

**Міністерство освіти та науки України
Луцький національний технічний університет**



ТЕХНОЛОГІЯ ПАКУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ПАКОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»
галузі знань 13 Механічна інженерія
спеціальності 131 Прикладна механіка
усіх форм навчання

Луцьк 2025

УДК 621.798 (07)
Т38

До друку

Голова вченої ради факультету транспорту
та механічної інженерії ЛНТУ _____ І. МУРОВАНИЙ

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій
ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н. ПОЛІЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету транспорту та
механічної інженерії ЛНТУ, протокол № ____ від «__» _____ 2025 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної механіки та
мехатроніки ЛНТУ, протокол № ____ від «__» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри прикладної механіки
та мехатроніки ЛНТУ _____ Р. РЕДЬКО

Укладач: _____ О. ЗАЛІТА, кандидат технічних наук, доцент кафедри
прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ

Рецензент: _____ О. ПОВСТЯНОЇ, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-
інтегрованих технологій ЛНТУ

Відповідальний
за випуск: _____ Р. РЕДЬКО, кандидат технічних наук, доцент, завідувач
кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ

Технологія пакування і зберігання пакованої продукції [Текст] :
Т38 Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми
«Прикладна механіка» галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності
131 Прикладна механіка усіх форм навчання / уклад. О. М. Залета. –
Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 56 с.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу
«Технологія пакування і зберігання пакованої продукції» з метою ознайомити
здобувачів з особливостями технологічних операцій пакування продукції в
упаковки різних видів та для здобуття практичних навичок розрахунку їх
типових параметрів на основі представлених методик.

© Залета О. М., 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота № 1. Розрахунок технологічних параметрів операції подачі стрічкових пакувальних матеріалів.....	5
Практична робота № 2. Розрахунок технологічних параметрів операції термозварювання плівкових матеріалів.....	13
Практична робота № 3. Розрахунок теплових технологічних параметрів операції миття скляної тари.....	22
Практична робота № 4. Гідродинамічний розрахунок технологічних параметрів операції миття скляної тари.....	28
Практична робота № 5. Розрахунок параметрів вакуумної та паровакуумної технологій обробки скляної тари.....	33
Практична робота № 6. Розрахунок технологічних параметрів операції етикетування скляної тари.....	40
Додатки (індивідуальні завдання).....	46
Перелік рекомендованої літератури.....	52

ВСТУП

Сучасні технологічні процеси пакування продукції є важливою складовою виробничого циклу, що забезпечує збереження якості, безпечність і привабливість товару під час транспортування, реалізації та споживання. Тож ефективність пакування безпосередньо впливає на кінцеву якість виробів.

У межах технологічного процесу пакування вирішуються завдання вибору оптимальних матеріалів, підбору відповідного обладнання, послідовності операцій, визначення режимів технологічних процесів з врахуванням характеристик тари та пакованої продукції. Важливим є також врахування властивостей пакуваних матеріалів – їхньої міцності, бар'єрних функцій, екологічності та придатності до вторинної переробки.

Опрацювання практичної складової дисципліни «Технологія пакування і зберігання пакованої продукції» сприяє формуванню у здобувачів освіти освітньо-професійної програми «Прикладна механіка» професійних компетентностей, необхідних для розроблення, удосконалення та впровадження ефективних систем пакування у виробництві харчових, промислових, фармацевтичних та інших видів товарів, що підлягають пакуванню.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема роботи: розрахунок технологічних параметрів операції подачі стрічкових пакувальних матеріалів.

Мета роботи: опанувати методику розрахунку технологічних параметрів операції подачі стрічкових пакувальних матеріалів.

Теоретичні відомості

Пристрої подачі стрічкових пакувальних матеріалів призначені для розмотування стрічки з рулону і подачі її в технологічну секцію машини з постійним натягом.

Для можливості обертання рулону в процесі розмотування з нього стрічки, він встановлюється на валах. Знайшли застосування два види валів: вал, що проходить всередині втулки рулону, на якому розміщено два конуси, що входять у втулку рулону з торців, або два консольних вали 1 з аналогічними конусами (рис. 1.1, а, б), розміщених на поворотних важелях 2, що дозволяють за допомогою електродвигуна 3 через механічні передачі переміщати рулон в робоче положення і повертати його у вихідне положення (для встановлення нового рулону). Пристрої для встановлення рулону другого типу виконуються одно-, дво- і трипроменевими і дозволяють оперативно встановлювати рулони як в призупиненій машині, так і в її робочому стані. В установках першого типу – з одним валом всередині втулки – для встановлення рулону потрібно більше операцій. Крім того, довгий вал має великий момент інерції щодо осі обертання. Останнє спричиняє деякі труднощі в забезпеченні сталості натягу стрічки в кінці процесу розмотування (при малому радіусі рулону), якщо швидкість стрічки висока. З цієї причини пристрої першого типу не застосовуються у високошвидкісних пакувальних автоматах. Головна їх перевага – компактність. Тому вони часто використовуються в машинах малих та середніх габаритів. Їх встановлення в пакувальних машинах дає можливість одночасно працювати з декількома рулонами.

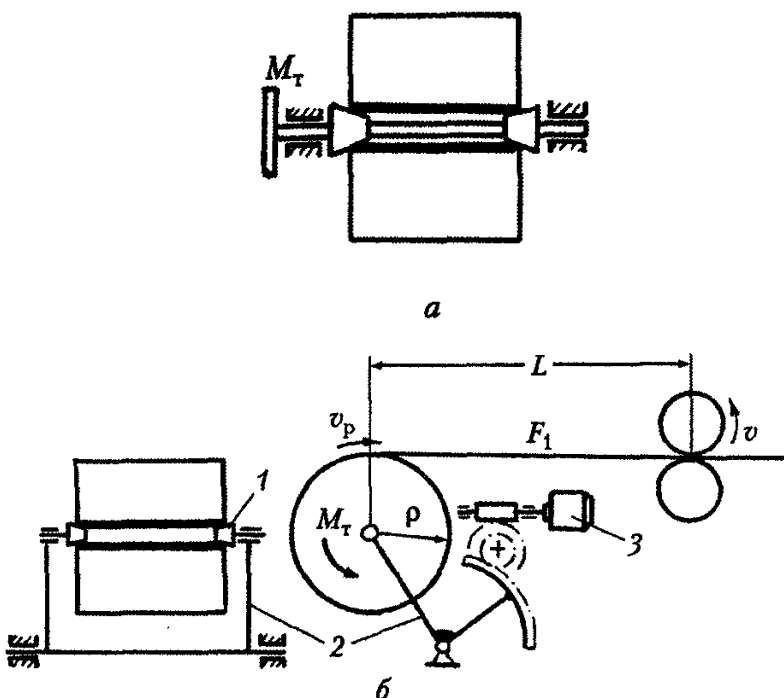


Рисунок 1.1 – Схеми механізмів кріплення рулону

Процес розмотування рулону при сталому режимі.

Щоб зрозуміти принцип функціонування тих чи інших пристроїв подачі стрічкових матеріалів, необхідно виявити фізичну сутність процесу розмотування рухомої стрічки. Спочатку розглянемо рух стрічки з постійною швидкістю v розмотуючих циліндрів (рис. 1, б), при якому кутова швидкість рулону повинна бути постійною. Для визначеності будемо вважати, що релаксаційні процеси в рулоні закінчилися і натяг плівки в ньому дорівнює нулю. При сталому режимі руху плівки на ділянці L за одиницю часу Δt з рулону відмотається стрічка довжиною

$$l_0 = v_p \cdot \Delta t,$$

яка відразу ж при виході на ділянку L одержить приріст на величину

$$\Delta l = (v - v_p) \cdot \Delta t,$$

внаслідок різниці швидкостей розмотуючих циліндрів і рулону. Відносне видовження стрічки ϵ , на ділянці L буде мати величину

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{(v - v_p)\Delta t}{v_p \cdot \Delta t} = \frac{v - v_p}{v_p}.$$

Так як зв'язок між напруженням в стрічці і її відносним видовженням виражається рівнянням

$$\sigma^m = E \cdot \varepsilon,$$

де m – показник нелінійності матеріалу стрічки;

E – модуль пружності матеріалу, МПа;

то її натяг F_1 на ділянці L буде рівний:

$$F_1 = \sigma \cdot b \cdot \delta = b \cdot \delta \cdot \sqrt[m]{E \frac{v - v_p}{v_p}}.$$

Ця формула дозволяє зробити висновок: натяг стрічки може бути створений за рахунок різниці швидкостей стрічкоподаючих циліндрів і рулону. Різниця може бути забезпечена двома шляхами:

1) прикладанням до рулону гальмівного моменту;

2) примусовим обертанням рулону із заданою швидкістю v_p від приводу.

Ідеальний ролон характеризується такими параметрами як: товщина δ , ширина b плівки і модуль пружності E матеріалу; ρ , $\rho_{п}$ $\rho_{к}$ – поточний, початковий і кінцевий радіуси рулону.

Вимірювання радіуса рулону у функції кута φ його поточного повороту при розмотуванні може бути представлено рівнянням спіралі:

$$\rho(\varphi) = \rho_0 - \frac{\delta}{2\pi} \cdot \varphi.$$

Закономірність зміни радіуса рулону і частоти його обертання знайдемо, диференціюючи попередній вираз за часом

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{\delta}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = -\frac{\delta}{2\pi} \cdot \omega_p = -\frac{\delta}{2\pi} \cdot \frac{v_p}{\rho}$$

і розв'язуючи отримане диференціальне рівняння, розділяючи в ньому змінні і враховуючи початкову умову $\rho = \rho_0$ при $t = 0$ отримаємо

$$\rho = \sqrt{\rho_0^2 - \frac{v_p \cdot \delta}{\pi} \cdot t}.$$

Зі зменшенням радіусу рулону частота обертання рулону зростає:

$$\omega_p = \frac{v_p}{\rho} = \frac{v_p}{\sqrt{\rho_0^2 - \frac{v_p \cdot \delta}{\pi} \cdot t}},$$

а момент інерції зменшиться

$$J_p \cong \frac{m\rho^2}{2} - \frac{m_k\rho_k^2}{2} = \pi\rho^2 b\gamma\rho^2 - \pi\rho_k^2 b\gamma\rho_k^2 = \pi b\gamma(\rho^4 - \rho_k^4),$$

де ρ_k – внутрішній діаметр втулки рулону;

γ – питома маса стрічки;

$m = \pi b\gamma(\rho^2 - \rho_k^2)$ – маса рулону.

