

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки
до виконання розділу

РОЗРАХУНОК ПАСТЕРИЗАТОРА ТРУБЧАСТОГО

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 пастеризатора трубчастого: Методичні вказівки до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи рівня вищої освіти «Бакалавр» студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ХНТУСГ, 2024. - 20 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 трубчастого теплообмінного апарату

В якості теплоносія використовується насичена водяна пара, яка поступає у міжтрубний простір. Продукт (молоко) за допомогою насоса пересувається по пучках труб. Рух теплоносія та продукту зустрічний. Варіанти даних для розрахунку наведені у таблиці 1.

1. Тепловий розрахунок трубчастого пастеризатора

Розрахунок будь-якого теплообмінного апарату, у якому теплообмін відбувається через розділяючу стінку, виконується за формулою теплового балансу:

$$M \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = S \cdot k \cdot \Delta t_{\text{сеп}}, \quad (1)$$

де M – маса продукту, що нагрівається, кг/с;

c – теплоємність продукту, Дж/(кг град);

t_1, t_2 – початкова й кінцева температури продукту, °С;

S – поверхня теплопередачі м²;

k – загальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град);

$\Delta t_{\text{сеп}}$ – середня різниця між температурами середовищ з обох боків стінки.

$$M = \frac{S \cdot k \cdot \Delta t_{\text{сеп}}}{c \cdot (t_2 - t_1)}$$

Ступінь нагрівання продукту позначаємо як δt , а безрозмірний симплекс:

$$\frac{t_2 - t_1}{\Delta t_{\text{сеп}}} = \frac{\delta \cdot t}{\Delta t_{\text{сеп}}} k_{\tau},$$

тоді формула (1) матиме вигляд:

$$M \cdot c \cdot k_{\tau} = S \cdot k. \quad (2)$$

У промислових умовах згідно з формулою 2, як правило, вирішується два завдання:

- 1) визначення продуктивності, коли є апарат певних розмірів;
- 2) визначення площі теплообміну, коли апарата немає, але є задана продуктивність і температурні режими.

При рішенні кожного з названих завдань треба знайти значення k_r та k .

Визначення середньої різниці температур теплоносія та продукту здійснюються за температурним графіком (рис.1):

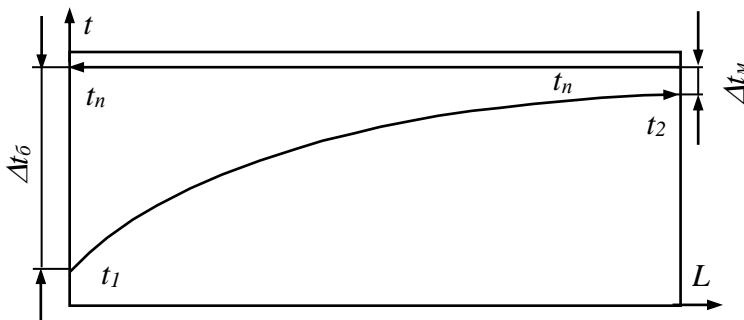


Рис.1 Температурний графік нагрівання молока парою

Більша різниця температур визначається за формулою:

$$\Delta t_{\delta} = t_n - t_1, \quad (3)$$

де t_n – температура пари для заданого тиску, $^{\circ}\text{C}$.

Менша різниця температур визначається за формулою:

$$\Delta t_m = t_n - t_2. \quad (4)$$

Якщо $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} < 2$, то розрахунок Δt_{cep} проводимо за формулою:

$$\Delta t_{\text{cep}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2}. \quad (5)$$

Якщо $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} > 2$, то розрахунок Δt_{cep} проводимо за формулою:

$$\Delta t_{\text{cep}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}. \quad (6)$$

Встановлення середньої температури продукту визначається за формулою:

$$t_{\text{cep}} = t_n - \Delta t_{\text{cep}}. \quad (7)$$

Різниця температур теплоносія та стінки визначається за формулою:

$$\Delta t_1 = \frac{k}{\alpha_1} \Delta t_{\text{cep}} = \frac{R_1}{R} \Delta t_{\text{cep}}. \quad (8)$$

Різниця температур стінки та продукту визначається за формулою:

$$\Delta t_2 = \frac{k}{\alpha_2} \cdot \Delta t_{\text{cep}} = \frac{R_2}{R} \cdot \Delta t_{\text{cep}} = \left(1 - \frac{R_1}{R} - \frac{R_{\text{cm}}}{R} \right) \cdot \Delta t_{\text{cep}}, \quad (9)$$

де α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до продукту; $R, R_1, R_{\text{cm}}, R_2$ – загальний термічний опір, від теплоносія до стінки, матеріалу стінки та забруднень, від стінки до продукту; на початку розрахунку ці величини невідомі і задаються в наступних значення: $R_1/R=0,05$; $R_{\text{cm}}/R=0,3$.

