

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки
до виконання розділу

РОЗРАХУНОК СИРОРОБНОЇ ВАННИ

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 сироробної ванни: Методичні вказівки до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи рівня вищої освіти «Бакалавр» студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ХНТУСГ, 2021. - 24 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 компонованні 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 сироробної ванни

1. Розрахунок кінематичної схеми приводу

Мінімальна частота обертання (n_{min} , об/хв) робочих ножів розраховується за формулою:

$$n_{min} = \frac{n_{ел.дв.мин}}{i_{вар.мах} \cdot i_{ред}}, \quad (1)$$

де $n_{ел.дв.мин}$ – мінімальна частота обертання вала електродвигуна, об/хв.;

$i_{вар.мах}$ – максимальне передаткове число варіатора;

$i_{ред}$ – передаткове число редуктора.

Максимальна частота обертання (n_{max} , об/хв) робочих ножів (рис.1) розраховується за формулою:

$$n_{max} = \frac{n_{ел.дв.мах}}{i_{вар.мин} \cdot i_{ред}}. \quad (2)$$

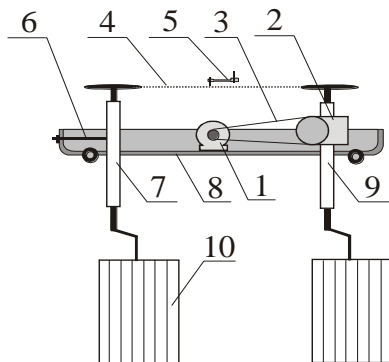


Рис. 1 – Кінематична схема приводу сироробної ванни:

1 – електродвигун; 2 – черв'ячний редуктор; 3 – клинопасова передача; 4 – ланцюгова передача; 5 – важіль фіксувальний; 6 – натяжний гвинт; 7 – натяжна колонка; 8 – каретка; 9 – приводна каретка; 10 – мішалка з робочими ножами

Мінімальна швидкість (v_{min} , c^{-1}) руху каретки розраховується за формулою:

$$v_{кар.мин} = 2\pi \cdot r \cdot n_{мин}, \quad (3)$$

де $n_{мин}$ – мінімальна частота обертання мішалки, c^{-1} ;
 r – радіус зірочки, м.

Максимальна швидкість (v_{max}, c^{-1}) руху каретки розраховується за формулою:

$$v_{кар.маx} = 2\pi \cdot r \cdot n_{маx}, \quad (4)$$

де $n_{мин}$ – мінімальна частота обертання мішалки, c^{-1} ;
 r – радіус зірочки, м.

Мінімальна кутова швидкість ($\omega_{мин}, c^{-1}$) руху каретки розраховується за формулою:

$$\omega_{мин} = \frac{\pi \cdot n_{мин}}{30}. \quad (5)$$

Максимальна кутова швидкість ($\omega_{маx}, c^{-1}$) руху каретки розраховується за формулою:

$$\omega_{маx} = \frac{\pi \cdot n_{маx}}{30}. \quad (6)$$

Необхідна потужність електродвигуна ($N_{ел.д}, кВт$) розраховується за формулою:

$$N_{ел.д} = N_{м} + N_{к} \quad (7)$$

де $N_{м}$ – потужність, яка споживається мішалкою, кВт;
 $N_{к}$ – потужність, яка споживається кареткою, кВт.

Після розрахунку підбирається електродвигун марки _____, потужністю $N =$ _____ кВт, з частотою обертання $n =$ _____ об/хв.

Потужність підбраного електродвигуна повинна бути більше розрахованої. Враховуючи пусковий момент та опір

сирного зерна, що осіло на дно ванни після зупинки мішалки, необхідно розрахункову потужність збільшити на 50%.

$$N = 1,5 \cdot N_{\text{ел.д}} \quad (8)$$

Потужність (N_m , кВт), що споживається мішалкою з поворотними ножами розраховується за формулою:

$$N_m = 0,0998 \cdot \rho \cdot h \cdot z \cdot n_{\text{max}}^3 \cdot \left[\left(\frac{R_z + R_e}{2} + m \cdot \delta \right)^4 + \left(\frac{R_z + R_e}{2} \right)^4 \right], \quad (9)$$

де ρ – густина молока, кг/м³;

h – глибина занурення лопатей мішалок, м;

z – кількість мішалок;

n_{max} – максимальна частота обертання мішалок, с⁻¹;

R_z – зовнішній радіус мішалок, м;

R_e – внутрішній радіус мішалок, м;

m – кількість ножів шт;

δ – товщина ножів, м.