Використовуючи принцип Даламбера, складемо рівняння моментів щодо осі обертання рулону:

$$F_1\rho = (J_p - J_0)\frac{d\omega_p}{dt} + M_T,$$

де J_0 – момент інерції валів, на яких встановлений рулон.

Кутове прискорення рулону в сталому режимі руху стрічки знайдемо, диференціюючи вираз $\omega_p = v_p / \rho$ з урахуванням виразу для визначення ρ :

$$\frac{d\omega_p}{dt} = \frac{d\left(\frac{V_p}{\rho}\right)}{dt} = \frac{v_p}{\rho^2} \frac{d\rho}{dt} = \frac{\delta}{2\pi} \cdot \frac{v_p^2}{\rho^3}.$$

Після підстановки отриманих виразів у рівняння моментів отримуємо розгорнуту формулу для визначення натягу стрічки при сталому режимі її руху:

$$F_1 = (J_p + J_0) \frac{\delta}{2\pi} \cdot \frac{v_p^2}{\rho^4} + \frac{M_T}{\rho}.$$

Остання формула дає можливість зробити такі висновки:

1) так як в даному виразі величини ρ і J_p є змінними, зокрема спадаючими, то сталість натягу стрічки в процесі розмотування рулону може бути досягнута лише відповідним зменшенням гальмівного моменту M_T ;

2) інерційні сили рулону в сталому режимі пропорційні товщині стрічки і квадрату кутової швидкості рулону;

3) так як в знаменнику першого доданка радіус в четвертому степені, то при високій швидкості стрічки і малому радіусі рулону (наприкінці процесу розмотування) сила інерції може настільки збільшитися, що для забезпечення умови $F = \text{const}$ необхідно буде змінити знак перед членом M_T / ρ , тобто замість гальмівного моменту прикласти до рулону додатковий обертовий момент. Проте останнє відноситься лише до високошвидкісних машин зі швидкістю стрічки більше 5 м/с. При менших швидкостях цим прискоренням рулону при сталому русі при $v_p = \text{const}$ можна знехтувати.

Постановка задачі:

Визначити технологічні параметри подачі стрічкових пакувальних матеріалів в машинах для пакування харчових продуктів, користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку, а саме:

1. Швидкість розмотування рулону (руху плівки) – v , м/с.
2. Напруження в стрічці σ , МПа.
3. Моменти інерції рулону J_p , J_0 , кг·м².
4. Натяг стрічки при сталому режимі її руху F_l , Н

Початкові дані:

1. Циклова продуктивність машини – $Q = 25$ уп./хв.
2. Матеріал плівки – поліетилен низької густини (ПЕНГ).
3. Товщина плівки – $\delta = 150$ мкм.
4. Габаритні розміри рулону:
 - ширина – $b = 380$ мм;
 - діаметр – $D = 500$ мм.
5. Діаметр втулки рулону $d = 70$ мм.
6. Висота пакету – $h = 200$ мм.
7. Гальмівний момент $M_T = 7,5$ Н·м.
8. Довідкові дані про властивості полімерних матеріалів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Довідкові дані про властивості полімерних пакувальних матеріалів

Матеріал	Густина (питома маса) γ , кг/м ³	Модуль пружності E , МПа	Відносне видовження ϵ , %
Поліетилен низької густини (ПЕНГ)	920	200	500
Поліетилен високої густини (ПЕВГ)	960	1000	700
Поліпропілен (ПП)	910	1400	600
Іономери	930-970	180-240	350-400
Поліамід (ПА)	1130	1800	180
М'який полівінілхлорид (ПВХ)	1300	40	230

Порядок розв'язування задачі:

1. Визначимо швидкість руху плівки v за залежністю виду:

$$v = t \cdot h \cdot n,$$

де n – кількість упаковок, яка виготовляється за час t .

З врахуванням значення циклової продуктивності $Q = 25$ уп./хв.

$$v = 1 \cdot 0,2 \cdot 25 = 5 \text{ м/хв.}$$

2. Знайдемо кутове прискорення рулону в сталому режимі руху стрічки

$$\omega_p = \frac{v_p}{\rho} = \frac{5}{0,25} = 20 \text{ хв}^{-1}.$$

3. Визначимо напруження в стрічці пакувального матеріалу:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = 200 \cdot 500 = 1 \cdot 10^6 \text{ МПа.}$$

4. Розрахуємо моменти інерції ролону J_p :

$$J_p \cong \pi b \gamma (\rho^4 - \rho_k^4) = 3,14 \cdot 0,38 \cdot 920 \cdot (0,25^4 - 0,035^4) = 67,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

і валу J_0 , на якому він розміщений:

$$J_0 \cong \pi b_e \gamma_e R_e = 3,14 \cdot 0,460 \cdot 7870 \cdot 0,030 = 341 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де b_e – довжина вала, м;
 γ_e – густина сталі, $\text{кг} \cdot \text{м}^3$;
 R_e – радіус вала.

5. Визначаємо натяг стрічки при сталому режимі її руху:

$$F_1 = (J_p + J_0) \frac{\delta}{2\pi} \cdot \frac{v_p^2}{\rho^4} + \frac{M_T}{\rho} =$$

$$= (67,3 + 341) \frac{150 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{5^2}{0,25^4} + \frac{7,5}{0,25} = 1881,4 \text{ Н} = 1,88 \text{ кН.}$$

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними технологічними параметрами пристроїв подачі стрічкових пакувальних матеріалів.

2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку А (згідно порядкового номера в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.

3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.
2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням (див. дод. А).
3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.
4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджуваного процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 1.2):

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків

v , м/с	σ , МПа	J_p , кг·м ²	J_0 , кг·м ²	F_1 , Н

5. Висновки про виконану роботу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема роботи: розрахунок технологічних параметрів процесу термозварювання полімерних пакувальних матеріалів.

Мета роботи: опанувати методику розрахунку технологічних параметрів процесу термозварювання полімерних пакувальних матеріалів.

Теоретичні відомості

Зварюванням називають спосіб створення нероз'ємного з'єднання елементів конструкції, при якому повністю зникає межа поділу між з'єднуваними поверхнями, перетворюючись на розмитий перехідний шар.

Перехідний шар при зварюванні лінійних або розгалужених полімерів утворюється в результаті взаємної дифузії макромолекул контактуючих матеріалів, що знаходяться у в'язкотекучому стані (дифузійне зварювання), або в результаті хімічної реакції з'єднання, яка відбувається між ланками молекул з'єднаних поверхонь (хімічне зварювання).

Процес дифузії залежить від фізичного стану полімерів. У твердому склоподібному стані навіть при тривалому контакті і значних зусиллях стиснення сполучених поверхонь взаємної дифузії макромолекул не відбувається, матеріали не з'єднуються. Ступінь і швидкість дифузії визначаються силою міжмолекулярної взаємодії, сумісністю полімерів і умовами протікання процесу. Таким чином, температура зварювання повинна бути вищою за температуру плавлення (текучості) полімеру, але нижчою, ніж температура його деструкції.

Другою умовою здійснення процесу зварювання є створення зусилля притискання, в результаті якого поверхні зближуються на відстань, при якій виникає міжмолекулярна взаємодія. У зоні зварювання відбуваються процеси текучості розплаву полімеру, що забезпечують компенсацію нерівностей і заповнення проміжків між з'єднуваними поверхнями.

Для забезпечення процесу дифузії притискання сполучених поверхонь повинне підтримуватися протягом деякого часу. Зі

збільшенням тривалості притискання міцність аутогезійної взаємодії зростає, прямуючи до певної межі – когезійної міцності матеріалу.

По поведінці матеріалу при зварюванні полімери прийнято розділяти на три групи:

Перша група – термопласти, які добре зварюються.

Друга група – матеріали, які складно зварюються.

Третя група – матеріали, які погано зварюються.

В основу класифікації методів зварювання покладені джерела та методи нагрівання матеріалу в зварювальній зоні. Залежно від джерел нагріву способи зварювання поділяють на дві основні групи.

До першої групи належать способи зварювання, в яких використовується енергія зовнішніх джерел тепла. Це способи газового зварювання, коли нагрівання здійснюється гарячим газом. Сюди належать і контактнo-теплове зварювання, при якому тепло до з'єднувальних поверхонь передається шляхом безпосереднього контакту з нагрітим інструментом.

До другої групи належать способи зварювання, в яких теплота генерується всередині з'єднуваних матеріалів в результаті перетворення різних видів енергії. Може використовуватися енергія інфрачервоного випромінювання, струмів високої частоти, ультразвукових коливань, тертя.

З першої групи у виробництві м'якої тари найбільше застосування знайшов спосіб контактнo-теплого зварювання. Розглянемо його детальніше.

Контактнo-теплове зварювання нагрітим інструментом здійснюють одностороннім або з двостороннім нагріванням (рис. 2.1). Враховуючи, що при зварюванні м'якої тари товщина матеріалу значно менша, ніж ширина і довжина шва, можна вважати тепловий потік від нагрівача 1 спрямованим в одну сторону вздовж осі y . Тоді всі площини, паралельні площині шва і робочої площини нагрівача, будуть ізотермічними поверхнями. Температура цих поверхонь є функцією відстані від нагрівача u , яка залежить від часу t .