Якщо температура обігрівального середовища постійна (пара), то коефіцієнт теплопередачі від пари до продукту визначається:

$$k_{\tau} = 2,3 \cdot \lg \cdot \frac{t_n - t_1}{t_n - t_2}. \quad (10)$$

Температура стінки з боку теплоносія визначається за формулою:

$$t_{cm1} = (t_n - \Delta t_1). \quad (11)$$

Температура стінки з боку продукту визначається за формулою:

$$t_{cm2} = (t_{cep} + \Delta t_2). \quad (12)$$

Температура плівки конденсату теплоносія визначається за формулою:

$$t_{nl} = 0,5(t_n + t_{cm1}). \quad (13)$$

За температурою плівки конденсату t_{nl} визначаються теплофізичні параметри конденсату: $c=4,235 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $\rho=950 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\lambda=0,685 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\mu=0,275 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$; $Pr=1,65$; $r=2232 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Для тонкостінних труб загальний коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$ визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (14)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від середовища до стінки, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до продукту, Вт/(м² · град);

$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = R_{oc}$ – термічний опір осаду (пригару) з обох боків

стінки;

$\frac{\delta}{\lambda} = R_{cm}$ – термічний опір стінки, або

$$R_{cm} = \frac{d_3 - d_{вн}}{\lambda_{cm}} \quad (15)$$

де λ_{cm} – коефіцієнт теплопровідності стінки для сталі, що дорівнює $\lambda_{cm} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Тоді загальний коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{cm} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (16)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до одиничної горизонтальної труби визначається:

$$\alpha_1 = 1,28 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho^2 \cdot r}{\mu \cdot \Delta t_1 \cdot d_3}}, \quad (17)$$

де r_k – теплота конденсації, Дж/кг;

ρ_k – густина конденсату, кг/м³;

λ_k – теплопровідність конденсату, Вт/(м град);

μ_k – коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату, Н·с/м²;

Δt – різниця температур ($\Delta t = t_{\text{конд.}} - t_{cm}$), °С;

d_3 – зовнішній діаметр труби, м.

В залежності від середньої температури продукту $t_{сер}$ визначаються його теплофізичні параметри: $c = 3863 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; $\rho = 1014 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\lambda = 0,517 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$; $Pr = 6,0$; $\mu = 0,8\cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 від стінки до продукту визначається в залежності від режимів руху продукту:

$$\text{при } Re > 10^4 \quad Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43};$$

$$\text{при } Re < 2300 \quad Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} (Pr/R_{cm})^{0,25};$$

$$\text{при } 2300 < Re < 10^4 \quad Nu = 0,008 Re^{0,8} Pr^{0,43}.$$

Визначаємо критерій Рейнольда за формулою:

$$Re = \frac{V d_{вн}}{\nu} = \frac{\nu d_{вн} \rho}{\mu}, \quad (18)$$

де $d_{вн}$ – внутрішній діаметр, м.

Приймаємо $d_{вн} = \text{_____ м}$; $d_3 = \text{_____ м}$.

Тоді $Nu =$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до продукту за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \lambda}{d_{вн}}. \quad (19)$$

Різниця теплових напорів з боку теплоносія та продукту визначається за формулою:

$$A = (\alpha_1 \cdot \Delta t_1) - (\alpha_2 \cdot \Delta t_2). \quad (20)$$

Якщо різниця термічних навантажень з обох сторін поверхні теплообмінника не перевищує 5%, то повинна виконуватись умова:

$$\left[|A| - 0,05\alpha_1\Delta t \right] \leq 0 \quad (21)$$

Якщо $\left[|A| - 0,05\alpha_1\Delta t \right] > 0$, тоді розрахунок для k , α_1 , та $R_{ст}$ повторюється до тих пір, поки не буде виконана умова (21).

Кількість теплоти, що передається від теплоносія до продукту визначається за формулою:

$$Q = M \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (22)$$

де c – теплоємність продукту при $t_{сер}$.

