

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**О.М. Прохоров  
В.М. Таран  
О.І. Петрікей**

**Технологічне обладнання галузі**

**ПРАКТИКУМ**

для студентів спеціальності 6.091700  
“Технологія бродильних виробництв і виноробства”  
денної та заочної форм навчання  
напряму 0917 “Харчова технологія та інженерія”

Схвалено на засіданні  
кафедри МАХВ  
як практикум  
Протокол №3  
від 28 вересня 2007 р.

**Київ – 2008**

Практикум з дисципліни: “Технологічне обладнання галузі” для студентів спеціальності 6.091700 “Технологія бродильних виробництв і виноробства” денної та заочної форм навчання. О.М. Прохоров, В.М. Таран, О.І. Петрікей. – К.: НУХТ, 2008. - 81 с.

Рецензент: **С.О. Удодов**, доц., к.т.н.

Укладачі:

О.М. ПРОХОРОВ, доц., к.т.н.

В.М. ТАРАН, проф., д.т.н.

О.І. ПЕТРІКЕЙ, асис.

Відповідальний за випуск: **В.М. Таран**, проф., д.т.н.

**Видання подається в авторській редакції**

## Зміст

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                            | 4  |
| Методичні рекомендації .....                                           | 6  |
| 1. Розрахунок бункера – живильника .....                               | 7  |
| 2. Розрахунок валкової дробарки – гребневіддільника .....              | 14 |
| 3. Розрахунок відстійника .....                                        | 19 |
| 4. Розрахунок вентиляторної миючої машини .....                        | 26 |
| 5. Розрахунок бродильного апарату .....                                | 31 |
| 6. Розрахунок підігрівача мезги .....                                  | 38 |
| 7. Розрахунок апарату для отримання концентрованого суслу бекмес ..... | 47 |
| 8. Розрахунок установки УПКС для отримання коньячного спирту .....     | 54 |
| 9. Розрахунок винного сатуратора .....                                 | 63 |
| 10. Розрахунок пастеризаційна – охолоджувальної установки .....        | 70 |
| Література .....                                                       | 76 |
| Додатки .....                                                          | 77 |

## Вступ

Дисципліна "Технологічне обладнання галузі" займає особливо важливе значення в завершенні професійної підготовки спеціалістів в галузі виноробного виробництва.

*Мета вивчення даного курсу* – підготовка студентів до виробничо-технічної, проектно-конструкторської й наукової діяльності, яка пов'язана з експлуатуванням і обслуговуванням машин, використання знань отриманих при вивченні фундаментальних і загально професійних дисциплін для рішення інженерних задач.

В результаті вивчення даної дисципліни студент повинен мати уяву:

- про основні проблеми науково-технічного прогресу в галузі виноробства;
- про технологічне обладнання галузі (класифікація, принцип дії, особливості експлуатування і обслуговування, шляхи й перспективи розвитку);
- про основи компоновання поточкових ліній;
- про проблеми раціонального використання сировини, теплової і електричної енергії;
- про проблеми підвищення якості готової продукції;
- про основи проектування технологічного обладнання.

Студент повинен знати та уміти використовувати:

- прогресивні методи експлуатування і обслуговування технологічного обладнання;
- методики оцінювання причин виникнення дефектів і браку випусканої продукції;
- виконувати основні розрахунки технологічного обладнання;
- методи компоновки технологічного обладнання;
- оцінювати сталість та надійність технологічного процесу.

Студент повинен уміти:

- проводити теоретичні та експериментальні дослідження в області технологій і технологічного обладнання;
- знаходити оптимальні та раціональні технічні режими експлуатування обладнання;
- вибирати технологічне обладнання по основним техніко-економічним параметрам;
- оцінювати технічний стан обладнання;
- виконувати основні розрахунки технологічного обладнання галузі;
- удосконалювати та оптимізувати діюче технологічне обладнання на основі аналізу якості сировини й вимог до кінцевого продукту;

- розробити заходи по ліквідації дефектів і браку випусканої продукції;
- проводити системний аналіз рівня й напрямку удосконалення роботи технологічної лінії.

Студент повинен мати навички:

- оцінки експлуатаційних можливостей технологічного обладнання;
- технічного контролю по дотримуванню режиму роботи обладнання в умовах працюючого виробництва.

Практикум по курсу «Технологічне обладнання галузі» призначений для студентів спеціальності 6.061704 "Технологія бродильних виробництв і виноробства".

