

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки
до виконання розділу

РОЗРАХУНОК ВАКУУМ-ВИПАРНОГО АПАРАТУ

випускної кваліфікаційної роботи РВО «Бакалавр»

Для студентів стаціонару та заочної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри обладнання та
інжинірингу переробних і харчових
виробництв
Протокол № 7 від 23. 02.2021р.

Затверджено
на засіданні методичної ради
ННІ ПХВ ХНТУСГ
Протокол № 6 від 25.02.2021р.

Харків – 2021

**П.В.Гурський, О.В.Богомолів, С.А.Денисенко,
С.Г.Іващенко, В.С.Шерстюк**

Розрахунок вакуум-випарного апарату: Методичні вказівки до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи рівня вищої освіти «Бакалавр» студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ХНТУСГ, 2021. - 16 с.

Рецензенти:

Михайлов В.М., доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи (Харківський державний університет харчування та торгівлі)

Артёмов М.П., доктор технічних наук, професор, зав.кафедри оптимізації технологічних систем ім. Т.П. Євсюкова (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Метою методичних вказівок є сприяння швидкому та якісному виконанню розділу випускної кваліфікаційної роботи РВО «Бакалавр» студентами денної та заочної форми навчання з галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» в межах освітньої програми «Інженерія переробних і харчових виробництв».

У методичних вказівках запропоновано структуру випускної кваліфікаційної роботи, вихідні дані, методику розрахунку технологічного обладнання та список літератури для виконання інших розділів.

© Гурський П.В., Богомолів О.В., Денисенко С.А., Іващенко С.Г., Шерстюк В.С.,2021

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.,2021

ПЕРЕДМОВА

Випускна кваліфікаційна робота РВО «Бакалавр» з обладнання харчових виробництв є самостійною узагальненою роботою студента після опанування дисциплін циклу загальної підготовки та циклу дисциплін професійної та практичної підготовки.

Завдання до кваліфікаційної роботи полягає в систематизації та закріпленні знань студентів, які отримані на лекціях, лабораторних і практичних заняттях, у формуванні умінь самостійно вирішувати питання оцінювання технічних даних технологічного обладнання, його розрахунку, прийняття конкретних конструктивних рішень, у формуванні творчої ініціативи, при компонуванні окремих вузлів та машини в цілому.

В процесі виконання випускної кваліфікаційної роботи студенти набувають практичного досвіду опрацювання науково-технічної і нормативної документації опанування методик виконання інженерних розрахунків, набувають початкових навиків виконання науково-дослідної роботи.

Під час виконання завдань випускної кваліфікаційної роботи з галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» в межах освітньої програми «Інженерія переробних і харчових виробництв» у студентів розвивається креативне мислення, формуються:

Загальні компетентності:

ЗК1 Здатність застосовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК2 Здатність використовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3 Здатність навчатися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК4 Здатність працювати самостійно та у складі команди, мотивуючи на досягнення спільної мети.

ЗК5 Здатність шукати та опрацьовувати інформацію з різних джерел.

ЗК6 Здатність спілкуватися державною фаховою мовою як усно, так і письмово.

ЗК7 Здатність ухвалювати обґрунтовані рішення.

ЗК8 Здатність працювати з іншомовною технічною документацією та спілкуватись іноземною мовою.

Фахові компетентності спеціальності:

ФК 1. Здатність застосовувати знання фундаментальних і прикладних наук в теорії і практиці обслуговування та експлуатації обладнання переробних і харчових виробництв.

ФК 2. Здатність виявляти, оцінювати і реалізовувати раціональні технології в контексті обслуговування та експлуатації обладнання переробних і харчових виробництв.

ФК 3. Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування.

ФК 4. Здатність використання інформаційних технологій та програмного забезпечення для теорії і практики обслуговування та експлуатації обладнання переробних і харчових виробництв.

ФК 5. Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.

ФК 6. Здатність до просторового графічного представлення технічних систем.

ФК 7. Здатність використовувати інженерні навички для перетворення місцевих природних ресурсів в продукти або послуги

ФК 8. Здатність вирішувати перспективні завдання сучасного виробництва, спрямовані на задоволення потреб споживачів.

ФК 9. Здатність визначати техніко-економічну ефективність машин, процесів, технологічного обладнання переробних і харчових виробництв й організації галузевого машинобудування та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів і методів комп'ютерного проектування.

ФК 10. Здатність розуміти і враховувати правові, соціальні, екологічні, етичні, економічні й комерційні обмеження та ризики, реалізуючи технічні рішення.

ФК 11. Здатність демонструвати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках.

ФК 12. Здатність використовувати знання на засадах комерційної та економічної діяльності.