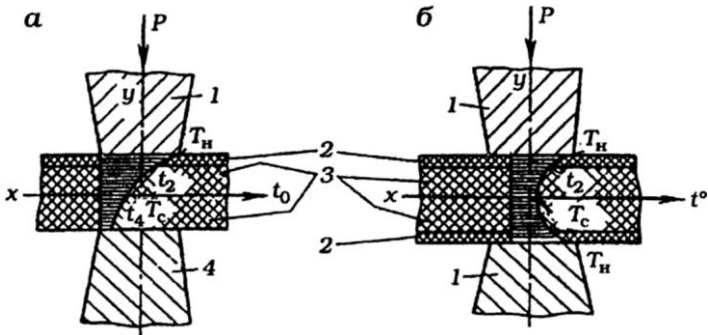


Рисунок 2.1 – Схема контактнo-тепловoгo зварювання з одностороннім (а) і двостороннім (б) нагрівом: 1 – нагрітий інструмент; 2 – прокладки, 3 – зварювані матеріали; 4 – холодний інструмент; T_n – температура нагрітого інструменту; t_2 – температура зовнішньої поверхні виробу; T_c – температура поверхонь, що зварюються; t_4 – температура холодного інструменту

Рішення задачі визначення температур ізотермічних поверхонь має задовольняти основним рівнянням теплопровідності Фур'є для одновимірного теплового потоку і деяким умовам, що характеризують цю задачу:

$$\frac{dT}{dt} = a \frac{d^2T}{dy^2},$$

де T – температура, К;

t – час;

a – коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{с}$;

y – відстань до верхньої поверхні півки, яка знаходиться в контактi з нагрівачем, м.

Час, необхідний для досягнення будь-якої заданої температури при нестационарних теплових процесах, обернено пропорційний температуропровідності матеріалу. Коефіцієнт температуропровідності a визначається як:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho},$$

де c – питома теплоємність, $\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$;

ρ – густина матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

λ – коефіцієнта теплопровідності, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$.

Чим більше значення коефіцієнту температуропровідності,

тим менша різниця температур в різних місцях усередині матеріалу при однакових зовнішніх умовах його нагрівання.

Кількість тепла, яку необхідно передати від нагрівача матеріалу при його контактному нагріві від початкової температури T_0 до кінцевої T_K , визначається за формулою:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_K - T_0),$$

де m – маса матеріалу, кг;

c – питома теплоємність матеріалу, кДж/кг·град;

T_K і T_0 – кінцева і початкова температури матеріалу відповідно, °С.

Для визначення Q необхідно знайти масу ділянки полімерного матеріалу, що піддається температурному впливу.

Як відомо

$$m = V \cdot \rho,$$

де V – об'єм матеріалу, м³.

Об'єм ділянки плівкового матеріалу, що піддається температурному впливу, визначимо з виразу:

$$v = S_R \cdot \delta_{nl},$$

де S_R – площа контакту нагрівного елемента з плівкою, м²;

δ_{nl} – товщина плівки, м.

Оскільки площа контакту відповідає параметрам зварного шва, то

$$v = S_R \cdot \delta_{nl} = r_{ш} \cdot b_{ш} \cdot \delta_{nl},$$

де $r_{ш}$ – довжина зварного шва, м;

$b_{ш}$ – ширина зварного шва, м.

Із врахуванням того, що зварюються між собою два шари плівки, визначимо загальну масу плівки, яка піддається нагріву:

$$m = 2(r_{ш} \cdot b_{ш} \cdot \delta_{nl}) \cdot \rho.$$

Тривалість нагріву плівкового матеріалу (τ) контактним нагрівачем від початкової температури T_0 до кінцевої T_K при температурі нагрівача T_H та відомого значення числа Фур'є (F_0) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{F_0 \cdot \delta_{nl}^2}{a},$$

де a – коефіцієнт температуропровідності матеріалу, $\text{м}^2/\text{с}$.
Число Фур'є визначається із формули:

$$F_0 = \frac{a \cdot t_0}{l^2},$$

де t_0 – час зміни зовнішніх умов, с;
 l – лінійний розмір матеріалу, м.

Способи отримання зварних з'єднань поділяють на неперервні і періодичні.

При *безперервному* контактено-тепловому зварюванні швидкість переміщення матеріалу відносно інструмента визначається тривалістю розігріву зони зварювання до необхідної температури t :

$$v = \frac{l}{t},$$

де l – робоча довжина нагрівача.

У процесі безперервного зварювання температура по довжині нагрівача розподіляється нерівномірно. Передня його частина, яка постійно вступає в контакт із холодним матеріалом, має більш низьку температуру. Тому для нагріву зварюваного матеріалу потрібно більше часу, ніж при періодичному зварюванні нагрівачем, що має таку ж, але рівномірно розподілену температуру.

Періодичне контактено-теплове зварювання включає операцію подачі матеріалів, які піддають зварюванню, в зону зварювання, притиск нагрітим інструментом, нагрів, витримку, охолодження, відведення інструмента, відведення зварених матеріалів від робочої зони.

Період робочого циклу машини T , на якій здійснюється періодичне зварювання, становить:

$$T = t_{зв} + t_x,$$

де $t_{зв}$ – час, витрачений на зварювання;

t_x – час, витрачений на холості ходи протягом періоду робочого циклу.

Час, витрачений безпосередньо на зварювання, включає час нагріву t_n , час витримки $t_{вумп}$ і час охолодження $t_{ох}$:

$$t_{зв} = t_n + t_{вумп} + t_{ох}.$$

Час, витрачений на холості ходи, складається із часу подачі матеріалу в зону зварювання t_n , часу притискання t_{np} і часу відведення гарячого інструменту $t_{відв}$, часу видалення зварених матеріалів $t_{вид}$.

Оцінити ступінь досконалості технології дозволяють співвідношення технологічної продуктивності k і циклової продуктивності $Q_{ц}$:

$$k = \frac{1}{t_{зв}}, \quad Q_{ц} = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_{зв} + t_x} = \eta \cdot k,$$

де η – коефіцієнт продуктивності.

$$\eta = \frac{t_{зв}}{T} = \frac{1}{k \cdot t_x + 1}.$$

Вибір технологічних параметрів зварювання (температури, тиску і тривалості) залежить в першу чергу від типу зварюваного матеріалу, його товщини, а також від типу і конструктивних особливостей зварювального інструменту.

Особливістю зварювання тонких плівок є можливість їх швидкого прогрівання. Тому інструмент при контактному-тепловому зварюванні можна нагрівати до температури початку деструкції матеріалу. Це не позначається на якості зварювання, оскільки швидкість деструкції нижча, ніж швидкість зварювання при малих товщинах плівок.

Зварювання плівок товщиною до 100-150 мкм можна проводити з одностороннім нагріванням. Більш товсті плівки слід зварювати з використанням двостороннього нагріву. Зі збільшенням товщини плівок зростає необхідна температура нагрівального елемента, але до певної межі, оскільки одночасно зростає і час прогрівання матеріалу, що може призвести до його руйнування.

Постановка задачі:

Визначити технологічні параметри операції термозварювання полімерних пакувальних матеріалів в машинах для пакування харчових продуктів, користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку, а саме:

1. Коефіцієнт температуропровідності – a , м²/с.

2. Кількість тепла, що витрачається на утворення зварного зв'єднання – Q , кДж.
3. Тривалість нагріву плівкового матеріалу – τ , с.
4. Швидкість переміщення матеріалу при неперервному зварюванні – v , м/с.
5. Цикл роботи зварного механізму періодичної дії – T , с.
6. Коефіцієнт продуктивності зварного механізму – η .

Початкові дані:

1. Матеріал, який зварюється – ПЕ.
2. Лінійні параметри зварного шва:
 - довжина – $r_{ш} = 0,13$ м;
 - ширина – $b_{ш} = 0,09$ м.
3. Товщина плівки – $\delta_{пл}$, м.
4. Час зміни зовнішніх умов – t_0 , с.
5. Теплофізичні властивості термопластичних полімерів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Довідкові дані про властивості полімерних матеріалів

Термопластичний полімер	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м·град.	Питома теплоємність c , кДж/кг·град;	Температура текучості T_T , °С
Поліетилен низької густини (ПЕНГ)	$29,2 \cdot 10^{-2}$	2,10–3,84	110
Поліетилен високої густини (ПЕВГ)	$40,0 \cdot 10^{-2}$	2,10–3,84	140
Поліпропілен (ПП)	$13,8 \cdot 10^{-2}$	1,92	170
Полістирол (ПС)	$12,5 \cdot 10^{-2}$	–	150
Поліметилметакрилат (ПММА)	$16,7 \cdot 10^{-2}$	1,50	160-180
Полівінілхлорид (ПВХ)	$16,7 \cdot 10^{-2}$	1,17	180
Поліамід (ПА)	$25,1 \cdot 10^{-2}$	1,67	225-260
Поліуретан (ПУ)	$31,4 \cdot 10^{-2}$	—	190
Поліетилентерифталат (ПЕТФ)	$13,8 \cdot 10^{-2}$	1,04	280
Фторопласт (ФП)	$5,8 \cdot 10^{-2}$	0,92	270

Порядок розв'язування задачі:

1. Визначимо коефіцієнт температуропровідності матеріалу плівки – a :

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} = \frac{29,2 \cdot 10^{-2}}{2,1 \cdot 960} = 0,000145 \text{ м}^2/\text{с};$$

2. Обчислимо загальну масу ділянки плівки, яка піддається нагріву:

$$m = 2(r_{\text{ш}} \cdot b_{\text{ш}} \cdot \delta_{\text{пл}}) \cdot \rho = 2(0,130 \cdot 0,09 \cdot 0,00015) \cdot 920 = 0,0032 \text{ кг.}$$

3. Розрахуємо кількість тепла, яку необхідно передати від нагрівача матеріалу масою m при його контактному нагріві від початкової температури T_0 до кінцевої T_K , прийнявши $T_K = T_T$:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_K - T_0) = 0,0032 \cdot 3,84 \cdot (120 - 25) = 1,167 \text{ кДж.}$$