**Мета учбового посібника** — систематизувати знання по технологічному обладнанню виноробних підприємств, поглибити фахово-інформаційні знання й дати сучасну методику розрахунку конкретного типу обладнання

По учбовому плану передбачено 36 годин на розрахунково-практичні роботи. У кожній роботі приведені поглиблені фахові основи технологічного процесу, класифікація обладнання, будова й принцип дії обладнання, вихідні дані й методику розрахунку, варіанти індивідуальних завдань, контрольні питання для самостійної підготовки, необхідні довідникові дані й список літератури.

Структура посібника відповідає вимогам, що пред'являються до методики викладення учбового матеріалу, й забезпечує умови для самостійної роботи студентів.

## Методичні рекомендації

У восьмому семестрі (3 – 4 чверті) передбачено виконання 10 задач по дисципліні "Технологічне обладнання галузі". Умови задач і вихідні дані до їх виконання приведені в таблицях 1-10. Кожна задача має 100 варіантів вихідних даних. Викладач видає студенту певний варіант для всіх задач, або для кожної задачі окремий варіант. Наприклад, варіант 5 Б відповідає рядку 5 та Б у всіх таблицях вихідних даних.

При оформленні розрахункової роботи студент керується наступними вимогами:

1. Розрахункова робота виконується згідно виданому завданню. В іншому випадку задача не зараховується, й повертається для доопрацювання відповідно даним вимогам.
2. Розрахункові роботи виконуються на окремих аркушах паперу. По зовнішнім краям аркушів передбачається поля шириною 5 і 20 мм.
3. Титульна сторінка оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт.
4. Звіт по розрахунковій роботі містить розділи, що наведені у кожній задачі.
5. На початку розрахункової частини переписується умова задачі з власними вихідними даними.
6. При розрахунку обладнання необхідно записати формулу, по якій виконується розрахунок, потім підставити значення та обрахувати результат.
7. Розрахунки ведуться в системі одиниць (СИ).
8. У випадку відсутності деяких даних для рішення задачі, студент повинен їх вибрати самостійно з обов'язковою мотивацією прийнятого рішення, й указати джерела, по якому ці дані отримані.
9. Кожна розрахункова робота виконується згідно графіка учбового процесу.
10. Кожна розрахункова робота, по ступеню складності, оцінена в балах.
11. Кожна розрахункова робота повинна бути захищена на протязі 2-х тижнів після її виконання.
12. Розрахункова робота вважається захищеною, коли студент набирає 60% від максимальної кількості балів.
13. При не захисті однієї із запропонованих розрахункових робіт модуль по практичним заняттям вважається не виконаний, і студент залишається на повторний курс.

## 1. Розрахунок бункерів-живильників

### 1.1. Фахово-інформаційна частина

Після зважування й відбору середньої проби виноград вивантажується в приймальний бункер-живильник.

В оптимальних умовах переробки виноград вивантажується безпосередньо в бункер-живильник, який розташований над дробаркою або пресом і живлення, яких можна регулювати транспортуючим пристроєм. Бункери-живильники можуть бути оснащені наступними транспортуючими пристроями: шнековими, стрічковими, скребковими або пневматичними. Стрічкові, скребкові й пневматичні живильники використовуються в лініях переробки винограду при розміщенні дробильного обладнання вище рівня приймальної площадки винзаводу та при прийманні винограду в м'якій тарі.

Найбільше впровадження знайшли шнекові бункери-живильники. Вони дозволяють приймати виноград з любых транспортуючих пристроїв, і вони відповідають майже усім вимогам виробництва.

**Приймальні шнекові бункери-живильники поділяються на наступні типи:**

- з повздовжнім і поперечним розташуванням шнека відносно стіни дробильно-пресового цеху;
- оснащені одним або декількома шнеками; виготовлені із залізобетону або металу.

Основна перевага бункерів-живильників з повздовжнім розташуванням шнека відносно стіни дробильно-пресового цеху можливість одночасного розвантажування одного або декількох автомобілів.

Використання металу при виготовленні бункера-живильника забезпечує меншу механічну дію на виноград, і не залежить сировина на стінках бункера.

Основним робочим органом, що значно впливає на ягоди винограду в бункері являється шнек. Чим більший діаметр шнеку й менша частота його обертання, тим менше подрібнюються ягоди при транспортуванні. Оптимальне значення діаметру шнека 300-450 мм і частота його обертання 7-16 об/хв.

Не бажану дію на якість винограду справляє термін знаходження винограду у бункері. Тому час знаходження винограду у бункері повинен бути мінімальним і не перевищувати 0,5 години.