ФК 13. Здатність розробляти плани й проекти, спрямовані на досягнення поставленої мети і зорієнтовані на наявні ресурси.

ФК 14. Здатність застосовувати норми галузевих стандартів з експлуатації і обслуговування обладнання.

ФК 15. Здатність використовувати знання в розв'язуванні завдань з підвищення надійності технологічного обладнання, якості продукції та її контролю.

ФК 16. Здатність використовувати знання для вибору конструкційних матеріалів, технологічного обладнання, технологічного процесу.

Методичні рекомендації містять необхідні розрахункові формули та систематизовані дані основних розрахунків технологічного обладнання за 10-варіантною схемою і забезпечують виконання розділу 3 «Розрахунок і підбір обладнання» випускної кваліфікаційної роботи. Виконання інших розділів слід виконувати, дотримуючись в основному рекомендацій, викладених в посібниках [1, 2, 3, 5, 8, 10].

Обсяг випускної кваліфікаційної роботи

Випускна кваліфікаційна робота РВО «Бакалавр» складається з пояснювальної записки обсягом 50...60 сторінок тексту в комп'ютерному наборі на аркушах формату А4 (210×297 мм) і графічної частини у форматі комп'ютерної презентації обсягом 5...6 слайдів.

Зміст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи

Найменування розділів	К-ть стор.
Вступ	5-6
1 Аналіз технологічного процесу виробництва продукту	8-10
2 Характеристика апаратурно-технологічної схеми	8-10
3 Розрахунок і підбір обладнання	8-10
4 Будова і принцип дії обладнання	8-10
5 Експлуатація та технічне обслуговування обладнання	8-10
6 Охорона та безпека праці	5-6
Висновки	1-2
Список використаних джерел	2-3
Додатки	

Для виконання розрахунків даного обладнання студент повинен творчо попрацювати з технічною та спеціальною літературою для знаходження окремих коефіцієнтів, привести усі одиниці у відповідність з системою СІ.

Титульний лист випускної кваліфікаційної роботи оформлюється згідно з додатком А.

Завдання до випускної кваліфікаційної роботи оформлюється згідно з додатком Б.

Слайди презентації роздруковуються та розміщуються в пояснювальній записці в розділі Додатки.

Розрахунок вакуум-апарата

Вихідні дані:

Продуктивність по випареній волозі: $W=2000$;

Тиск робочої пари: $P=0,75$ МПа;

Температура кипіння молока:

у першому корпусі – $t_{k1}=70^{\circ}\text{C}$;

у другому корпусі – $t_{k2}=52^{\circ}\text{C}$;

Температура гріючої пари:

першого корпусу – $t_{rp1}=86^{\circ}\text{C}$;

другого корпусу – $t_{rp2}=50^{\circ}\text{C}$;

Концентрація сухої речовини:

у вихідному продукті – $X_n=12\%$

у кінцевому продукті – $X_k=35\%$

Витрати молока, яке поступає на випарювання по формулі:

$$G = \frac{W}{\left(1 - \frac{C_n}{C_k}\right)}, \quad (1)$$

де W – кількість випареної вологи, кг/год;

C_n –початкова концентрація суміші, %;

C_k –кінцева концентрація суміші, %.

Кількість випареної вологи в першому корпусі (рис.1)

$$W_1 = \frac{W \cdot 1}{(1 + 1,1)} \quad (2)$$

Кількість випареної вологи в другому корпусі

$$W_2 = \frac{W \cdot 1,1}{(1 + 1,1)} \quad (3)$$

Концентрація суміші на виході з першого корпусу

$$C_1 = \frac{G \cdot C_n}{G - W_1}, \quad (4)$$

де C_n – початкова концентрація суміші, %;
 W_1 – кількість випареної вологи в першому корпусі, кг/год.