4. Визначимо тривалість нагріву плівкового матеріалу (τ) контактним нагрівачем від початкової температури T_0 до кінцевої T_K :

Для цього розрахуємо спочатку число Фур'є, прийнявши:

$$l = r = 0,13 \text{ м, } t_0 = 5 \text{ с.}$$

$$F_0 = \frac{a \cdot t_0}{l^2} = \frac{0,000145 \cdot 5}{0,13^2} = 0,0428.$$

Тоді будемо мати:

$$\tau = \frac{F_0 \cdot \delta_{\text{пл}}^2}{a} = \frac{0,0428 \cdot 0,00015}{0,000145} = 0,044 \text{ с.}$$

5. Знайдемо швидкість переміщення матеріалу відносно зварювального інструмента при його неперервному зварюванні, прийнявши $l_{\text{інстр}} = r = 0,13 \text{ м}$:

$$v = \frac{l_{\text{інстр}}}{\tau} = \frac{0,13}{0,044} = 0,29 \text{ м/с.}$$

6. Знайдемо період робочого циклу зварного механізму T , на якому здійснюється періодичне зварювання:

$$T = t_{\text{зв}} + t_x = 0,044 + 0,9 = 0,944 \text{ с.}$$

7. Коефіцієнт продуктивності в такому випадку складе:

$$\eta = \frac{1}{\frac{t_x}{t_{\text{зв}}} + 1} = \frac{1}{\frac{0,9}{0,044} + 1} = 0,466.$$

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними параметрами процесу термозварювання полімерних пакувальних матеріалів.
2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку *Б* (згідно порядкового номеру в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.
3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.
2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням (див. дод. Б).
3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.
4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджуваного процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків

a , м ² /с	m , кг	Q , кДж	τ , с	v , м/с	T , с	η

5. Висновки про виконану роботу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема роботи: розрахунок теплових технологічних параметрів операції миття скляної тари.

Мета роботи: ознайомитись із параметрами процесу миття скляної тари, основними залежностями між його показниками та навчитись визначати витрати теплоти на її здійснення.

Теоретичні відомості

Важливу роль в лініях фасування харчових продуктів у скляну тару відіграють машини для її миття, оскільки перед вміщенням продукту в тару, яка надходить на підприємство, вона підлягає підготовчим операціям – очищенню та митою.

Для усунення ручної праці і переведення виробництва в автоматизований режим роботи використовують машини для миття безперервної дії зі спеціальними носіями різної конструкції. В процесі миття необхідно забезпечити фізичну та бактеріологічну чистоту пляшок. Це досягається обробкою миючими засобами.

Основними факторами, що забезпечують високу якість миття пляшок, є температура миючих розчинів і води, концентрація розчинів і тривалість миття; гідродинамічна дія струменю миючого розчину і води при внутрішньому шприцюванні і зовнішньому ополіскуванні поверхні скляної тари; механічний вплив на її внутрішню і зовнішню поверхні.

Від якості миття пляшок залежить якість та товарний вигляд готової продукції, а значить обсяги реалізації. Для підтримання попиту необхідно покращувати процес виготовлення продукту та його зовнішній вигляд, сюди й входить якісне миття, яке безпосередньо залежить від дотримання технологічних режимів обробки.

Постановка задачі:

Визначити теплові параметри процесу миття скляної тари в мийних машинах, користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку, а саме:

1. Витрати гарячої пари – P_n , кг/год.
2. Витрати тепла в навколишнє середовище – q , ккал/год.
3. Витрати тепла на нагрівання миючих рідин у ваннах – P_1 , P_2 , P_3 кг/год.
4. Витрати пари – P_{II} , кг/год.

Початкові дані:

1. Продуктивність мийної машини – $Q = 6000$ шт./год,
2. Маса тари – $m_t = 0,5$ кг.
3. Температури :
 - холодної води на вході – $t_{Х.В.} = 8^\circ \text{C}$;
 - відпрацьованої води – $t_{В.В.} = 25^\circ \text{C}$;
 - забрудненої тари (початкова) – $t_{Т.П} = 5^\circ \text{C}$;
 - чистої тари (кінцева) – $t_{Т.К} = 10^\circ \text{C}$;
 - конденсата пари – $t_K = 100^\circ \text{C}$.
4. Тиск гарячої пари – $p = 2$ атм;
5. Теплоємність гарячої пари – $i = 2724$ кДж/кг·град.
6. Питома теплоємність скла – $C_C = 0,2$ ккал/кг·град = $0,837$ кДж/кг·град;
7. Питома теплоємність конденсату – $\theta = 428,6$ кДж/кг·град;
8. Витрати холодної води (відповідає витратам теплої води) – $W = 6,1$ м³/год ≈ 6100 кг/год.

Порядок розв'язування задачі:

Розрахунок ведемо по методу теплового балансу, який в загальному вигляді можна представити так:

Прихід тепла:

- з тарою Q_1 , кДж;
- з холодною водою Q_2 , кДж;
- з гарячою парою Q_3 , кДж.

Витрати тепла:

- з тарою Q_4 , кДж;
- з відпрацьованою водою Q_5 , кДж;

– з конденсатом пари Q_6 , кДж;

– витрати в навколишнє середовище Q_7 , кДж.

1. Визначаємо кількість теплоти, що надходить в мийну машину:

– з тарою

$$q_1 = Q \cdot m_T \cdot C_C \cdot t_{T.П.} = 6000 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 5 = 12600 \text{ кДж/год};$$

– з холодною водою

$$q_2 = W \cdot t_{Х.В.} = 6100 \cdot 8 = 48800 \text{ ккал/год} = 204315,84 \text{ кДж/год};$$

– з гарячою парою

$$q_3 = i \cdot P = 2724 \cdot P_n \text{ кДж/кг.}$$

2. Визначаємо кількість теплоти, що виходить з мийної машини:

– з тарою

$$q_4 = Q \cdot m_T \cdot C_C \cdot t_{Т.К.} = 6000 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 10 = 25200 \text{ кДж/год};$$

– з відпрацьованою водою

$$q_5 = W \cdot t_{В.В.} = 6100 \cdot 25 = 152500 \text{ ккал.год} = 638487 \text{ кДж/год};$$

– з конденсатом пари

$$q_6 = P_n \cdot \theta = 428,6 \cdot P \text{ кДж/год.}$$

3. Оскільки прихід тепла рівний його витраті, то рівняння балансу тепла можна описати у вигляді виразу:

$$Q \cdot m_T \cdot C_C \cdot t_{Т.П.} + P_n \cdot i + W \cdot t_{В.П.} = Q \cdot m_T \cdot C_C \cdot t_{Т.К.} + W \cdot t_{В.В.} + P_n \cdot \theta,$$

З даного рівняння визначимо годинну витрату пари на миття:

$$P_n = \frac{Q \cdot m_T \cdot C_C (t_{Т.К.} - t_{Т.П.}) + W (t_{В.В.} - t_{В.П.})}{i - \theta},$$

звідки

$$P_n = \frac{6000 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot (10 - 5) + 6100 \cdot 4,1868 \cdot (25 - 8)}{2724 - 428,6} = 194,64 \text{ кг/год.}$$

4. Крім корисно використаного тепла, його частина витрачається у навколишнє середовище під час зливання надлишку миючих рідин з ванн. Ці витрати складають близько 10-15 % від кількості тепла, яке необхідне для миття.

Приймаємо витрати тепла в навколишнє середовище 10% до витрат пари.

Тоді загальні витрати тепла складають:

$$P_n^{3az} = 194,64 + 19,46 = 214,1 \text{ кг/год.}$$

Такі витрати пари будуть тільки при установленому режимі роботи. Витрати тепла на нагрівання миючих рідин і машини не враховані.

Приймаємо, що під час простоювання мийної машини між змінами (в нічний час) рідини охолоджуються приблизно на 20°C (t_{ox}).

Кількість мийних рідин у ваннах в робочому стані:

– лужного розчину в першій ванні $2,5\text{ м}^3$, $t = 65^\circ\text{C}$;

– в другій ванні $1,7\text{ м}^3$, $t = 80^\circ\text{C}$;

– в верхній ванні $0,55\text{ м}^3$, $t = 80^\circ\text{C}$;

– води в другій верхній ванні $1,5\text{ м}^3$, $t = 35^\circ\text{C}$.

Тоді

$$P_i = V_{ei} \cdot C_p \cdot \Delta t_i$$

де P_i – втрати тепла на нагрівання мийного розчину в i -й ванні;

V_{ei} – об'єм мийного розчину в i -й ванні;

C_p – теплоємність i -го миючого розчину;

Δt – зміна температури рідини в i -й ванні.

Враховуючи малу концентрацію мийних розчинів, їх теплоємністю нехтуємо, тому приймаємо $C = 4,183 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$ (питома теплоємність води).

Тоді втрати тепла на нагрівання мийного розчину в першій ванні:

$$P_1 = 2500 \cdot 4,183 \cdot (65 - 20) = 471015 \text{ кДж.}$$

Витрати тепла на нагрівання розчинів в другій і верхній ваннах:

$$P_2 = (1700 + 550) \cdot 4,183 \cdot (80 - 20) = 565218 \text{ кДж.}$$

Витрати тепла на нагрівання води:

$$P_3 = 1500 \cdot 4,183 \cdot (35 - 20) = 94203 \text{ кДж.}$$

Лужні розчини нагріваються парою через поверхню теплопередачі, щоб запобігти їх розбавленню. При температурі конденсату $t_K = 100^\circ\text{C}$, $P = 2 \text{ ам}$, $i = 2724 \text{ кДж/кг}$, витрати пари на нагрівання розчинів буде дорівнювати:

$$P_{H.P.} = \frac{471015 + 565218}{2724 - 418,3} = 449,5 \text{ кг/год.}$$

Витрати пари на нагрівання води:

$$P_{H.B.} = \frac{94203}{2724 - 35 \cdot 4,1} = 36,5 \text{ кг/год.}$$

Загальна витрата пари на нагрівання миючих рідин:

$$P_{H.ЗАГ.} = P_{H.P.} + P_{H.B.} = 449,5 + 36,5 = 486 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо витрати пари за добу:

$$P_D = P_{ЗАГ.} \cdot 8 + P_{H.ЗАГ.} = 317 \cdot 8 + 486 = 3022 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо витрати пари на кожні 1000 пляшок:

$$P_{II} = \frac{P_D}{Q \cdot 8} = \frac{3022}{7,48 \cdot 8} = 50,5 \text{ кг/год.}$$

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними параметрами термічних режимів технологічної операції миття скляної тари.
2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку Д (згідно порядкового номеру в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.
3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.
2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням (див. дод. В).
3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.
4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджуваного процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

P_n , кг/год.	q , ккал/год.	P_1 , кг/год.	P_2 , кг/год.	P_3 , кг/год.	P_{II} , кг/год.