Потужність, що споживається кареткою (N_k , кВт) для переміщення мішалки розраховується за формулою:

$$N_k = \frac{(P + g \cdot M \cdot \mu) \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \quad (10)$$

де P – навантаження на ножі Н/м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

M – маса каретки, кг;

μ – коефіцієнт тертя, 0,05;

v – максимальна швидкість каретки, м/с;

η – к.к.д. механізму.

2. Технологічний розрахунок ванни

Змінна продуктивність ванни (M_{zm} , кг) розраховується за формулою:

$$M_{zm} = \frac{V_p \cdot z_{zm}}{z_{\text{ц}}}, \quad (11)$$

де V_p – вміст продукту в ванні, кг;

$z_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$z_{ц}$ – тривалість одного технологічного циклу, год.

3. Геометричний розрахунок ванни

Поверхня (S , m^2) нагрівання (рис.2) розраховується за формулою:

$$S = S_{\delta} + S_{\delta.n}, \quad (12)$$

де S_{δ} – площа дна ванни, m^2 :

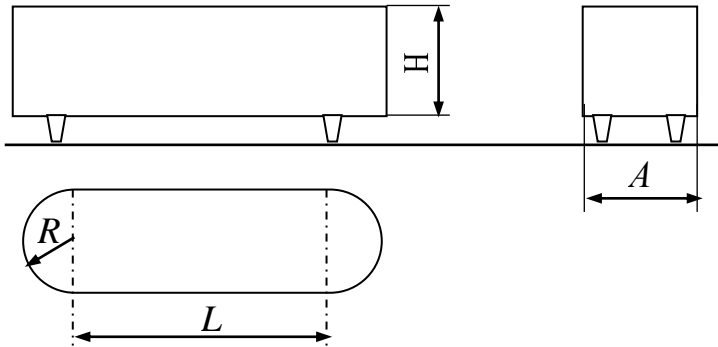


Рис. 2– Геометричні розміри сироробної ванни

$$S_{\delta} = \pi R^2 + L \cdot A. \quad (13)$$

де $S_{\delta.n}$ – площа бокової поверхні ванни, m^2 :

$$S_{\delta.n} = 2\pi R H + 2H \cdot L. \quad (14)$$

Тоді

$$S =$$

Робочий об'єм ванни розраховується за формулою:

$$V = S_{\delta} \cdot H. \quad (15)$$

4. Тепловий розрахунок ванни

Витрати тепла (Q_1 , Дж) на нагрівання ванни розраховується за формулою:

$$Q_1 = M \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (16)$$

де M – кількість продукту в ванні, кг;

c – питома теплоємність суміші, Дж/кг·К;

t_1 – початкова температура продукту, °С;

t_2 – кінцева температура продукту, °С.

Більша різниця температур (Δt_σ , °С) розраховується за формулою (рис.3):

$$\Delta t_\sigma = t_n - t_1. \quad (17)$$

Менша різниця температур (Δt_m , °С) розраховується за формулою:

$$\Delta t_m = t_n - t_2. \quad (18)$$

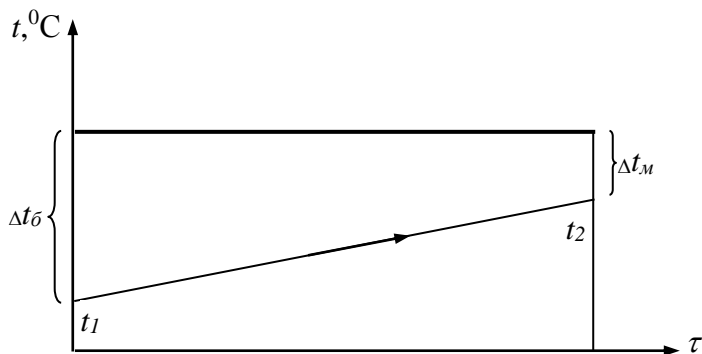


Рис. 3 – Температурний графік сироробної ванни

Середній температурний напор ($\Delta t_{\text{сер}}$, °С) розраховується за формулою:

