

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки
до виконання розділу

РОЗРАХУНОК РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ МОЛОКА

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 розпилювальної сушарки для молока:
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, методикку 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].

Розрахунок сушарки розпилювальної для молока

Вихідні дані:

$W = 500$ кг/год – продуктивність сушарки по випареній волозі;

$C_v = 48\%$ – вміст сухих речовин у вологому продукті;

$C_c = 95\%$ – вміст сухих речовин у сухому продукті;

$\phi = 65\%$ – відносна вологість повітря в цеху;

$t_1 = 20$ °С – температура повітря в цеху;

$t_2 = 165$ °С – температура сушки;

$t_3 = 70$ °С – температура відпрацьованого повітря.

На I–d діаграмі (рис.1) будуємо температурний графік сушіння і знаходимо параметри повітря, які необхідні для розрахунку витрат повітря і витрат тепла на його нагрівання. Для цього спочатку знаходимо точку А на перетині ліній температури повітря (20°С) в цеху і відносної вологості (65%). Точка А характеризує основні параметри повітря, яке подається в калорифер (тепловміст $I_0=45$ кДж/кг, вологовміст повітря $d_0=10$ г/кг). В калорифері повітря нагрівається до 165°С – від точки А по лінії вологовмісту піднімаємось до перетину з температурною лінією 165°С і отримуємо т.В. точка В характеризує параметри повітря, яке виходить з калорифера і входить в сушильну башту (тепловміст $I_1=195$ кДж/кг, вологовміст $d_1=d_0 = 10$ г/кг). Так як під час процесу сушіння в вежі ентальпія не змінюється ($I_1 = \text{const}$), то спустившись по лінії тепловмісту до перетину з температурною лінією 70°С, знаходимо т.С. Точка С характеризує параметри повітря, яке виходить з сушильної вежі (тепловміст $I_2=I_1 = 195$ кДж/кг, вологовміст $d_2 = 48$ г/кг).

Кількість згущеного знежиреного молока:

$$M_{зг} = \frac{W \cdot C_c}{C_c - C_v} \quad (1)$$

де W – кількість випареної вологи, кг/г;

C_v – початкова концентрація сухих речовин в сухому продукті, %;

C_c – кінцева концентрація сухих речовин в сухому продукті, %.