5. Висновки про виконану роботу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема роботи: гідродинамічний розрахунок технологічних параметрів операції миття скляної тари.

Мета роботи: ознайомитись із параметрами процесу миття скляної тари, основними залежностями між його показниками та визначити розрахунковим шляхом витрати миючих рідин на її здійснення.

Теоретичні відомості

Основні розрахунки обладнання для миття тари спрямовані на визначення затрат води, пари та енергії під час миття тари.

Миття струменем рідини ефективно лише за умови попереднього відмочування забруднень, в процесі якого вони піддаються фізико-хімічній дії гарячого миючого розчину.

Ефективність миття скляної тари струменем залежить від:

- діаметру сопла;
- секундної витрати миючої рідини;
- напору струменя на виході з сопла;
- відстані від сопла до пляшки;
- форми сопла.

Із збільшенням кількості рідини, що надходить в пляшку, інтенсивність миття підвищується. Проте гранична кількість рідини, що подається в пляшку, залежить від внутрішнього діаметру її горловини, оскільки під час миття струменем з пляшки повинно витікати стільки відпрацьованої рідини, скільки її поступає туди. Рідина, що вводиться в пляшку струменем через центр горловини, видаляється самотьком по внутрішній поверхні горловини. При подачі всередину тари надмірної кількості рідини відбувається “захлинання” горловини і процес миття струменем припиняється.

Для недопущення порушень нормального перебігу процесу миття і запобігання зниження його ефективності необхідно здійснити відповідні проектні розрахунки.

Постановка задачі:

Визначити гідродинамічні параметри процесу миття скляної тари в мийних машинах, користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку, а саме:

1. Граничну витрату миючих рідин, що подається в тару при шприцюванні – W_{\max} , м³/с.
2. Граничний діаметр сопла шприцювального пристрою – d_c , мм.
3. Граничний діаметр отвору ополіскувальної форсунки – d_ϕ , мм.
4. Витрати миючого розчину і води для шприцювання і ополіскування пляшок $W_{M.P.}$, м³/с ; W_B , м³/с.

Початкові дані:

1. Внутрішній діаметр горловини тари – $D = 20$ мм.
2. Коефіцієнт витрат рідини при витіканні її з отвору – $\mu = 0,65$.
3. Тиск подачі мийного розчину – $p_1 = 2,5 \cdot 10^5$, Па.
4. Тиск миючого розчину перед форсункою – $p_2 = 0,6 \cdot 10^5$ Па.
5. Густина миючого розчину – $\rho = 1000$ кг/м³.
6. Витрата миючого розчину для ополіскування зовнішньої поверхні тари – $W = 0,3 \cdot 10^{-5}$ м³/с.
7. Кількість отворів на шприцювальних трубках для подачі лужного розчину – $n_{p_1} = 80$ шт.
8. Кількість отворів на ополіскувальних трубках для подачі лужного розчину – $n_{p_2} = 96$ шт.
9. Кількість отворів на шприцювальних трубках для подачі води $n_{e_1} = 128$ шт.
10. Кількість отворів на ополіскувальних трубках для подачі води $n_{e_2} = 112$ шт.

Порядок розв'язування задачі:

1. Визначаємо граничну витрату миючих рідин, що подається в тару при шприцюванні за формулою В.І. Єгорової:

$$W_{\max} = 0,64 \cdot D^{1,63} = 0,64 \cdot 0,02^{1,63} = 0,001 \text{ м}^3/\text{с.}$$

2. Визначаємо граничний діаметр сопла шприцювального пристрою:

$$d_c = 1,1 \frac{D^{1,63}}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_1}{\rho}}} = 1,1 \frac{0,02^{1,63}}{0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^5}{1000}}} = 0,00012 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр сопла $d_1 = 2,5$ мм.

3. Граничний діаметр отвору ополіскувальної форсунки:

$$d_\phi = \frac{\sqrt{1,242 \cdot W}}{\sqrt{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_2}{\rho}}}} = \frac{\sqrt{1,242 \cdot 0,3 \cdot 10^{-5}}}{\sqrt{0,65 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{0,6 \cdot 10^5}{1000}}}} = 0,00072 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр отвору ополіскувальної форсунки $d_2 = 3$ мм.

4. Розрахуємо витрати миючих розчинів (лужного розчину та розчину на шприцювання і ополіскування пляшок):

$$W_{M.P.} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot n_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_1}{\rho}} + \mu \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot n_2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_2}{\rho}}.$$

Після підстановки значень отримаємо:

$$W_{M.P.} = 0,65 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,0025^2}{4} \cdot 80 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^5}{1000}} + 0,65 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,003^2}{4} \cdot 96 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{0,6 \cdot 10^5}{1000}} = 1,06 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$$

5. Визначаємо потужність насосу, що перекачує лужний розчин:

$$N_1 = \frac{10^{-3} \cdot W_{M.P.} \cdot P}{\eta_H \cdot \eta_{ДВ}} = \frac{10^{-3} \cdot 1,06 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 0,85} = 6,2 \text{ кВт,}$$

де $P = 2,5 \cdot 10^5$, Па – тиск лужного розчину;

$\eta_H = 0,5$ – ККД насосу;

$\eta_{ДВ} = 0,85$ – ККД двигуна;

6. Визначаємо витрати води на шприцювання і ополіскування пляшок:

$$W_B = \mu \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_1^2 \cdot n_{e1} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_1}{\rho}} + d_2^2 \cdot n_{e2} \cdot \sqrt{\frac{2 p_z}{\rho}} \right).$$

Підставивши числові значення, отримуємо:

$$W_B = 0,65 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot \left(0,0025^2 \cdot 128 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^5}{1000}} + 0,003^2 \cdot 112 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10^5}{1000}} \right) =$$
$$= 1,48 \cdot 10^{-2}$$

м³/с.

7. Потужність насосів, що перекачують воду

$$N_2 = \frac{10^5 \cdot W_B \cdot P}{H_H \cdot \eta_{ДВ}} = \frac{10^{-3} \cdot 1,48 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 0,85} = 8,6 \text{ кВт.}$$

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними параметрами гідродинамічних режимів технологічної операції миття скляної тари.

2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку 3 (згідно порядкового номеру в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.

3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.
2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням (див. дод. Г).
3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.

4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджуваного процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 4.1):

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків

W_{\max} , м ³ /с	d_c , мм	d_ϕ , мм	$W_{M.P.}$, м ³ /с	W_B , м ³ /с

5. Висновки про виконану роботу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема роботи: розрахунок параметрів вакуумної та паровакуумної технологій обробки скляної тари.

Мета роботи: ознайомитись із параметрами вакуумуваної та паро вакуумної технологій обробки скляної тари та навчитись визначати розрахункові значення основних із них.

Теоретичні відомості

Широке застосування вакуумних та паровакуумних технологій пакування підтверджує їх ефективність з точки зору подовження термінів зберігання пакованої продукції.

В багатьох випадках припинення впливу повітря на продукт шляхом вакуумування об'єму, обмеженого упаковкою і створеним нею бар'єром, призводить до обмеження хімічної взаємодії і збереження якісних показників продукції. З цієї точки зору вакуумні і паровакуумні технології мають подібні ефекти, однак механізми впливу на мікрофлору у них різні.

Вакуумування передбачає максимальне видалення повітря з пляшок. Цим досягається певне обмеження інфікування продукту мікрофлорою повітря, зменшення вмісту кисню в газовому середовищі всередині упаковки під час фасування та після закупорення.

З цієї точки зору має значення глибина досягнутого вакууму. Чим вона більша, тим менший об'єм гаду залишається всередині тари.

Для вираження взаємозв'язку між ступенем вакуумування і залишковою кількістю газу користуються рівнянням газового стану:

$$PV = MRT,$$

де P – тиск газу, Па;

V – об'єм газу, м³;

M – маса газу, кг;

R – універсальна газова стала, $R = 287$ Дж/кг·К;

T – абсолютна температура, К.

В результаті вакуумування температура повітря, що залишається, змінюється і параметри системи співвідносяться:

– в адіабатному процесі (термодинамічний процес, під час якого відбувається зміна стану тіла без обміну теплом з навколишнім середовищем):

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}};$$

– в політропному процесі (термодинамічний процес, під час якого питома теплоємність газу залишається незмінною):

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

де P_1 – тиск газу в тарі, Па;

P_2 – тиск вакуумування;

k – показник адіабати;

n – показник політропи.

Для процесу вакуумування $T_I = T_{II}$ – початкова температура повітря в тарі; $T_2 = T_B$ – температура вакуумування.

Паровакуумні технології використовуються у виробництві консервів (м'ясних, рибних, овочевих), соків, джемів тощо. Ефект зниження кількості мікрофлори є наслідком теплової дії, а тому глибина вакуумування, як правило, не відслідковується. Залишковий тиск у жорсткому пакуванні досягається за рахунок конденсації водяної пари, а також за рахунок об'ємного температурного стискання продукції при охолодженні. При цьому контролюється наявність лише розрідження у жорсткому пакуванні під дією зовнішнього тиску – деформації.

