

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки
до виконання розділу

**РОЗРАХУНОК ПЛАСТИНЧАСТОЇ ТЕПЛООБМІННОЇ
УСТАНОВКИ**

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.Богомолов, С.А.Денисенко, С.Г.Івашенко,
В.С.Шерстюк**

Розрахунок пластинчастої теплообмінної установки: Методичні вказівки до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи рівня вищої освіти «Бакалавр» студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ХНТУСГ, 2021. - 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., Богомолов О.В., Денисенко С.А., Івашенко 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 пластинчастої теплообмінної установки

Вихідні дані для установки марки:

- початкова температура молока $t_1 = \text{ } ^\circ\text{C}$;
- температура пастеризації молока $t_3 = \text{ } ^\circ\text{C}$;
- температура пастеризованого охолодженого молока $t_5 = \text{ } ^\circ\text{C}$;
- коефіцієнт рекуперації молока $\varepsilon = \text{ } ;$
- продуктивність теплообмінника $G = \text{ } \text{л/год.}$

Для розрахунку установки необхідно скласти температурний графік (рис.1).

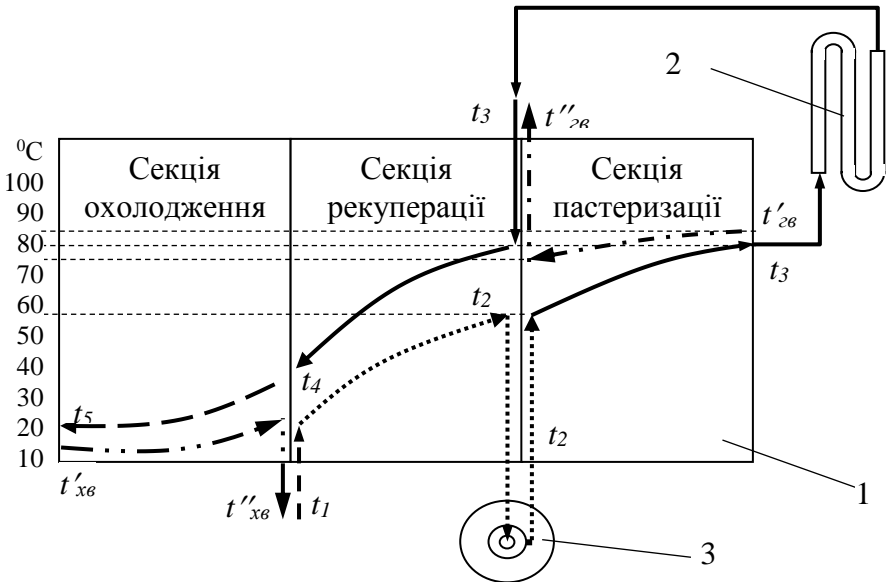


Рисунок 1– Температурний графік установки:

1 – пластинчастий теплообмінник; 2 – витримувач;

3 – сепаратор

- ▶ — молоко пастеризоване;
- ▶ — молоко пастеризоване охолоджене;
- - - - -▶ — молоко сире;
-▶ — молоко підігріте;
- . - . -▶ — вода гаряча;
- - - - -▶ — вода крижана.

На графіку нанесені всі точки температур під час входу та виходу потоків. Молоко подається в секцію рекуперації з температурою t_1 і нагрівається до t_2 . З цією температурою молоко рухається через сепаратор–молокоочисник 3 і далі надходить у секцію пастеризації 1, де нагрівається до температури t_3 . З цією температурою молоко надходить у трубчастий витримувач 2. У витримувачі температура молока не змінюється, тому воно повертається в рекуператор з тією ж температурою. Далі температури t_4 , t''_{26} , t''_{x6} не відомі.

Гаряча вода з бойлера подається в пастеризатор з температурою $t'_{26} = 0^\circ\text{C}$ Крижана вода подається з холодильної машини з температурою $t'_{x6} = 0^\circ\text{C}$

Встановимо температури у всіх точках температурного графіка. Початкова температура молока зазвичай $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Кінцева температура пастеризованого і охолодженого молока за умовою зберігання $t_5 = 0^\circ\text{C}$. Для охолодження використовують крижану воду з температурою $t_{x6} = 0^\circ\text{C}$. Кратність води $n =$.