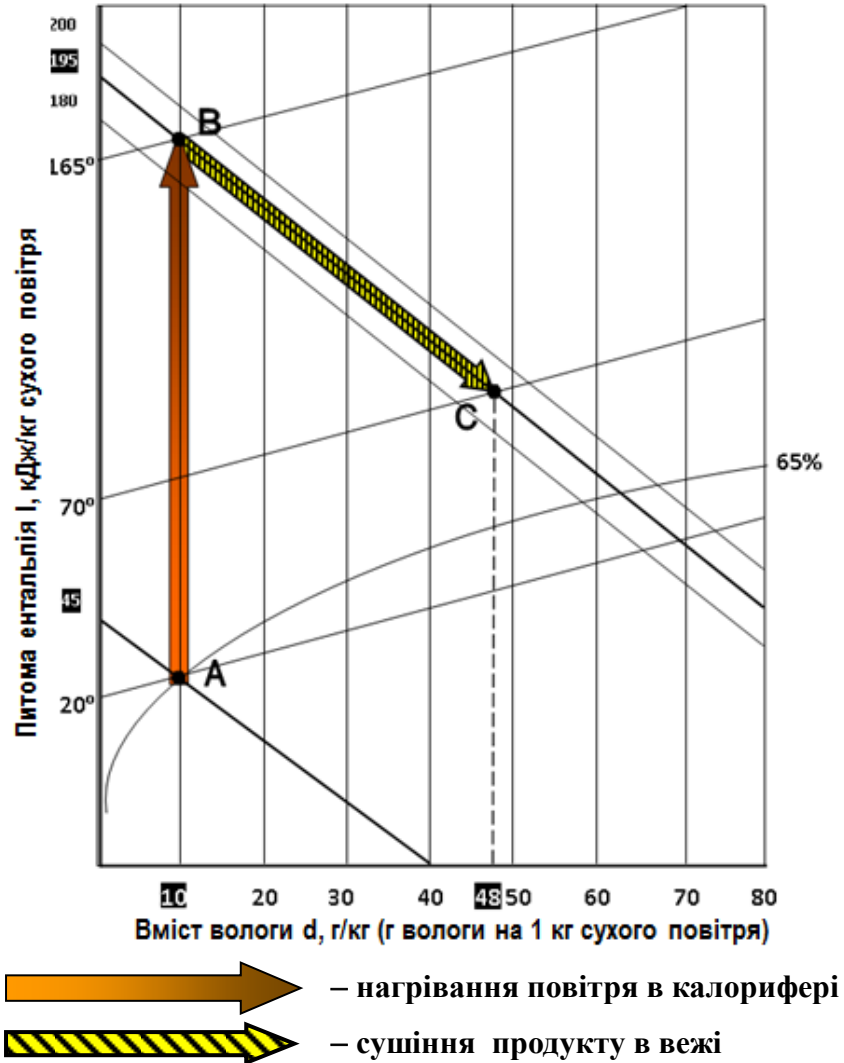


Рис.1. I-d діаграма процесу сушіння

Кількість сухого продукту:

$$M_c = M_{зг} - W, \quad (2)$$

Витрати повітря на сушарку:

$$L = \frac{1000 \cdot W}{d_1 - d_2}, \quad (3)$$

де d_1 – вміст вологи в повітрі перед калорифером, г/кг;
 d_2 – вміст вологи в повітрі на виході з калорифера, г/кг.

Об'єм сушильної вежі:

$$V = \frac{W}{A}, \quad (4)$$

де: A – напруга об'єму сушарки по випареній волозі,
 $\text{кг} / \text{м}^3 \cdot \text{г}$ ($A=4 \div 8 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot \text{г}$)

Діаметр сушильної вежі:

$$D = 1,05 \cdot \sqrt[3]{\frac{W}{A}}, \quad (5)$$

Висота сушильної вежі:

$$H = 1,5D, \quad (6)$$

Кругова швидкість обертання диску:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30}, \quad (7)$$

де: n – частота обертання диску, об/хв;
 R – радіус диску, м.

При дисковому розпиленні потужність на робочому диску знаходимо по формулі Г.А. Кука:

$$N = \frac{2,25 \cdot V_{кр}^2 \cdot M_6}{1000 \cdot 2d \cdot 3600}, \quad (8)$$

де: $V_{кр}$ – кругова швидкість обертання, м/с;
 M_6 – продуктивність сушарки по вологому продукту, кг/г;
 d – діаметр диску, м.

Якість сушіння розпиленням в значній мірі залежить від розмірів краплин продукту, що викидається з диску:

$$d = 98,5 \cdot \frac{10^3}{n} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{R \cdot \rho}}, \quad (9)$$

де: n – частота обертання диску, об/хв;
 α – поверхневий натяг продукту, Н/м;
 R – радіус диску, м;
 ρ – питома вага продукту, кг/м³.

Кількість часток при розпиленні, якщо прийняти, що всі вони однакового діаметру:

$$n = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot M_6}{\Pi \cdot d^3 \cdot \rho}, \quad (10)$$

де: M_6 – кількість вологого продукту, м³/г;
 d – діаметр частинок продукту, м.

Переводимо M_6 з кг/г в м³/г. $M_6 = 1010,6$ кг/г, $\rho = 1120$ кг/м³

$$M_6 = \frac{M_6}{\rho}$$

Сумарна поверхня, що утворюється краплинами повітря:

$$f = \frac{6 \cdot M_g}{d \cdot \rho}, \quad (11)$$

де: ρ – питома вага продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 M_g – кількість вологого продукту, $\text{м}^3/\text{г}$;
 d – діаметр часток, м.

Швидкість руху повітря в сушильній вежі:

$$V_g = 0,0127\sqrt{W}, \quad (12)$$

Витрати тепла на сушку:

$$Q = L \cdot (I_2 - I_0), \quad (13)$$

де: L – дійсні витрати повітря на сушку, $\text{кг}/\text{г}$;
 I_2 – ентальпія повітря після калорифера, $\text{кДж}/\text{кг}$;
 I_0 – ентальпія повітря перед калорифером,
 $\text{кДж}/\text{кг}$.