Ефект зменшення кількості мікрофлори від вакуумної обробки пояснюється «холодним» кипінням рідинного середовища, в якому знаходиться мікрофлора. «Холодне» кипіння здійснюється за рахунок енергії середовища, що відводиться від системи в потоці утвореної пари, яка видаляється вакуумним насосом. Оскільки температура середовища при цьому падає, то ступінь розрідження повинен зростати.

Певні режими вакуумування сприяють зменшенню кілько-

сті мікрофлори на рівні 100 % під дією на них стресових факторів, якими можуть виступати осмотичний, етанольний, окислювальний, температурний тощо. При вакуумуванні одночасно з «холодним» кипінням має місце саме стрімке зниження температури.

Слід підкреслити важливість вибору параметрів вакуумування тари зі скла у виробництві газованих напоїв. Завдяки цій операції досягається інактивація мікрофлори у залишках води на стінках пляшки і одночасно виконується її охолодження. Для вдосконалення виконання операції фасування газованих напоїв, обмеження їх спінювання та зменшення температурних напружень, температури тари і продукту повинні бути якомога ближчими.

Досягнення певної температури кипіння за рахунок вакуумування потребує певних енергетичних витрат на стискання утвореної пари. Враховуючи швидкоплинність такого стискального процесу, у першому наближенні вважається адіабатним. Кінцевий тиск стиснутої пари дорівнює тиску навколишнього середовища. Як відомо, зміна внутрішньої енергії Δu і робота адіабатного процесу l – рівні за величиною і протилежні за знаком $\Delta u = -l$.

За фіксованих значень тисків p_1 і p_2 та абсолютних температур T_1 і T_2 роботу стискання водяної пари визначається за формулою:

$$l = \frac{R}{k-1}(T_2 - T_1),$$

де R – газова стала, яка для водяної пари становить 461 Дж/кг·К;

k – показник адіабати водяної пари.

При цьому:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

При вакуумному охолодженні (кипінні) стабільним залишається тільки тиск P_2 , а параметри T_1 і T_2 є змінними.

З наведених залежностей видно, що енерговитрати на ство-

рення і підтримування вакууму будуть змінними і зростатимуть по мірі охолодження оброблюваного середовища.

Під час фасування напоїв температура тари після проходження операції миття є вищою, ніж температура продукту, а під час фасування продукції, що піддавалась попередній термічній обробці – навпаки.

У кожному з приведених випадків кількість теплоти Q , яку необхідно відвести від тари визначається за таким співвідношенням:

$$Q = m_T C_C (t_2 - t_1),$$

- де m_T – відповідно маса тари, кг;
 C_C – питома теплоємність скла, кДж/кг·град;
 t_1 – температура продукту;
 t_2 – температура тари.

Постановка задачі:

Користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку визначити:

1. Масу газу, що залишається в тарі після здійснення вакуумування при заданій глибині вакуумування (P_2) – M , кг.

2. Енергетичні витрати паровакуумного процесу, виконавши розрахунки відносно 1 кг водяної пари.

Початкові дані:

1. Об'єм газу в пляшці – $V = 0,535 \text{ м}^3$
2. Початкова температура – $T_{II} = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$.
3. Тиск газу в тарі – $P_I = 0,1 \text{ МПа}$;
4. Показник адіабати – $k = 1,4$;
5. Показник політропи – $n = 0,2$
6. Температурні параметри паровакуумного процесу – T_I і T_2 .
7. Маса одиниці скляної тари – $m_T = 0,5 \text{ кг}$.
8. Температура продукту – $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.
9. Температура скляної тари – $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
10. Теплота випаровування води – $r = 2257 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$.

Порядок розв'язування задачі:

1. Визначимо параметри вакуумної обробки тари.

1.1. Розрахуємо масу газу в тарі за початкових умов:

$$M_{п} = \frac{0,01 \cdot 10^6 \cdot 0,535 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 293} = 0,636 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

1.2. Розрахуємо масу газу в тарі після вакуумування.

Для цього знайдемо значення температури вакуумування T_B при заданому значенні ступеню вакуумування P_2

P_1 , МПа	P_2 , МПа	$\frac{P_1}{P_2}$	$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}$, при $k = 1,4$	T_B , К	$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{n}}$, при $n = 1,4$	T_B , К
0,1	0,04	2,5	1,3	225,1	1,16	252

Таким чином масу газу становитиме при

– адиабатному процесі:

$$M_{а.п.} = \frac{0,04 \cdot 10^6 \cdot 0,535 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 225,1} = 0,331 \cdot 10^{-3} \text{ , кг;}$$

– політропному процесі:

$$M_{п.п.} = \frac{0,04 \cdot 10^6 \cdot 0,535 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 252} = 0,2961 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

2. Визначимо параметри паровакуумної обробки тари.

2.1. Розрахуємо роботу стискання водяної пари.

При стабілізованому значенні температури $T_1 = 343 \text{ К}$ отримаємо:

$$l = \frac{R}{k-1} (T_2 - T_1) = \frac{461}{0,4} (473,34 - 343) = 150,17 \text{ кДж,}$$

а при $T_1 = 303 \text{ К}$ маємо:

$$l = \frac{461}{0,4} (748,2 - 303) = 153 \text{ кДж.}$$

2.2. Визначимо кількість теплоти, яку необхідно відвести від тари після виконання операції фасування.

Для одиниці тари масою 0,5 кг кількість теплоти складає:

$$Q = m_T C_C (t_2 - t_1) = 0,5 \cdot 0,84 \cdot (20 - 5) = 5 \text{ кДж},$$

2.3. Знайдемо масу води m_b , яку необхідно випарувати для охолодження за рахунок вакуумування і «холодного» кипіння:

$$m_b = \frac{Q}{r} = \frac{5}{2257} = 0,00232 \text{ кг}.$$

Отримане значення маси m_b дуже близьке до тієї кількості води, яка залишається в пляшці після її миття, і це означає правомірність вибору параметрів вакуумування, за яких досягатиметься задане охолодження.

Зазвичай у самому процесі вакуумного охолодження пляшки термічне напруження буде присутнє, однак воно буде суттєво нижчими від суми термічного напруження, яке діє при фасуванні холодного напою у неохолоджену пляшку, і напруження від внутрішнього тиску.

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними параметрами термічних процесів під час виконання паровакуумного процесу обробки скляної тари.

2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку Д (згідно порядкового номеру в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.

3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.

2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням (див. дод. Д).

3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.

4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджувано-

го процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 5.1):

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків

$M_{A.П.}$, кг	$M_{П.П.}$, кг	l , кДж	Q , кДж	m_b , кг

5. Висновки про виконану роботу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема роботи: розрахунок технологічних параметрів операції етикетування скляної тари.

Мета роботи: ознайомитись із призначенням і принципом роботи етикетувального пристрою та опанувати методику розрахунку технологічних параметрів операції етикетування скляної тари.

Теоретичні відомості

Для стабільної роботи етикетувального автомата необхідно забезпечити надійне втримування етикетки рейферним барабаном при її перенесенні на пляшку. Також необхідно визначити потужність, що споживається рейферним барабаном на основі визначення його технологічних параметрів.

Визначення необхідного зусилля притискання етикетки, контретикетки та кольєретки до рейферного барабана. На рис. 6.1 показана взаємодія сил, що діє під час захоплення етикетки рейферним притискним механізмом.

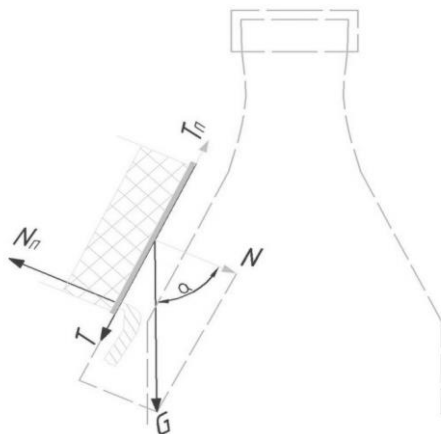


Рисунок 6.1 – Схема взаємодії сил, що діють при захопті етикетки рейферним прижимом

При нахиленому положенні етикетки, сила її ваги G_E розкладається на складову N , що направлена перпендикулярно до

площини сегмента T грейферного барабана:

$$N = G_E \cos \alpha$$

$$T = G_E \sin \alpha$$

В більшості випадків етикетка займає вертикальне положення, тобто сила її ваги направлена по дотичній до площини сегмента. Тоді $\alpha = 90^\circ$; $N = 0$; $T = G_E$.

Умова витримування етикетки грейферним притискним механізмом полягає в тому, щоб складові сили притискання етикетки, були більші відповідних складових відриваючої сили, тобто:

$$N_{\Pi} > N, \text{ або } N_{\Pi} = k_1 \cdot N$$

$$T_{\Pi} > T, \text{ або } T_{\Pi} = k_2 \cdot T$$

де k_1 і k_2 – коефіцієнти запасу;

N_{Π} – складова сили притискання етикетки грейферним притискним механізмом.

Дотичній складовій T відриваючої сили протидіє сила тертя, яка утримує етикетку від зсуву і виникає між сегментом і етикеткою.

Сила що протидіє дотичному зсуву рівна:

$$T_{\Pi} = f(N_{\Pi} - N),$$

де f – коефіцієнт тертя між етикеткою і поверхнею сегмента.

Відповідно до вищенаведених виразів умова утримування етикетки може бути записана так:

$$T = \frac{T_{\Pi}}{k_2} = f \frac{N_{\Pi} - N}{k_2} = f \frac{1 - \frac{1}{k_1}}{k_2}$$

Звідси:

$$T = f N_{\Pi} \frac{1 - \frac{1}{k_1}}{k_2}.$$

При $k_1 = k_2 = k$:

$$N_{\Pi} = \frac{k_2}{1 - \frac{1}{k_1}} \cdot \frac{T}{f} = \frac{k^2}{k - 1} \cdot \frac{T}{f}.$$

Взявши через похідну вираз $\frac{k^2}{k-1}$ і порівнявши його до нуля, одержимо, що найменше значення цього виразу буде при $k = 2$, тобто надійне утримання етикетки забезпечується при k_2 і подальшого збільшення запасу є недоцільним.

