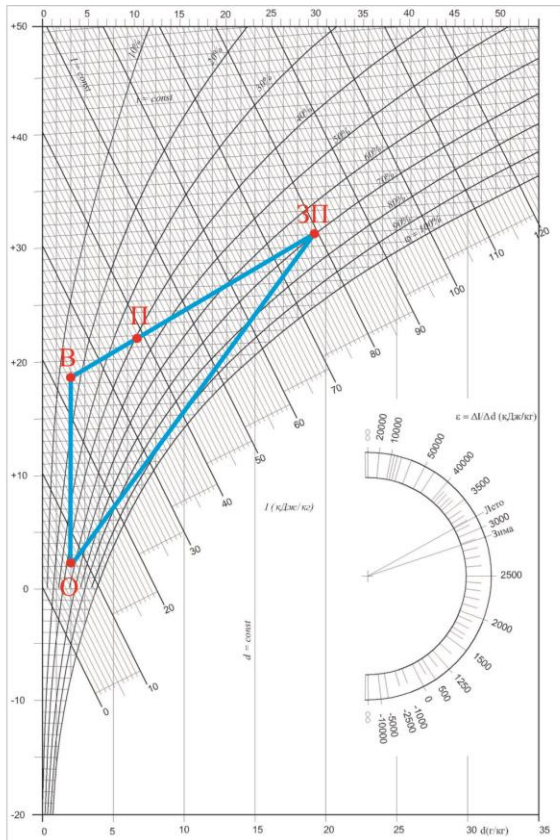


Рисунок 3 – Тепловологісний процес обробки повітря у виробничому приміщенні

Розташування точок на  $I, d$ -діаграмі, що характеризують параметри припливного і змішаного повітря, визначалось за методикою, викладеної у [5]. Особливістю визначення положення точки, що характеризує стан повітря після охолоджувача 4 є те, що для отримання у приміщенні необхідної вологості 60 % припливне повітря необхідно спочатку переохолодити, а потім догріти за допомогою нагрівача 5.

Слід зазначити, що в приміщеннях, обраних як об'єкт дослідження, підтримка прецизійних параметрів (точність температури  $\pm 0,5$  °C, точність вологості  $\pm 1$  %), не потрібна.

Точка ЗП показує тепловологісний стан зовнішнього повітря. Точка О – стан повітря після обробки їх в повітроохолоджувачі. Точка В – по-

дача повітря у приміщення.

Стан повітря у приміщенні при зниженні його температури від початкової характеризується лінією ЗП-В. Повітряну систему доцільно виконувати замкнутого типу з метою зниження експлуатаційних енерговитрат. Відбір відпрацьованого повітря на охолодження здійснювали безпосередньо з приміщення цеху. Точка П – поточний стан повітряного середовища у приміщенні.

#### 4. Висновки

Далеко не всі консервні підприємства мають в своєму арсеналі розвинену СКП в силу багатьох причин, в першу чергу економічних. Проте, існує ряд заходів, які сприятимуть створенню сприятливих умов праці і не суперечать технологічним вимогам виробництва.

Одним з них є створення повітряного душировання або локальне кондиціонування повітря на робочому місці. Це в першу чергу відноситься до цехів з тепловим впливом на організм людини (бланшировочне і обжарювальне відділення, вакуум-випарна установка, пастеризатори і автоклави).

З огляду на характер і особливості консервного виробництва кондиціонування і вентиляцію повітря в виробничих приміщеннях необхідно проводити з урахуванням асиміляції надлишкової теплоти і вологи шляхом видалення надлишків пароповітряної суміші.

Проведено дослідження зміни теплоприпливів у приміщення цеху переробки плодоовочевої продукції протягом доби у теплий період роботи підприємства.

З метою більш раціонального забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища для виконання технологічного процесу для переважної кількості обстежених приміщень з технологічним обладнанням запропоновано центральне кондиціонування об'єкта. Оскільки більшість консервних підприємств працює в теплу пору року, у деяких випадках доцільно обмежитися припливно-втяжною вентиляцією з метою зниження енергозатрат і собівартості консервованої продукції.