Витрати пари на сушіння:

$$D = \frac{Q}{(i_n - C_k \cdot t_k) \cdot \eta}, \quad (14)$$

де: i_n – ентальпія пари, $\text{кДж}/\text{кг}$ (знаходиться по таблиці водяної пари при температурі на 5°C вище температури сушіння – $2769 \text{ кДж}/\text{кг}$);
 C_k – теплоємність конденсату, $^\circ\text{C}$;
 η – ККД калорифера ($\eta = 0,9-0,97$).

Питомі витрати пари:

$$d = \frac{D}{W}, \quad (15)$$

Середня температура повітря в калорифері:

$$t_{n.сп.} = \frac{t_{n1} + t_{n2}}{2}, \quad (16)$$

де: t_{n1} – температура повітря перед калорифером, °С;
 t_{n2} – температура повітря після калорифера, °С.

Поверхня нагріву калорифера:

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot k \cdot (t_n - t_{n.сп.})}, \quad (17)$$

де: Q – необхідна кількість тепла для нагрівання повітря,
Дж/г;

k – коефіцієнт теплопередачі, $Bm / m^3 \cdot K$;
 t_n – температура пару, °С.

Економічно доцільна масова швидкість повітря лежить в межах від 4 до 15 $кг / м^2 \cdot с$. При менших значеннях величина коефіцієнта теплопровідності дуже мала, а при більших різко зростає опір калориферів проходженню повітря.

Масова швидкість повітря в розрахунку приймається 12 $кг / м^2 \cdot с$. Тоді, для калорифера КФС, значення коефіцієнта теплопередачі $k = 35 Bm / m^3 \cdot K$.

Приймаємо чотири калорифера марки КФС №____, площею _____ $м^2$ кожний.

Фактична масова швидкість повітря:

$$V_{\rho} = \frac{L \cdot \rho}{3600 \cdot f}, \quad (18)$$

де: L – годинні витрати повітря, кг/г;
 ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 f – живий перетин калорифера для проходження повітря, м^2

Фактична масова швидкість менша прийнятої, тому опір проходження повітря в калорифері буде меншим.

Об'ємні витрати повітря:

$$Z_{об} = \frac{Z}{\rho}, \quad (49)$$

де: Z – масові витрати повітря, кг/г;
 ρ – питома вага повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Термічний коефіцієнт сушки:

$$\tau = (t - t_k) / (t - t_c), \quad (20)$$

де: t – температура повітря на вході в сушарку, $^{\circ}\text{C}$;
 t_c – температура повітря на вході в калорифер, $^{\circ}\text{C}$;
 t_k – температура на виході з сушарки, $^{\circ}\text{C}$

Розділюючий ефект збільшується зі збільшенням швидкості руху повітря і зменшенням ширини потоку. Тому замість одного циклона великого діаметра приймаємо чотири циклона марки ЦН – 15, які працюють паралельно, і мають розміри: $D = 600$ мм, $d = 300$ мм, $N_{ц} = 1200$ мм.

Об'ємна кількість повітря, яка припадає на циклоні:

$$Z_{\text{ц}} = \frac{Z_{\text{об}}}{n}, \quad (21)$$

де: $Z_{\text{об}}$ – об'ємні витрати повітря, $\text{м}^3 / \text{с}$;
 n – кількість циклонів, шт.

Швидкість руху повітря в циклоні:

$$V_{\text{ц}} = \frac{Z_{\text{ц}}}{3600 \cdot (R_{\text{в}} - R_{\text{т}}) \cdot h}, \quad (22)$$

де: $R_{\text{ц}}$ – великий радіус циклону, м;
 $R_{\text{т}}$ – радіус центральної відвідної труби циклону, м;
 h – висота циліндричної частини циклону, м.

Гідравлічний опір циклона:

$$\Delta P = R \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{ц}}^2}{2g}, \quad (23)$$

де: R – коефіцієнт динамічного опору
(для циклона ЦН-15 дорівнює 105);
 $\rho_{\text{в}}$ – густина повітря, $\text{кг} / \text{м}^3$;
 $V_{\text{ц}}$ – швидкість повітря в циклоні, м/с.

Ефективність циклонів оцінюємо за критерієм Фруда:

$$F_r = \frac{V_{\text{ц}}^2}{R_{\text{ц}} \cdot g}, \quad (24)$$

де: $R_{\text{ц}}$ – великий радіус циклона, м;
 g – прискорення вільного падіння, $\text{м} / \text{с}^2$.

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. 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 випускн 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 _____

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

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 РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ
ДЛЯ МОЛОКА**

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