З огляду на те, що теплоємність молока і води мізерно мало змінюється зі зміною температури, прийmemo: для молока $c_m = \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$; для води $c_6 = \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$.

Температура молока під час виходу з секції рекуперації для нормального очищення повинна бути не нижче 0°C . Тоді температура ($t_2, 0^\circ\text{C}$) після рекуператора гарячого молока, що йде на очищення визначається за формулою:

$$t_2 = t_1 + (t_3 - t_1) \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

де t_1 – початкова температура молока, 0°C ;
 t_3 – температура пастеризації молока, 0°C ;
 ε – коефіцієнт рекуперації.

Температура гарячої води приймається на 3°C вище температури пастеризації, тобто $t'_{26} = 0^\circ\text{C}$.

Температура гарячої води ($t''_{26}, 0^\circ\text{C}$) на виході з пастеризатора визначається за формулою:

$$t''_{26} = t'_{26} - \frac{c_m}{n \cdot c_6} \cdot (t_3 - t_2), \quad (2)$$

де t'_{26} – температура гарячої води на вході в секцію пастеризації, $^{\circ}\text{C}$;

c_m – теплоємність молока, Дж/(кг·град);

c_6 – теплоємність гарячої води, Дж/(кг·град);

n – кратність подачі води.

Температура пастеризованого молока (t_4 , $^{\circ}\text{C}$) після секції рекуперації визначається за формулою:

$$t_4 = t_1 + (t_3 - t_2), \quad (3)$$

де t_2 – температура сирого підігрітого молока, $^{\circ}\text{C}$.

Температура крижаної води (t''_{x6} , $^{\circ}\text{C}$) на виході з секції охолодження визначається за формулою:

$$t''_{x6} = t'_{x6} + \frac{c_m}{n \cdot c_6} \cdot (t_4 - t_5), \quad (4)$$

де t'_{x6} – температура холодної води на вході в секцію охолодження, $^{\circ}\text{C}$;

t_4 – температура молока на вході в секцію охолодження, $^{\circ}\text{C}$;

t_5 – температура молока на виході з секції охолодження, $^{\circ}\text{C}$;

c_m – теплоємність молока, Дж/(кг·град);

c_6 – теплоємність гарячої води, Дж/(кг·град);

n – кратність подачі води.

Середній температурний напор ($\Delta t_{рек}$, $^{\circ}\text{C}$) секції рекуперації визначається за формулою:

$$\Delta t_{рек} = t_3 - t_2, \quad (5)$$

де t_3 – температура пастеризації молока, $^{\circ}\text{C}$.

Більша різниця температур ($\Delta t_{\delta.n.}$, °C) для секції пастеризації визначається за формулою:

$$\Delta t_{\delta.n.} = t''_{2в} - t_2, \quad (6)$$

де t_2 – температура молока після секції рекуперації та сепарування, °C.

Менша різниця температур для секції пастеризації ($\Delta t_{м.н.}$, °C) визначається за формулою:

$$\Delta t_{м.н.} = t'_{2в} - t_3, \quad (7)$$

де t_3 – температура молока після секції пастеризації, °C.

Середній температурний напор ($\Delta t_{сеп.н.}$, °C) секції пастеризації за $\Delta t_{\delta}/\Delta t_{м.н.} > 2$ визначається за формулою:

$$\Delta t_{сеп.н.} = \frac{\Delta t_{\delta.n.} - \Delta t_{м.н.}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\delta.n.}}{\Delta t_{м.н.}}}, \quad (8)$$

де $\Delta t_{\delta.n.}$ – більша різниця температур, °C;

$\Delta t_{м.н.}$ – менша різниця температур, °C.