Тоді:

$$N_{II} = \frac{2^2}{2-1} \cdot \frac{T}{f} = \frac{4T}{f}$$

При $T = G \sin \alpha$ визначаємо необхідне зусилля притискання етикетки, контретикетки і кольєретки до рейферного барабана:

$$N_{II} = \frac{4T}{f} = \frac{4G_E \sin \alpha}{f}.$$

Визначення зусилля, необхідного для переміщення пляшок під час етикетування. При переміщенні пляшки енергія витрачається на опір обкочування пляшки по поверхні рейферного барабана. Із зусиллям q пляшка притискається до барабана.

Обкочування пляшки по поверхні рейферного барабана супроводжується збільшенням довжини упорної площини барабана на величину (рис. 6.2):

$$l = l_{acb} - l_{ab}.$$

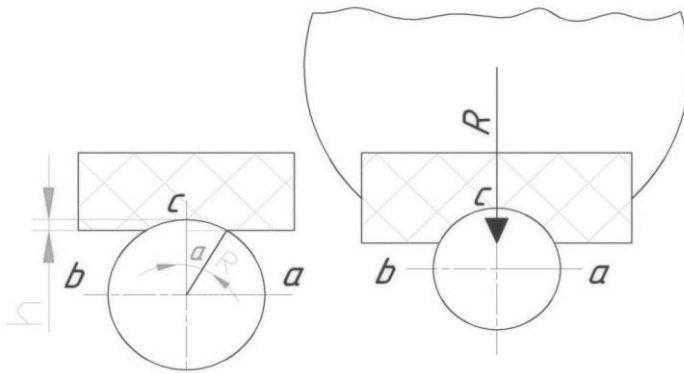


Рисунок 6.2 – Розрахункова схема для визначення зусилля, необхідного для переміщення пляшок під час етикетування

Збільшення довжини упорної площини барабана при зануренні в неї пляшки визначимо за формулою:

$$l = \frac{\pi D}{2} - D,$$

де D – діаметр пляшки.

Швидкість обкочування пляшки по поверхні грейферного барабана визначається за допомогою формули:

$$v = \frac{v_1 \cdot l}{D}.$$

де v_1 – швидкість руху центру пляшки.

Потужність на подолання опору сил пружності барабана однієї пляшки в кВт визначається за допомогою формули:

$$N = \frac{P \cdot v_1}{1000},$$

де P – зусилля, необхідне для переміщення пляшки вздовж барабана, яке визначається за формулою:

$$P = q \cdot f,$$

де f – коефіцієнт тертя скла по грейферному барабану.

Постановка задачі:

Визначити параметри технологічної операції нанесення етикеток на скляну тару, користуючись даними індивідуальних завдань та наведеною методикою розрахунку, а саме:

1. Необхідне зусилля притискання етикетки, контретикетки та кольєретки до грейферного барабана – $N_{II}^E, N_{II}^{KE}, N_{II}^K, H$.
2. Зусилля переміщення пляшок – P, H

Початкові дані:

1. Маса етикетки – $m_E = 0,71$ г.
2. Маса контретикетки – $m_{KE} = 0,68$ г.
3. Маса кольєретки – $m_K = 0,12$ г.
4. Кут α для кольєретки – 63° .
5. Зусиллям притискання пляшки до барабана – $q = 650$ Н.
6. Діаметр пляшки – $D = 65,5$ мм.

Порядок розв'язування задачі:

1. Знайдемо вагу етикетки G_E :

$$G_E = m_E \cdot g = 0,76 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = 0,0074 \text{ Н,}$$

де m_E – маса етикетки, г.

2. Знайдемо вагу контретикетки G_{KE} :

$$G_{KE} = m_{KE} \cdot g = 0,68 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = 0,0067 \text{ Н,}$$

де m_{KE} – маса контретикетки, г.

3. Знайдемо вагу кольєретки G_K :

$$G_K = m_K \cdot g = 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 = 0,0012 \text{ Н,}$$

де m_K – маса кольєретки, г.

4. Приймаючи $\alpha = 90^\circ$ та підставивши значення у вираз для знаходження N_{II} , для етикетки будемо мати:

$$N_{II}^E = \frac{4G_E \sin \alpha}{f} = \frac{4 \cdot 0,0074}{0,2} = 0,148 \text{ Н.}$$

5. За тим же принципом приймемо $\alpha = 90^\circ$ для знаходження N_{II} для контретикетки:

$$N_{II}^{KE} = \frac{4G_{KE} \sin \alpha}{f} = \frac{4 \cdot 0,0067}{0,2} = 0,1333 \text{ Н.}$$

6. Приймаючи $\alpha = 63^\circ$, а $\sin 63^\circ = 0,8358$ та підставивши відомі значення у вираз для знаходження сили N_{II} , для кольєретки будемо мати:

$$N_{II}^K = \frac{4G_K \sin \alpha}{f} = \frac{4 \cdot 0,0012}{0,2} = 0,148 \text{ Н.}$$

7. Знайдемо величину, на яку збільшується довжина упорної площини барабана при зануренні в неї пляшки:

$$l = \frac{\pi D}{2} - D = \frac{3,14 \cdot 65,5}{2} - 65,5 = 37,335 \text{ мм.}$$

8. Швидкість обкочування пляшки по поверхні грейферного барабана становить:

$$v = \frac{v_1 \cdot l}{D} = \frac{0,0022 \cdot 37,335}{65,5} = 0,00125 \text{ м/с.}$$

9. Знайдемо зусилля, необхідне для переміщення пляшки вздовж барабана:

$$P = q \cdot f = 650 \cdot 0,4 = 260 \text{ Н.}$$

Хід роботи:

1. Ознайомитись із призначенням і основними параметрами технологічної операції етикетування скляної тари.
2. Використовуючи індивідуальні значення відомих показників, що приведені в додатку Л (згідно порядкового номеру в списку групи), провести розрахунки відповідно до наведеної методики для визначення числових значень шуканих показників, вказаних у завданні.
3. Оформити висновок по виконаній роботі.

Оформлення звіту:

Звіт студента за результатами виконаної практичної роботи повинен містити:

1. Тему та мету роботи.
2. Сформульовану постановку задачі та перелік початкових даних згідно з індивідуальним завданням.
3. Оформлену розрахункову частину відповідно до приведеної методики.
4. Зведені розрахункові значення параметрів досліджуваного процесу, зазначені в завданні, у таблиці виду (табл. 6.1)

Таблиця 6.1 – Результати розрахунків

N_{II}^E, H	N_{II}^{KE}, H	N_{II}^K, H	P, H

5. Висновки про виконану роботу.

Додаток А

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 1 на тему:
**“Розрахунок технологічних параметрів операції подачі
 стрічкових пакувальних матеріалів ”**

№ п.п.	Циклова продуктивність машини $Q_{ц}$, шт./хв.	Параметри плівки		Діаметр рулону D , мм	Висота пакету h , мм	Гальмівний момент M_T , Н·м
		Матеріал, з якого виготовлена плівка	Товщина δ , мкм.			
1	20	ПЕНГ	100	400	300	6,8
2	25	ПЕВГ	130	405	300	5,5
3	30	ПП	90	410	300	3,2
4	35	Іономер	140	415	150	7,4
5	40	ПА	125	420	150	4,5
6	45	ПВХ	155	425	150	6,3
7	50	ПЕНГ	115	430	200	5,1
8	55	ПЕВГ	135	435	200	7,9
9	60	ПП	105	440	200	8,5
10	20	Іономер	145	445	300	4,6
11	25	ПА	130	450	300	6,4
12	30	ПВХ	160	455	300	8,1
13	35	ПЕНГ	120	460	150	5,4
14	40	ПЕВГ	140	470	150	7,7
15	45	ПП	115	480	150	4,7
16	50	Іономер	150	490	200	6,6
17	55	ПА	140	510	200	5,8
18	60	ПВХ	165	515	200	7,2
19	20	ПЕНГ	125	520	300	4,8
20	25	ПЕВГ	145	525	300	7,1
21	30	ПП	120	530	300	5,7
22	35	Іономер	160	535	150	8,2
23	40	ПА	150	540	150	4,9
24	45	ПВХ	145	545	150	8,6
25	50	ПЕНГ	130	550	200	6,9

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 2 на тему:

“Розрахунок технологічних параметрів процесу термозварювання полімерних пакувальних матеріалів”

№ п.п.	Параметри плівки		Параметри зварного шва		Початкова температура T_0 , °C	Час зміни зовнішніх умов t_0 , с	Тривалість холостого ходу t_x , с
	Матеріал, з якого виготовлена плівка	Товщина δ , мкм.	Довжина $r_{ш}$, мм	Ширина $b_{ш}$, мм			
1	ПЕНГ	100	80	5	5	1	0,3
2	ПЕВГ	130	85	6	6	2	0,4
3	ПП	90	90	7	7	3	0,5
4	ПС	140	95	8	8	4	0,6
5	ПММА	125	100	9	9	5	0,7
6	ПВХ	155	105	10	10	6	0,8
7	ПА	115	110	5	11	7	0,9
8	ПУ	135	115	6	12	1	1,0
9	ПЕТФ	105	120	7	13	2	1,1
10	ФП	145	125	8	14	3	1,2
11	ПЕНГ	130	130	9	15	4	1,3
12	ПЕВГ	160	135	10	16	5	1,4
13	ПП	120	140	5	17	6	0,3
14	ПС	140	145	6	18	7	0,4
15	ПММА	115	150	7	19	1	0,5
16	ПВХ	150	155	8	20	2	0,6
17	ПА	140	160	9	21	3	0,7
18	ПУ	165	165	10	22	4	0,8
19	ПЕТФ	125	170	5	23	5	0,9
20	ФП	145	175	6	24	6	1,0
21	ПЕНГ	120	180	7	25	7	1,1
22	ПЕВГ	160	185	8	26	1	1,2
23	ПП	150	190	9	27	2	1,4
24	ПС	145	195	10	28	3	1,3
25	ПВХ	130	200	5	29	4	1,5