Площа поверхні теплопередачі теплообмінника визначається за формулою:

$$S = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{сер}}, \quad (23)$$

Загальні витрати тепла визначається за формулою:

$$Q_{випр} = Q + Q_{внс} \quad (24)$$

де $Q_{внс}$ – втрати тепла в навколишнє середовище складають 6% від кількості теплоти що передається від теплоносія до продукту, тобто :

$$Q_{внс} = 0,06 \cdot Q \quad (25)$$

Витрати гріючої пари визначається за формулою:

$$D = \frac{Q_{випр}}{r}, \quad (26)$$

де r – питома теплота конденсації пари, Дж/кг.

2 Конструкційний розрахунок трубчастого апарату

Площа перетину потоку продукту (площа перетину пучка труб) визначається за формулою:

$$f = \frac{M}{\rho V}, \quad (27)$$

де ρ – густина продукту при $t_{сер}$.

Кількість труб в пучку визначається за формулою:

$$n = \frac{f}{0,785 \cdot d_{вн}^2}. \quad (28)$$

Приймаємо ближнє значення більше $n = \underline{\hspace{2cm}}$

Уточнюємо швидкість руху продукту за формулою:

$$V = \frac{4M}{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \rho \cdot n}. \quad (29)$$

Розрахункова довжина однієї трубки в пучку визначається за формулою:

$$L_0 = \frac{S}{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot n}. \quad (30)$$

Число ходів теплообмінника визначається за формулою:

$$Z = \frac{L_0}{l}. \quad (31)$$

Потрібна кількість трубок в трубчатій решітці теплообмінника визначається за формулою:

$$Pr = Z \cdot n. \quad (32)$$

Вибираємо теплообмінник з кількістю труб найближчого ряду $\underline{\hspace{2cm}}$.

Графічно розміщуємо труби в трубній решітці по периметру шестикутника. При закріпленні в трубній решітці крок розміщення повинен знаходитись у межах (рис.2):

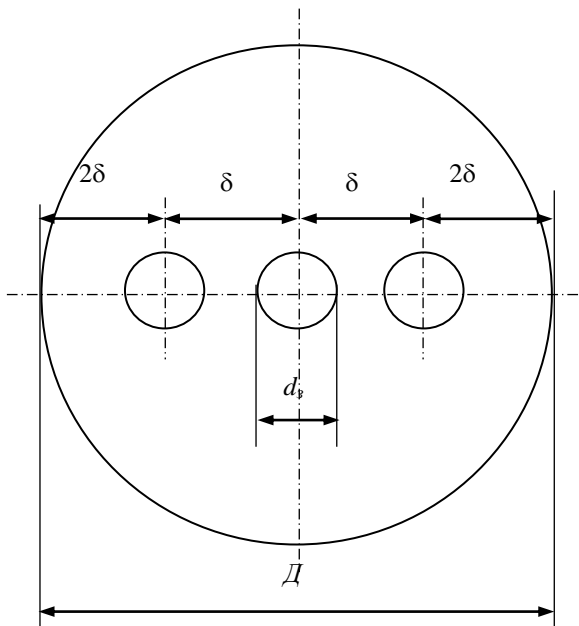


Рис. 2 До розрахунку діаметра корпусу теплообмінника

$$\delta = (1,3 \dots 1,5) d_3$$

Внутрішній діаметр корпусу визначається за формулою:

$$D_{\epsilon} = (\epsilon - 1) \cdot \delta + 4d_3, \quad (33)$$

де ϵ – кількість труб по діагоналі;

δ – крок труб, мм.

Внутрішній діаметр приймаємо рівним $D_{\epsilon} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Перетин міжтрубного простору визначається за формулою:

$$f_{\text{mm}} = \frac{\pi}{4} (D_6^2 - \text{Pr} \cdot d_3^2), \quad (34)$$

Розміри патрубків для робочих середовищ.

Діаметр патрубка для входу пари в апарат визначається за формулою:

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{D_n}{\rho_n \cdot V_n}}, \quad (35)$$

де D_n – витрати пари, кг/с ;

ρ_n – густина пари, кг/м^3 ;

V_n – швидкість пари, м/с .

Діаметр патрубка для виходу конденсату визначається за формулою:

$$d_k = 1,13 \sqrt{\frac{G_k}{\rho_k \cdot v_k}}, \quad (36)$$

де G_k – витрати конденсату, кг/с ;

ρ_k – густина конденсату, кг/м^3 ;

v_k – швидкість конденсату, м/с .