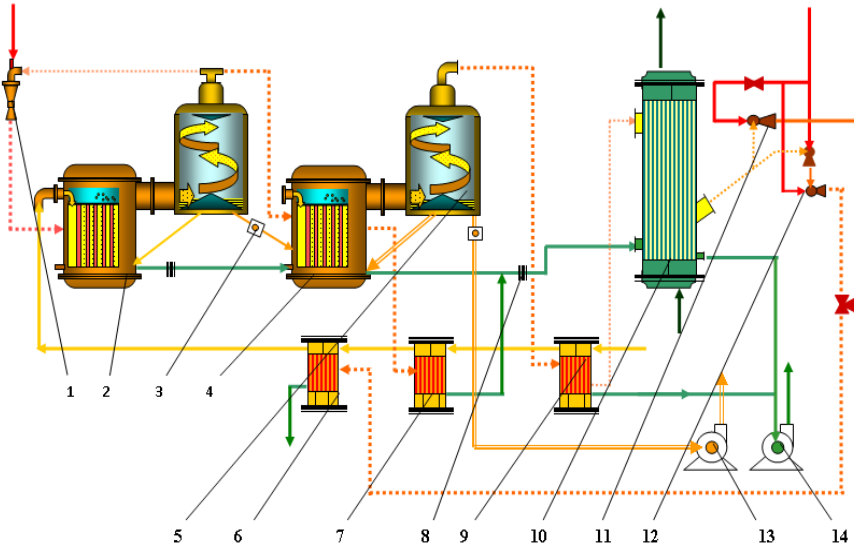


Рис. 1 Функціональна схема вакуум-випарювальної установки Віганд-2000 1 – термокомпресор; 2 – калоризатор 1-го корпусу; 3 – клапан перепускний; 4 – калоризатор 2-го корпусу; 5 – паровіддільник 2-го корпусу; 6 – 3-й підігрівач; 7 - 2-й підігрівач; 8 – дросельна шайба; 9 - 1-й підігрівач; 10 – конденсатор; 11 – головний інжектор; 12 – допоміжний інжектор; 13 – насос для згущеного молока; 14 – насос для конденсату

Концентрація суміші на виході з другого корпусу

$$C_2 = \frac{G \cdot C_n}{G - (W_1 + W_2)}, \quad (5)$$

де C_n – початкова концентрація суміші, %;
 W_1 – кількість випареної вологи в першому корпусі, кг/год;
 W_2 – кількість випареної вологи в другому корпусі, кг/год.

Витрати тепла в першому корпусі

$$Q_1 = \frac{W_1}{3600} \cdot r_1, \quad (6)$$

де W_1 —кількість випареної вологи в першому корпусі, кг/год;

r_1 —питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Витрати тепла в другому корпусі

$$Q_2 = \frac{W_2}{3600} \cdot r_2 - \frac{G_1}{3600} \cdot c_1(t_1 - t_2), \quad (7)$$

де W_2 —кількість випареної вологи в другому корпусі, кг/год;

r_2 —питома теплота пароутворення, кДж/кг;

G_1 —кількість молока, яке подається в установку, кг;

c_1 —теплоємність молока, кДж;

t_1, t_2 —температура кипіння продукту по корпусах, °С.

Витрати гріючої пари на випарювання

$$D = \frac{W_1 r - G \cdot c_1(t_n - t_\kappa)}{(i_{gp} - c_\kappa t_\kappa) \eta}, \quad (8)$$

де W_1 —кількість випареної вологи в першому корпусі, кг/год;

r —питома теплота пароутворення, кДж/кг;

G —кількість молока, яке подається в установку, кг;

c_1 —теплоємність молока, кДж;

i_{gp} —ентальпія гріючої пари, Дж/кг;

t_n —початкова температура продукту, °С;

t_κ —температура кипіння продукту в корпусі, °С;

η —коефіцієнт втрат тепла.

Втрати пари при інжекції

$$D_o = \frac{D_{ep}}{1 + u}, \quad (9)$$

де u – коефіцієнт інжекції, приймається 0,8.

Питомі витрати пари

$$d = \frac{D_o}{W}, \quad (10)$$

де D_o – втрати пари при інжекції, кг/год.

Витрати охолоджувальної води для конденсації вторинної пари

$$m_e = \frac{m_{n,k} \cdot (i_{e,n} - c_k \cdot t_k)}{c_e \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (11)$$

де $m_{n,k}$ – маса пари, що конденсується, кг;
 $i_{e,n}$ – ентальпія вторинної пари, Дж/кг;
 t_1 – початкова температура води, °С;
 t_2 – кінцева температура води, °С;
 c_e – теплоємність води, кДж;
 c_k – теплоємність конденсата, кДж;
 t_k – температура конденсата, °С;

Коефіцієнт теплопередачі теплопередачі по корпусах

$$K_1 = 1800 \cdot 1,63 = 2934 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$K_2 = 1000 \cdot 1,63 = 2630 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Загальний температурний напор в установці

$$\Delta t_{заг} = t_{ep1} - t_{ep2}, \quad (12)$$

де t_{ep1} , t_{ep2} – температура грійної пари по корпусах, °С.

Фактичний температурний напор в установці

$$\Delta t_{\phi} = \Delta t_{заг} - \sum \Delta t_{\theta}, \quad (13)$$

де $\sum \Delta t_{\theta}$ —сума температурних депресій, °С.

Поверхня нагрівання в першому корпусі

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t}, \quad (14)$$

де Q_1 —втрати тепла, Вт;

K_1 —коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

Δt —різниця температур між гріючою парою і продуктом, °С.