Додаток В

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 3 на тему: “Розрахунок теплових технологічних параметрів операції миття скляної тари”

№ п.п.	Продуктивність мийної машини Q , шт./год.	Маса тари m_T , кг	Температура				Витрага води W , м ³ /год	Температура охолодження миючих розчинів в ваннах $t_{ох.}$, °С
			Води на вході $t_{Х,В}$, °С	Води на виході $t_{В,В}$, °С	Забрудненої тари $t_{Г,П}$, °С	Чистої тари $t_{Г,К}$, °С		
1	30000	0,05	5	10	3	10	7,2	17
2		0,06	13	25		11	7,1	18
3		0,07	7	28		12	7,0	19
4		0,08	6	19	4	13	6,9	21
5	0,09	10	21	14		6,8	10	
6	24000	0,1	14	23	4	15	6,7	11
7		0,15	5	17		16	6,5	12
8		0,2	7	12	5	17	6,4	13
9	18000	0,25	11	27		18	6,3	14
10		0,3	15	22	6	19	6,2	15
11		0,35	6	14		20	6,1	16
12		0,4	8	18		15	6,0	22
13	12000	0,45	10	16	10	16	5,9	10
14		0,5	12	30		17	5,8	11
15		0,55	8	21		18	5,7	12
16		0,6	9	13	7	19	5,6	13
17	3000	0,65	4	12		20	5,5	14
18		0,7	13	31	10	5,4	15	
19		0,75	7	15	11	5,3	16	
20		0,8	10	22	9	12	5,2	17
21	1800	0,85	14	26		13	5,1	18
22		0,9	9	25		14	5,0	19
23		0,95	11	29	8	15	4,9	21
24		1,00	15	30		16	4,8	22
25		0,1	12	33		17	4,7	23

Додаток Г

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 4 на тему: **“Гідродинамічний розрахунок технологічних параметрів операції миття скляної тари”**

№ п. п.	Внутрішній діаметр горловини тари D , мм	Тиск подачі мийного розчину p_1 , Па	Коефіцієнт витрат рідини при витіканні її з отвору, μ	Витрата мийного розчину для ополіскування зовнішньої поверхні тари W , м ³ ·с	Кількість отворів на шприцевальних трубках для подачі лужного розчину n_1	Кількість отворів на ополіскувальних трубках для лужного розчину n_2	Кількість отворів на шприцевальних трубках для подачі води n_{el}	Кількість отворів на ополіскувальних трубках для подачі води n_{e2}
1	72	2,8 · 10 ⁵	0,68	0,25 · 10 ⁻⁵	84	104	136	116
2	70				80	102		112
3	68				76	100		108
4	66				72	96		104
5	64				68	92		100
6	62	2,7 · 10 ⁵	0,67	0,27 · 10 ⁻⁵	64	88	120	96
7	60				60	84		116
8	58				56	80		112
9	56				52	74		108
10	54				48	70		104
11	52	2,6 · 10 ⁵	0,66	0,28 · 10 ⁻⁵	44	64	100	74
12	50				40	60		96
13	48				38	56		92
14	46				36	52		88
15	44				34	48		84
16	42	2,4 · 10 ⁵	0,64	0,29 · 10 ⁻⁵	44	64	108	74
17	40				40	60		104
18	38				38	56		100
19	36				36	52		96
20	34				34	48		92
21	32	2,3 · 10 ⁵	0,63	0,30 · 10 ⁻⁵	44	64	100	74
22	30				40	60		96
23	28				38	56		92
24	26				36	52		88
25	24				34	48		84

Додаток Д

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 5 на тему:
“Розрахунок параметрів вакуумної та паровакуумної технологій обробки скляної тари”

№ п.п.	Глибина вакуумування P_2 , МПа	Об'єм газу в тарі V , м ³	Маса тари m_T , кг	$T_{пл}$, °С	T_1 , К	T_2 , К	Температура продукту, що фасується t_1 , °С	Температура тари t_2 , °С
1	0,06	0,2	0,05	5	300	420	2	16
2	0,05	0,23	0,06	6	310	440	4	
3	0,04	0,28	0,07	7	320	460	6	
4	0,03	0,3	0,08	8	330	480	8	
5	0,02	0,32	0,09	9	340	500	10	
6	0,01	0,37	0,1	10	350	520	12	15
7	0,005	0,4	0,15	11	370	540	14	
8	0,06	0,45	0,2	12	380	560	16	
9	0,05	0,48	0,25	13	390	580	18	
10	0,04	0,5	0,3	14	400	600	20	
11	0,03	0,51	0,35	15	410	620	22	17
12	0,02	0,53	0,4	16	420	640	24	
13	0,01	0,6	0,45	17	430	660	26	
14	0,005	0,65	0,5	18	440	680	28	
15	0,06	1	0,55	19	450	700	30	
16	0,05	1,25	0,6	20	470	720	32	18
17	0,04	1,35	0,65	21	480	740	34	
18	0,03	1,45	0,7	22	490	760	36	
19	0,02	1,55	0,75	23	500	780	38	
20	0,01	1,75	0,8	23	510	800	40	
21	0,005	2,08	0,85	25	520	820	42	19
22	0,04	2,35	0,9	26	530	840	44	
23	0,03	2,75	0,95	27	540	860	46	
24	0,02	3,25	1,00	28	550	880	48	
25	0,01	0,4	0,1	29	560	900	50	

Додаток Е

Індивідуальні завдання до практичної роботи № 6 на тему:
“Розрахунок технологічних параметрів операції
етикетування скляної тари ”

№ п.п.	Маса етикетки m_E , г	Маса контретикетки m_{KE} , г	Маса кольєретки m_K , г	α , град	Зусилля притискання пляшки до барабана q , Н
1	0,58	0,55	0,10	55	490
2	0,59	0,56	0,11	56	500
3	0,60	0,57	0,12	57	510
4	0,61	0,58	0,13	58	520
5	0,62	0,59	0,14	59	530
6	0,63	0,60	0,15	60	540
7	0,64	0,61	0,16	61	550
8	0,65	0,62	0,17	62	560
9	0,66	0,63	0,18	63	570
10	0,67	0,64	0,19	64	580
11	0,68	0,65	0,20	65	590
12	0,69	0,66	0,21	55	600
13	0,70	0,67	0,22	56	610
14	0,71	0,68	0,23	57	620
15	0,72	0,69	0,24	58	630
16	0,72	0,70	0,25	59	670
17	0,74	0,71	0,26	60	650
18	0,75	0,72	0,27	61	670
19	0,76	0,72	0,28	62	680
20	0,77	0,74	0,29	63	690
21	0,78	0,75	0,30	64	700
22	0,79	0,76	0,31	65	710
23	0,80	0,77	0,32	57	720
24	0,81	0,78	0,33	59	730
25	0,82	0,79	0,34	62	740

Перелік рекомендованої літератури

1. Гавва О. М., Кривопляс-Володіна Л. О., Токарчук С. В. та ін. Функціонально-модульне компонування пакувальних машин: монографія. – Київ: Сталь, 2015. – 547 с.
2. Гавва О. М., Беспалько А. П., Токарчук С. В. Сертифікація, гігієнічне забезпечення та метрологічна атестація пакувального обладнання : навч. посіб. / О. М. Гавва, А. П. Беспалько, С. В. Токарчук. – Київ : НУХТ, 2014. – 268 с.
3. Золотухіна К. І., Палюх О. О. Технології виготовлення паковань та етикеток. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. / К. І. Золотухіна, О. О. Палюх. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 62 с.
4. Кайнаш А. П., Будник Н. В. Товарознавство і пакування харчових продуктів : навч.-метод. посіб. / А. П. Кайнаш, Н. В. Будник. – Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2021. – 106 с.
5. Колосов О. Є. Технологія пакування та зберігання пакованої продукції: навч. посіб. / О. Є. Колосов. – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 86 с.
6. Колосов О. Є. Технологія пакування та зберігання пакованої продукції. Самостійна робота студентів : навч. посіб. / О. Є. Колосов. – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2018. – 54 с.
7. Конвісер І.О., Болілий О.С. Наукові основи зберігання харчових продуктів: навч. посіб. – К.: КНТЕУ, 2001. – 236 с.
8. Кохан О. О., Камбулова Ю. В. Тенденції в пакувальних матеріалах для органічних харчових продуктів : монографія. – Київ : НУХТ, 2024. – 76 с.
9. Осика В. А., Коптюх Л. А. Паперові пакувальні матеріали : моногр. – Київ : Київський нац. торг.-економ. ун-т, 2018. – 464 с.
10. Остапенко Ж. І., Шафаренко М. В., Косова В. П. Сучасні матеріали та обладнання для пакування лікарських форм. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ж. І. Остапенко, М. В. Шафаренко, В. П. Косова. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. — 72 с.
11. Святненко Р. С., Маринін А. І., Пасічний В. М. Сучасні пакувальні технології в харчовій промисловості : монографія. – Київ : НУХТ, 2024. – 92 с.
12. Товажнянський Л. Л., Іванов С. О., Кір'ян В. І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах : підручник. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. – 144 с.

Технологія пакування і зберігання пакованої продукції [Текст] :
Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми
«Прикладна механіка» галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131
Прикладна механіка усіх форм навчання / уклад. О. М. Залета. – Луцьк :
ЛНТУ, 2025. – 56 с

Комп'ютерний набір
Редактор

О. Залета
О. Залета

Підп. до друку «_____»_____ Формат 60×84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 2,5.
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу і промоції
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75