При транспортуванні винограду на підприємство переробки на дні контейнера накопичується 2 – 7 днів на тоні транспортуючої сировини сильно переокисленого, збагаченого пестицидами й частинками ґрунту сусла, яке значно погіршує якість кінцевого продукту. Тому на стадії розвантажування для вилучення цього сусла використовуються бункери-живильники з двійним днищем. Перше днище перфороване й служить для відведення переокисленого сусла.

Мінімальна ємність приймального бункера повинна бути рівна максимальній ємності кузова самоскиду або контейнеру, що доставляють виноград на переробку з додаванням об'єму 3 – 5 хвилинної продуктивності дробильної машини.

На даний час серійно випускаються шнекові приймальні бункери-живильники продуктивністю від 5 до 100 т/год.

Для покращення роботи бункерів-живильників можна рекомендувати такі напрямки:

- мінімальна механічна дія на виноград;
- використання нержавіючих харчових сталей;
- підвищення надійності роботи та зниження трудоемності обслуговування бункерів;
- впровадження легко переміщуваних конструкцій бункерів;
- використання пристроїв, які полегшують і прискорюють розвантаження винограду в бункер;
- якість виготовлення бункерів-живильників.

## 1.2. Розрахункова частина

**Мета роботи:** вивчення будови, принципу дії, фахово-інформаційних даних і отримання практичних навичок по розрахунку приймальних бункерів-живильників.

**Завдання:** виконати розрахунок приймального бункера-живильника.

## 1.3. Методика розрахунку бункера-живильника

Вихідні дані:

|                                                     |                                                 |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| - Продуктивність                                    | $A = 27\,000$ т/сезон                           |
| - Кількість сортів винограду                        | 5                                               |
| - Коефіцієнт нерівномірності поступлення винограду  | $K = 1,2$                                       |
| - Коефіцієнт використання обладнання                | $\varphi = 0,8$                                 |
| - Час технологічного циклу розвантаження автомобіля | 5 хв.                                           |
| - Маса винограду в контейнері                       | $G_k = 4$ т                                     |
| - Коефіцієнт заповнення бункера                     | $\varphi_1 = 0,75$                              |
| - Час знаходження винограду в бункері               | 20 хв.                                          |
| - Розміри бункера-живильника                        | $a \times b \times h = 1 \times 1,2 \times 0,8$ |
| - Приставка бункера                                 | $l = 2$ м                                       |
| - Число обертів шнека                               | $n = 10$ об/хв.                                 |
| - Крок шнека                                        | $S = 280$ мм                                    |
| - Коефіцієнт заповнення шнека                       | $\zeta = 0,8$                                   |
| - Діаметр вала шнека                                | $d = 140$ мм                                    |
| - Коефіцієнт опору переміщення винограду            | $\omega = 1,3$ кВт/м                            |
| - Коефіцієнт потужності холостого ходу              | $k = 0,78$                                      |
| - Час роботи приймального відділення                | $t = 10$ год.                                   |
| - Період заготовки винограду                        | $T = 20$ діб                                    |

### 1. Розрахунок кількості винограду:

- що переробляється по «білому» способу:

$$A_1 = A \cdot \frac{70}{100} = 27000 \cdot \frac{70}{100} = 18900 \text{ т/сезон}$$

- що переробляється по «червоному» способу:

$$A_2 = A \cdot \frac{30}{100} = 27000 \cdot \frac{30}{100} = 8100 \text{ т/сезон}$$

### 2. Добова кількість винограду:

- що переробляється по «білому» способу:

$$A_q^1 = \frac{A_1}{T} = \frac{18900}{20} = 945 \text{ т/год.}$$

- що переробляється по «червоному» способу:

$$A_q^2 = \frac{A_2}{T} = \frac{8100}{20} = 405 \text{ т/добу}$$

### 3. Годинна продуктивність:

$$A_r = \frac{A_q \cdot k}{t} = \frac{945 \cdot 1.2}{10} = 113.4 \text{ т/год.}$$

### 4. Максимальна часова продуктивність лінії:

$$A_r^{\max} = \frac{A_r}{\phi} = \frac{113.4}{0.8} = 141.75 \text{ т/год.}$$

### 5. Час розвантаження 1 машини:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{зв}} + \tau_{\text{прот}} + \tau_{\text{руху}} + \tau_{\text{розв}} = 2.5 + 1.5 + 2 + 5 = 11 \text{ хв}$$

### 6. Кількість машин, що розвантажуються протягом 1 години:

$$n' = \frac{60}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{60}{11} = 5.5 \text{ машини}$$

7. Грузопідйомність транспортного засобу:  $G_k = 4 \text{ т}$

8. Кількість винограду, що розвантажується за 1 год.:

$$G = n' \cdot G_k = 5.5 \cdot 4 = 21.8 \text{ т/год}$$

Це продуктивність по розвантаженню.