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{м}}{2}. \quad (19)$$

Кількість пари (D_n , кг), необхідна для нагрівання молока та сирного зерна з сироваткою розраховується за формулою:

$$D_n = \frac{Q_1}{(i - c \cdot t_k) \cdot \eta}, \quad (20)$$

де i – тепломісткість пари, Дж/кг;
 t_k – температура конденсату, $^{\circ}\text{C}$;
 c – питома теплоємність суміші, Дж/кг·К;
 η – коефіцієнт витрат тепла через стінки та від випаровування з відкритої поверхні ванни.

Питома витрати пари (d_n , кг/кг), необхідні для нагрівання 1 кг молока розраховується за формулою:

$$d_n = \frac{D_n}{M}, \quad (21)$$

де M – кількість продукту в ванні, кг.

Кількість тепла (Q_2 , Дж) для нагрівання продукту за перше теплове навантаження розраховується за формулою:

$$Q_2 = S \cdot K \cdot \Delta t_{сер}, \quad (22)$$

де S – площа поверхні нагрівання, м^2 ;
 K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$;
 $\Delta t_{сер}$ – середній температурний напор, $^{\circ}\text{C}$.

Тривалість нагрівання ($\tau_{наг}$, с) продукту в ванні розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{наг}} = \frac{Q_1}{Q_2}. \quad (23)$$

Тривалість наповнення ванни ($\tau_{\text{нап}}$, с) продуктом розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{нап}} = \frac{4V}{\pi \cdot d^2 \cdot v}, \quad (24)$$

де V – об'єм продукту в ванні, м³;

d – діаметр трубопроводу, м;

v – швидкість руху продукту, м/с.

Тривалість вивантаження продукту ($\tau_{\text{вив}}$, с) з ванни розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{вив}} = \frac{8V}{\mu \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \sqrt{2gH}}, \quad (25)$$

де V – об'єм продукту у ванні, м³;

μ – коефіцієнт витікання продукту з ванни;

d – діаметр трубопроводу, м;

h – висота рівня продукту у ванні, м.

Коефіцієнт перемішування продукту (Π) розраховується за формулою:

$$\Pi = \frac{z \cdot S_m}{S_0}, \quad (26)$$

де z – кількість мішалок;

S_m – площа що обробляється однією мішалкою, м²;

S_0 – площа дна ванни, м².

Площа поверхні (S_m , м²), що обробляється однією мішалкою розраховується за формулою:

$$S_m = \pi \cdot n_{\max} \cdot (R_3^2 - R_6^2), \quad (27)$$

де n_{\max} – максимальна частота обертання мішалки, с^{-1} ;

R_3 – зовнішній радіус мішалок, м;

R_6 – внутрішній радіус мішалок, м.

Тоді

$$P = \quad .$$

Таблиця – Варіанти вихідних даних для розрахунку

Вихідні дані	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Місткість ванни, V , л	5000	10000	15000	3000	5000	10000	15000	2500	5000	3000
Кількість мішалок, z , шт.	2									
Глибина занурення лопатей, h , см	45	56	58	44	52	54	55	42	48	44
Частота обертання мішалок, n об/хв.	2,57	3,6	5,13	7,69	9,36	11,55	14,03	17,32	5,13	14,04
Зовнішній радіус лопатей, R_z см	40	44	46	42	46	48	50	46	42	40
Внутрішній радіус лопатей, R_e см	14	16	18	12	16	18	20	16	14	13
Кількість лез ножів, m , шт	8	17	18	12	14	16	30	20	19	16

Література

1. Богомолов О.В., Гурський П.В., Богомолова 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., Богомолов 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. / Богомолов 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. / Богомолов 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., Богомолов 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/ Богомолов 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))

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускової 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
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 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 СИРОРОБНОЇ ВАННИ
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