Для окремих виробничих приміщень консервних підприємств рекомендуються наступні вентиляційні рішення. У приміщеннях, де працівники піддаються впливу променистої теплоти (пастеризація, стерилізація, томатоуварочна установка), може здійснюватися душування робочих місць.

Для зменшення тепловологовиділення слід

герметизувати і вкривати обладнання, з якого виділяються теплота і волога, не допускати втрат води в мийному відділенні, ізолювати нагріті поверхні. Все технологічне обладнання із значними виділеннями теплоти, вологи, акролеїну, діоксиду сірки (відкрита варильна апаратура, паромасляні печі) повинно мати відсмоктування від укриттів.

Відділення бланшування, обсмажування, стерилізації консервів, варіння варення, випарювання томатів, варіння горошку обладнати механічними загальнообмінними витяжками в холодний та перехідний періоди року, з верхньої зони, та за допомогою місцевих відсмоктувачів; приплив механічний, з подачею повітря в робочу зону, та зосереджений, з подачею у верхню зону; у теплий період року – природний. Витяжні шахти виводяться вище за дах будівлі.

Отримані в ході спостережень за роботою цехів переробки плодоовочевої продукції значення тепловиділень від технологічного обладнання можуть бути використані при проектуванні та реконструкції вентиляції і СКП консервних підприємств.

Автори висловлюють подяку за корисні поради, обговорення та зауваження в ході збору і узагальнення матеріалу студентам, інженерам консервних підприємств і співробітникам кафедр ОНТУ.

### Особистий внесок авторів CRediT

**Волчок В.О.:** методологія, планування досліджень, аналіз результатів. **Волчок О.В.:** спостереження, дослідження, формальний аналіз, огляд та редагування.

### Література

1. Про затвердження державних медико-сані-

тарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони. Наказ МОЗ України № 1192 від 09.07.2024.

2. ДСТУ EN 482:2022 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2021, IDT) Дата прийняття: 28.12.2022.

3. Мікроклімат виробничих приміщень. URL: <https://smu.dsp.gov.ua/news/mikroklimat-vyrobnychykh-prymishchen/> (дата звернення 15.01.25).

4. **Гончаренко Г.М., Дуб В.В., Гончаренко В.В.** Технологічне обладнання консервних та овочепереробних виробництв: довідник-навч. посібник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2007. – 304 с.

5. **Гладушняк О. К.** Технологічне обладнання консервних заводів: підручник. – Херсон: Грінв Д.С., 2015. – 348 с.

6. **Шинкарик М.М., Ворошук В.Я.** Технологічне обладнання консервної промисловості: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 284 с.

7. **Раснюк В.С., Волчок В.О., Волчок О.В.** Аналіз тепловлаговиділень у повітряне середовище консервних підприємств // V Всеукраїнська науково-практична конф. «Актуальні проблеми сучасної енергетики». – Херсон: ХНТУ, 2020. – №5. – С. 72-75.

8. **Мионов О.С., Брижа М.Р., Бойко В.Б., Золотовська О.В.** Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві. – Дніпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2011. – 424 с.

9. **Черевко О.І., Поперечний А.М.** Процеси і апарати харчових виробництв: підручник, 2-е видання, доп. та випр. – Харків: Світ Книг, 2014. – 495 с.

10. Розрахунок теплоприпливу. URL: <https://ventportal.com/ua/node/585> (дата звернення 15.01.25).

Отримана в редакції 15.01.2025, прийнята до друку 04.03.2025

## Analysis of the heat and moisture balance of the air environment of fruit and vegetable processing enterprises

**Victor Volchok<sup>1</sup>, Olena Volchok<sup>2</sup>**

<sup>1-2</sup>Odesa National University of Technology, 112 Kanatnaya Str., Odessa, 65039, Ukraine

✉ e-mail: <sup>1</sup>recvicv@gmail.com

ORCID: <sup>1</sup><http://orcid.org/0009-0002-9445-788X>; <sup>2</sup><http://orcid.org/0009-0007-1130-624X>