Діаметр патрубка для входу продукту визначається за формулою:

$$d'_6 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{M}{\rho \cdot v}}, \quad (37)$$

де M – витрати продукту, кг/с ;

ρ – густина продукту, кг/м^3 ;

v – швидкість продукту, м/с .

3 Механічний розрахунок трубчастого пастеризатора

Товщина стінки корпусу (кожуха) визначається за формулою:

$$\sigma = \left[D_s \frac{P}{2\sigma_g \varphi} \right] + c, \quad (38)$$

де P – внутрішній шкідливий тиск в кожусі, МПа;

σ_g – допустиме напруження, МПа (для сталі марки Ст3 $\sigma_g=130...135$ МПа);

φ – коефіцієнт міцності зварного шва ($\varphi=0,65...0,85$);

c – припуск на корозію ($c=0,001$).

Товщина трубних решіток визначається за формулою:

$$\delta_1 \geq \left(\frac{D_n}{8} \right) + 5. \quad (39)$$

Товщина випуклих днищ визначається за формулою:

$$\delta_2 = \left[\frac{p \cdot D_n \cdot K}{2\sigma_g \cdot \varphi} \right] + c, \quad (40)$$

де D_n – зовнішній діаметр корпусу апарату, м;

K – фактор днища.

Приймаємо ($K=0,76...2,0$; $\varphi=0,95$; $c=0,003$ м).

Таблица 1

Варианти даних для розрахунку пастеризатора трубчастого

Варианти Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Для пари									
$t_n, ^\circ C$	109,3	109,5	110	110,2	110,4	109,8	109,6	110	109,8	110
$c, Дж/(кг \cdot град)$	4,235	4,325	4,228	4,426	4,333	4,215	4,115	4,311	4,213	4,236
$\rho, кг/м^3$	860	1020	840	950	1020	980	970	980	1000	1020
$\lambda, Вт/(м \cdot K)$	0,675	0,654	0,625	0,645	0,688	0,67	0,646	0,652	0,675	0,657
$v, м/с$	$2,75 \cdot 10^{-7}$									
Pr	1,65									
$r, Дж/кг$	$2,23 \cdot 10^6$	$2,15 \cdot 10^6$	$2,25 \cdot 10^6$	$2,24 \cdot 10^6$	$2,08 \cdot 10^6$	$2,24 \cdot 10^6$	$2,23 \cdot 10^6$	$2,16 \cdot 10^6$	$2,23 \cdot 10^6$	$2,28 \cdot 10^6$
	Для продукту									
$t_1, ^\circ C$	20	18	22	20	21	18	19	20	21	22
$t_2, ^\circ C$	80	82	85	80	82	84	85	82	80	81
$M, кг/с$	0,277	0,3	0,28	0,27	0,26	0,32	0,3	0,28	0,275	0,282
$P, МПа$	0,14	0,12	0,15	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13
$v, м/с$	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5	1,4	1,3	1,25	1,35
$Q_{впр.}, кВт$	6									
R_1/R	0,05									
R_{cm}/R	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35	0,4	0,42	0,3	0,32	0,35
$c, Дж/(кг \cdot град)$	3863	3865	3872	3860	3870	3880	3862	3885	3864	3863
$\rho, кг/м^3$	1014	1015	1016	1014	1015	1014	1014	1015	1013	1014
$\lambda, Вт/(м \cdot K)$	0,517	0,52	0,515	0,525	0,53	0,5	0,514	0,522	0,52	0,54
Pr	6	6,5	6,3	7	6,4	6	6,2	6,5	7	6
$\mu, Па \cdot с$	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$7,8 \cdot 10^{-4}$	$7,9 \cdot 10^{-4}$
$l, м$	0,5									
$d_3, м$	0,03									
$d_{вн}, м$	0,025									
$\lambda_{ст}, Вт/(м \cdot K)$	46,5									

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., Тищенко 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: Аналіз процесу виробництва молока з обґрунтуванням
вибору відцентрового насоса.

Виконав: студент 4 курсу, групи П17-2б
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 Аналіз процесу виробництва молока з обґрунтуванням
вибору відцентрового насоса.

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

затверджена наказом вищого _____ 2021 року

навчального закладу від _____

№ _____

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 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

(підпис)

Іванов І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Навчальне видання

Гурський П.В.

Богомолів О.В.

Денисенко С.А.

Іващенко С.Г.

Шерстюк В.С.

Методичні вказівки
до виконання розділу

**РОЗРАХУНОК ПАСТЕРИЗАТОРА
ТРУБЧАСТОГО**
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. Мироносицька 92, кім.204

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