9. Розрахунок кількості приймальних пунктів (потоків), враховуючи, що кожен сорт винограду приймають в окремий бункер:

$$A_r \frac{\text{max}}{\text{сорт}} = \frac{A_r^{\text{max}}}{\text{кіль. сортів}} = \frac{141,75}{5} = 28,3 \text{ т/год}$$

$$m = \frac{A_{\text{рссор}}^{\text{max}}}{G} = \frac{28,3}{21,8} = 1,3 \approx 2$$

Приймаємо, що  $m$  – кількість бункерів для кожного сорту винограду дорівнює 2.

Усього необхідно  $2 \times 5 = 10$  ліній.

Дійсна продуктивність:

$$G_{\text{дійсна}} = \frac{A_{\text{рссор}}^{\text{max}}}{m} = \frac{28,3}{2} = 14,2 \text{ т/год}$$

Тобто кожна лінія повинна переробляти 14,2 т/год. кожного сорту винограду.

10. Визначення  $\min$  і  $\max$  об'ємів приймального бункера:

За 1 завантаження бункер повинен умістити  $G_k$

$$V_{\min} = \frac{G_k}{\varphi_1 \cdot \rho} = \frac{4}{0,75 \cdot 0,6} = 8,89 \text{ м}^3$$

$$V_{\max} = \frac{G_{\text{дійсна}} \cdot \tau}{60 \cdot \rho \cdot \varphi_1} = \frac{14,2 \cdot 20}{60 \cdot 0,6 \cdot 0,75} = 10,5 \text{ м}^3$$

$$8,89 < V < 10,5$$

11. Кількість машин, які повинні бути розвантажені протягом 1 год.  
(дійсне значення):

$$n'' = \frac{G_{\text{дійсне}}}{G_k} = \frac{14.2}{4} = 3.55$$

Дійсний цикл розвантаження:

$$\tau'_u = \frac{60}{3.55} = 17 \text{ хв}$$

12. Продуктивність шнека (має бути меншою ніж  $G_g$ ):

$$\frac{(G_g - G_{\text{шн}})t}{\rho \cdot \varphi_1} = V_{\text{max}}$$

$$G_{\text{шн}} = G_{\text{дійсне}} - \frac{V_{\text{max}} \cdot \rho \cdot \varphi_1}{t} = 14.2 - \frac{10.5 \cdot 0.6 \cdot 0.75}{10} = 13.73 \text{ т/год}$$

13. Бункер – живильник:

$$1 \times 1.2 \times 0.8 = a \times b \times h$$

Геометричний об'єм бункера:

$$V = \frac{1}{2} F \cdot h = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot h = \frac{1}{2} a \cdot 1.2a \cdot 0.8a = 0.48 a^3$$

Визначасмо мінімальні розміри бункера – живильника:

$$a = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{min}}}{0.48}} = \sqrt[3]{\frac{8.89}{0.48}} = 2.65 \text{ м}$$

$$h = 0.8a = 0.8 \cdot 2.65 = 2.12 \text{ м}$$

$$b = 1.2a = 1.2 \cdot 2.65 = 3.18 \text{ м}$$

14. Продуктивність шнека:

$$П = 47,1 \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho_b \cdot \varphi \cdot c \text{ [кг/год]},$$

де  $c$  – кут нахилу шнека, 0,8

$$D^2 - d^2 = \frac{\Pi}{47,1 \cdot S \cdot n \cdot \rho_b \cdot \varphi \cdot c}$$

$$D^2 - d^2 = \frac{13,75 \cdot 10^3}{47,1 \cdot 0,28 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 600 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 0,271$$

$$D = \sqrt{d^2 + 0,43} = \sqrt{0,14^2 + 0,27} = 0,539 \text{ м}$$

$$D = 539 \text{ мм} = 0,54 \text{ м}$$

15. Потужність приводу шнека:

$$N = \frac{0,01 \cdot \Pi c \cdot L \cdot W \cdot 1}{k},$$

де  $\Pi c$  – секундна продуктивність шнека

$$L = b + l = 3,18 + 2 = 5,18$$

$$N = 0,01 \frac{13,73 \cdot 1000}{3600} \cdot 7,16 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{0,78} = 0,455 \text{ кВт}$$

16. Продуктивність стрічкового транспорту:

$B$  – ширина стрічки,  $\alpha$  – кут природного відкосу

$$\frac{bc}{ac} = \operatorname{tg} \alpha, \quad h = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \alpha,$$

$$F \text{ – площа стрічки, } F = 2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{B^2}{2} \operatorname{tg} \alpha,$$

$$\Pi = F \cdot v \cdot \rho, \quad v = 1,3 \text{ м/с}$$

$$\Pi = \frac{B^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} v \rho = 155 B^2 \cdot v \cdot \rho = 155 \cdot 0,5^2 \cdot 2,5 \cdot 600 = 58125 \text{ кг/год}$$

### Індивідуальні завдання по розрахунку бункера – живильника

| Варіант                                                 | 1      | 2         | 3         | 4          | 5           | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         |
|---------------------------------------------------------|--------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| І                                                       | 2      | 3         | 4         | 5          | 6           | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         |
| Продуктивність, т/сезон                                 | 2500   | 2700      | 3000      | 4000       | 5000        | 10000      | 15000      | 20000      | 30000      | 40000      |
| Коефіцієнт нерівномірного поступлення винограду         | 1,5    | 1,45      | 1,4       | 1,35       | 1,3         | 1,25       | 1,2        | 1,15       | 1,1        | 1,05       |
| Коефіцієнт використання обладнання                      | 0,5    | 0,55      | 0,6       | 0,65       | 0,7         | 0,75       | 0,8        | 0,85       | 0,9        | 0,95       |
| Маса винограду в контейнері, т                          | 2      | 2,2       | 2,5       | 2,7        | 3,0         | 3,2        | 3,5        | 4,0        | 4,2        | 4,5        |
| Коефіцієнт заповнення бункера                           | 0,6    | 0,65      | 0,7       | 0,72       | 0,75        | 0,8        | 0,82       | 0,85       | 0,9        | 0,95       |
| Приставка бункера, $l, м$                               | 1,0    | 1,2       | 1,4       | 1,6        | 1,7         | 1,8        | 2,0        | 2,2        | 2,25       | 2,5        |
| Крок шнеку $S, мм$                                      | 150    | 160       | 180       | 200        | 225         | 250        | 275        | 300        | 325        | 350        |
| Коефіцієнт заповнення шнеку, $\phi$                     | 0,75   | 0,76      | 0,78      | 0,79       | 0,80        | 0,81       | 0,84       | 0,85       | 0,88       | 0,9        |
| Діаметр валу шнека, $d, мм$                             | 100    | 110       | 120       | 125        | 130         | 135        | 140        | 145        | 150        | 160        |
| Коефіцієнт опору переміщення винограду, $\omega, кВт/м$ | 1,05   | 1,1       | 1,15      | 1,2        | 1,25        | 1,3        | 1,35       | 1,4        | 1,45       | 1,5        |
| І                                                       | 2      | 3         | 4         | 5          | 6           | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         |
| Коефіцієнт потужності холостого ходу, $k$               | 0,6    | 0,62      | 0,64      | 0,68       | 0,7         | 0,72       | 0,74       | 0,76       | 0,78       | 0,80       |
| Варіант                                                 | а      | б         | в         | г          | д           | е          | ж          | з          | и          | к          |
| Кількість сортів винограду                              | 1      | 2         | 3         | 4          | 5           | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          |
| Час технологічного циклу розвантаження автомобіля, хв   | 1:10,5 | 1:1,10,55 | 1:1,2:0,6 | 1:1,25:0,7 | 1:1,25:0,65 | 1:1,3:0,75 | 1:1,35:0,8 | 1:1,4:0,85 | 1:1,45:0,9 | 1:1,5:0,95 |
| Число обертів шнеку, об/хв.                             | 5      | 6         | 7         | 8          | 9           | 10         | 11         | 12         | 13         | 15         |

### 1.4. Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить наступні розділи:

- класифікація бункерів-живильників;

- будова й принцип дії приймальних бункерів-живильників;
- вимоги до експлуатування;
- розрахункова частина, в якій міститься розрахунок бункерів-живильників по запропонованому варіанту.

### 1.5. Контрольні питання

1. Класифікація бункерів-живильників.
2. Будова й робота приймального бункера-живильника.
3. Фактори, що впливають на якість отриманого суслу від умов перебування в бункерах-живильниках.
4. Від яких факторів залежить продуктивність приймальних бункерів-живильників?
5. Перерахуйте основні напрямки, що підвищують ефективність роботи бункерів-живильників.
6. Переваги приймальних бункерів-живильників шнекового типу розташованих повздовж приймального пресового відділення винзаводу.
7. Від чого залежить кількість приймальних бункерів-живильників?
8. Умови визначення продуктивності шнеку бункера-живильника?
9. Пристрої для підймання контейнерів з виноградом.
10. Вимоги, що пред'являються до експлуатації і обслуговування приймальних бункерів-живильників.