*The paper presents the results of observation and inspection of the operation of equipment in fruit and vegetable processing enterprises, which can be used in the future in the design, operation and reconstruction of ventilation and air conditioning systems (ACS) of canning enterprises. Practice has shown that de-*

spite the advantages of large-scale industrial production equipped with high-performance equipment, it is advisable in some cases to organize the processing of fruit and vegetable products at small and medium-sized enterprises located in the depths of the raw material zone. An applied study of the thermal regime of the production premises of an industrial building has been conducted. The sources of heat and moisture emissions into the air during the heat treatment of fruit and vegetable products on various technological equipment are presented. The study included the search for an appropriate schematic solution for indoor air treatment. The average values of heat release from technological equipment of canning industries, obtained during observations of the operation of several machines and devices at various enterprises of the industry over several years, are presented. The thermal load of the research objects, both well-known typical structures and modern developments of domestic and foreign companies, was determined. Possible options for air treatment by technological air conditioning systems were analyzed, taking into account the minimization of energy costs. The heat-humidity process of air treatment for the premises for processing fruit and vegetable products is presented. Taking into account the seasonality of the work of canning enterprises, in order to assimilate excess heat, moisture and harmful substances throughout the entire volume of the working area of the premises, general exchange ventilation is proposed for most enterprises. A search for an appropriate schematic solution for air treatment and increasing the efficiency of the UPC operation was carried out. Possible options for air treatment by technological air conditioning systems were analyzed, including taking into account the minimization of energy costs. This will allow adjusting the air treatment scheme. The result of the work carried out is the development of an engineering solution to ensure the energy efficiency of the engineering system and improve the consumer quality of the research objects. The result of the work carried out is the development of an engineering solution to ensure the energy efficiency of the engineering system and improve the consumer quality of the research objects. Compliance with the implementation of the proposed air treatment scheme will make it possible to increase the consumer quality of the building, bring the parameters of the internal microclimate to regulatory values, significantly increase the service life of the enclosing structures, maintain the quality of the air intended for the technological process, and ensure savings in energy costs for air conditioning, maintaining the minimum cooling temperature by mixing outside and recirculated air. Recommendations for solving ventilation issues are provided for individual production facilities.

**Keywords:** Heat and moisture generation; Air environment; Conditioning; Ventilation

## References

1. On approval of state medical and sanitary standards for the permissible content of chemical and biological substances in the air of the working area. Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1192 dated 09.07.2024.
2. SSTU EN 482:2022 Workplace air. General requirements for the characteristics of methods for measuring the content of chemical substances (EN 482:2021, IDT) Adoption date: 28.12.2022.
3. Microclimate of production premises. Retrieved 15 January 2025 from <https://smu.dsp.gov.ua/news/mikroklimat-vyrobnychykh-prymishchen/>.
4. **Goncharenko, G. M., Dub, V. V., Goncharenko, V. V.** (2007) Technological equipment of canning and vegetable processing industries: reference book. Kyiv: Center of Educational Literature, 304.
5. **Gladushnyak, O. K.** (2015) Technological equipment of canneries: textbook. Kherson: Grin D.S., 348.
6. **Shynkaryk, M.M., Voroshchuk, V.Ya.** (2023) Technological equipment of the canning industry: a manual. Ternopil: FOP Palyanytsya V.A., 284.
7. **Rasnyuk, V.S., Volchok, V.O., Volchok, O.V.** (2020) Analysis of heat and moisture emissions into the air of canning enterprises. *V All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Modern Energy"*. Kherson: KhNTU, 5, 72-75.
8. **Mironov, O.S., Bryzha, M.R., Boyko, V.B., Zolotovskaya, O.V.** (2011) Heat engineering: fundamentals of thermodynamics, theory of heat transfer, use of heat in agriculture. Dnipropetrovsk: LLC "EN-EM", 424.
9. **Cherevko, O.I., Poperechny, A.M.** (2014) Processes and apparatuses of food production. Textbook, 2nd edition, supplemented and corrected. Kharkiv: Svit Knyg, 495.
10. Calculation of heat flow. Retrieved 15 January 2025 from <https://ventportal.com/ua/node/585>.

Received 15 January 2025

Approved 04 March 2025

Available in Internet 31 March 2025