Поверхня нагрівання в другому корпусі

$$F_2 = \frac{Q_2}{K_2 \cdot \Delta t}, \quad (15)$$

де Q_2 —втрати тепла, Вт;

K_2 —коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

Δt —різниця температур між гріючою парою і продуктом, °С.

Загальна поверхня нагрівання в установці

$$F_{заг} = F_1 + F_2 \quad (16)$$

Об'єм паровідділювача визначається за формулою:

$$V_n = \frac{V_{em} \cdot W}{A}, \quad (17)$$

де V_{em} —питомий обсяг вторинної пари, м³/кг;

W —кількість випареної вологи, кг/год;

A —допустиме напруження об'єму.

Література

1. Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомолів В.П. Курсове та дипломне проектування обладнання харчових і переробних підприємств. Х.:–Еспада, 2004. 432с.

2. Монтаж, ремонт, наладка обладнання молочної промисловості / Гурський П.В., Перцевий Ф.В.,Тіщенко Л.М., Богомолів О.В. та ін. За ред. Перцевого Ф.В., Гурського П.В. – Харків: ХДУХТ – 2001.– 230 с.

3. Курсове та дипломне проектування: Оформлення записки та графічної частини згідно з ЄСКД. Навчальний посібник. / Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А., Токолов Ю.І., Шерстюк В.С., Маніло В.Л. ХНТУСГ. –Харків: 2010. –150 с.

4. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г.Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. За ред. доктора технічних наук, професора Мирончука В.Г. – Вінниця : Нова книга, 2007 – 648 с.

5. Експлуатація обладнання та машин переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. / Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А., Токолов Ю.І., Шерстюк В.С., Маніло В.Л. Харків: «Міська друкарня», 2014–253 с.

6. Красов Б.В. Эксплуатация, ремонт и наладка технологического оборудования молочной промышленности, М.: –Легкая и пищевая промышленность, 1981.

7. Аболмасов Г.Ф., Тарасов Ф.М., Шестов Р.Н. Примеры и задачи по курсу технологического оборудования предприятий молочной промышленности, М.: – Машиностроение, 1966.

8. Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. / Гурський П.В., Богомолів О.В., Бредихін В.В., Денисенко С.А. та ін. Харків: Х.: ТОВ «Діса плюс», 2019. – 256 с.

9. Гальперин Д.М. Оборудование молочных предприятий: монтаж, наладка ремонт. М.:– Пищевая промышленность, 1990.

10. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломному проектуванні переробних і харчових виробництв/ Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А., Токолов Ю.І., Шерстюк В.С., Маніло В.Л. ХНТУСГ. –Харків: 2013. –185 с.

Додаток А

Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут переробних і харчових виробництв

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових
виробництв

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до випускової кваліфікаційної роботи

РВО Бакалавр

(рівень вищої освіти)

на тему: _____

Виконав: студент 4 курсу, групи П17-26

зі спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

за освітньою програмою

Інженерія переробних і харчових виробництв

(назва освітньої програми)

Іванов І. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

«10» червня 2021 року

Додаток Б

Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Переробних і харчових виробництв
Кафедра Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв
Рівень вищої освіти Магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма Обладнання переробних харчових виробництв
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Богомолів О.В.

“___”___20__ року

ЗАВДАННЯ
на випускню кваліфікаційну роботу студенту
Іванов Іван Олександрович

1. Тема _____

Керівник роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від “___”___2021_року
№___

2. Строк подання роботи 10 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «01» січня 20 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін	Прим.
1	Вступ		
2	Аналіз технологічного процесу виробництва продукту		
3	Характеристика апаратурно-технологічної схеми		
4	Розрахунок і підбір обладнання		
5	Будова і принцип дії обладнання		
6	Експлуатація та технічне обслуговування обладнання		
7	Охорона та безпека праці		
	Висновки		
	Список літератури		

Бакалавр

Іванов І.О.

 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

 (підпис) (прізвище та ініціали)

Навчальне видання

Гурський П.В.
Богомолов О.В.
Денисенко С.А.
Іващенко С.Г.
Шерстюк В.С.

Методичні вказівки
до виконання розділу

**РОЗРАХУНОК ВАКУУМ-ВИПАРНОГО
АПАРАТУ**

випускної кваліфікаційної роботи РВО «бакалавр»

Для студентів стаціонару та заочної форми навчання

Комп'ютерний набір та верстка: П.В.Гурський

Підп. до друку

Зам. № 64

Формат паперу 60x84 1/16 Обл. - вид. арк. 1,5

Тираж 100

Ризограф TR 1510 № 80654645

ХНТУСГ, 61023, м. Харків, вул. Миросицька 92, кім.204

Підготовлено та надруковано кафедрою «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