Більша різниця температур ($\Delta t_{\delta.o.}$, °C) для секції охолодження визначається за формулою:

$$\Delta t_{\delta.o.} = t_4 - t''_{хв.}, \quad (9)$$

де t_4 – температура молока на вході в секцію охолодження, °C.

Менша різниця температур для секції охолодження ($\Delta t_{м.o.}$, °C) визначається за формулою:

$$\Delta t_{м.o.} = t_5 - t'_{хв.}, \quad (10)$$

де t_5 – температура молока на виході з секції охолодження, °C.

Середній температурний напор ($\Delta t_{сер.о.}$, °C) секції охолодження за $\Delta t_{\delta}/\Delta t_{м} > 2$ визначається по формулі:

$$\Delta t_{сер.о.} = \frac{\Delta t_{\delta.о.} - \Delta t_{м.о.}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\delta.о.}}{\Delta t_{м.о.}}}, \quad (11)$$

Теплові навантаження ($Q_{рек.}$, Вт) секції рекуперації визначається за формулою:

$$Q_{рек.} = G \cdot c_{м.} \cdot (t_2 - t_1), \quad (12)$$

де G – продуктивність теплообмінної установки, л/с.

Теплові навантаження (Q_n , Вт) секції пастеризації визначається за формулою:

$$Q_n = G \cdot c_{м.} \cdot (t_3 - t_2). \quad (13)$$

Теплові навантаження (Q_o , Вт) секції охолодження визначається за формулою:

$$Q_o = G \cdot c_{м.} \cdot (t_4 - t_5). \quad (14)$$

Задаємось коефіцієнтами теплопередачі в секціях пастеризації, рекуперації, охолодження крижаною водою:

$$k_n = 2500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$k_{рек.} = 1600 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$k_o = 1500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Поверхня нагрівання (F , м²) будь-якої секції визначається за формулою:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (15)$$

де Q – теплові навантаження секції, Вт.

Поверхня нагрівання секції рекуперації:

$$F_{рек.} = \quad \text{м}^2.$$

Поверхня нагрівання секції пастеризації:

$$F_n = \quad \text{м}^2.$$

Поверхня нагрівання секції охолодження:

$$F_o = \quad \text{м}^2.$$

Кількість пластин (z , шт.) в секціях визначається за формулою:

$$z = \frac{F}{f}, \quad (16)$$

де f – робоча поверхня однієї пластини, м^2

Кількість пластин в секції рекуперації:

$$z_{рек.} = \quad \text{шт.}$$

Кількість пластин в секції пастеризації:

$$z_n = \quad \text{шт.}$$

Кількість пластин в секції охолодження:

$$z_o = \quad \text{шт.}$$

Загальна кількість пластин в теплообмінній установці

$$z = z_{рек.} + z_n + z_o. \quad (17)$$

Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних для розрахунку пастеризатора пластинчастого

Варіант	Продукт	М, л/ГОД	$f, \text{м}^2$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	n
1	Молоко	10000	0,2	8	60	80	3
2	Молоко знежир.	15000		10	62	78	4
3	Суміш морозива	5000		40	70	85	4
4	Вершки 15%	3000		12	72	90	4
5	Молоко	12000		10	61	78	4
6	Молоко знежир.	10000		8	60	82	3
7	Суміш морозива	6000		38	65	87	4
8	Вершки 15%	4000		10	70	85	4
9	Молоко	8000		12	62	82	3
10	Молоко знежир.	12000		6	61	80	3

Література

1. Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомоліва 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. Кондиціювання 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 випускної кваліфікаційної роботи

РВО Бакалавр

(рівень вищої освіти)

на тему: Аналіз процесу

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 20 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
Богомолов О.В.

“ ____ ” ____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на випускню кваліфікаційну роботу студенту
Іванов Іван Олександрович

1. Тема _____ Аналіз процесу

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

затверджена наказом вищого _____
навчального закладу від _____ 20__ року

2. Строк подання роботи _____ № _____
10 червня 20__ року

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які

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

(підпис)

Іванов І.О.

(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 ПЛАСТИНЧАСТОЇ ТЕПЛООБМІННОЇ
УСТАНОВКИ**
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

