

Міністерство освіти і науки України



Харківський національний технічний університет  
сільського господарства імені Петра Василенка

Методичні вказівки  
до виконання розділу

## **РОЗРАХУНОК ВОВЧКА ДЛЯ М'ЯСА**

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 вовчка для м'яса:** Методичні вказівки до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи рівня вищої освіти «Бакалавр» студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ХНТУСГ, 2021. - 32 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 вовчка для м'яса

Вовчок (Рис.1) призначений для дрібного подрібнення свіжого і замороженого м'яса, жиромісної сировини, риби та іншої продукції. Він складається з різального механізму, робочого гвинта, живильного бункера та інших допоміжних вузлів.

Через те, що вовчок складається з трьох послідовно встановлених механізмів, то усі вони повинні бути розраховані на максимально можливу продуктивність при наявних способах здрібнювання.

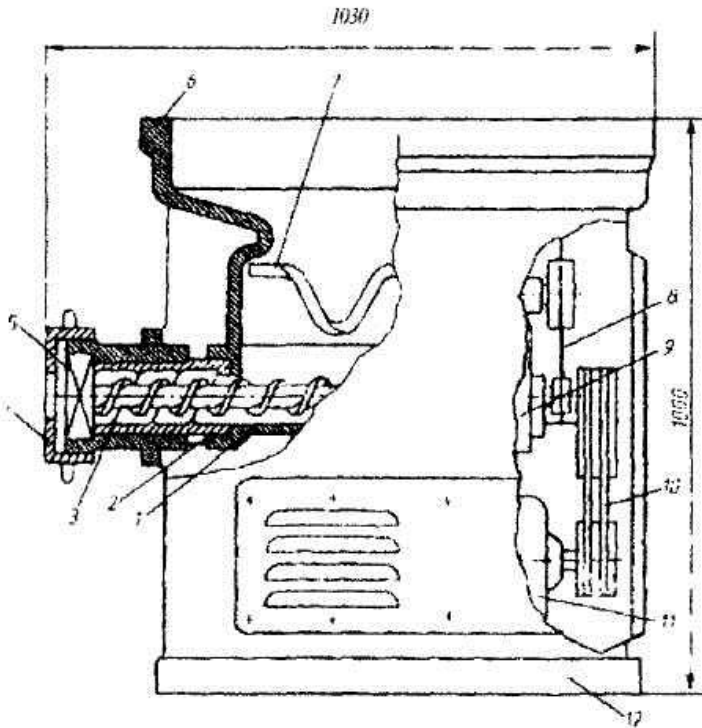


Рис. 1. Вовчок ФМП-2-120:

1- подавальний шнек; 2-циліндричний корпус; 3 - гільза; 4 - накидна гайка, 5- ріжучий механізм; 6 -завантажувальна горловина; 7- подаюча спіраль; 8 - ланцюгова передача; 9 - редуктор; 10- клинопасова передача; 7 - електродвигун; 12 - станина

## 1. Розрахунок подавального шнека

Безперервний цикл роботи вовчка забезпечується подаючим механізмом, що складається із одного шнека (рис.1, 1), розташованого в циліндричному корпусі. В сучасних вовчках подаючі шнеки виготовлюються зварними (рис.2) з кислотостійкої легованої сталі. Для зменшення тертя між шнеком і продуктом шнеки полірують. Оптимальна кількість витків 5...6.

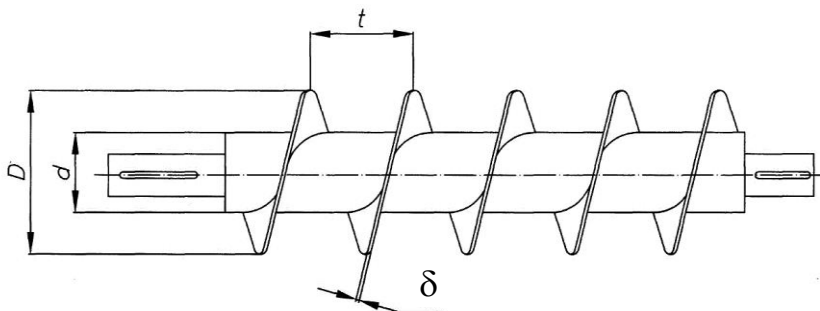


Рис. 2 Схема подавального шнека вовчка

Під дією гвинтової поверхні шнека транспортований матеріал рухається не паралельно до його осі, а по гвинтовій лінії з перемінною швидкістю у вісьовому і радіальному напрямках залежно від того, на якій відстані знаходиться частинка матеріалу від осі шнека, а також від коефіцієнти тертя і реактивного тиску.

У зв'язку з тим, що кути підйому гвинтових ліній поверхні шнека змінюються, збільшуючись від периферії до центру шнека, то переміщення частинок матеріалу, розміщених в радіальному напрямку вздовж осі, буде неоднаковим.

Для практичних розрахунків рекомендується приймати середнє арифметичне значення кутів підйому гвинтових ліній по периферії шнека  $\alpha_D$  і біля його валу  $\alpha_d$ ,

$$\alpha_{cp.} = 0,5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) \quad (1)$$

тобто:



$$\text{де } \alpha_D = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot D}; \alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot d}$$

тут  $t = (0,7 \div 0,8) \cdot D$  – крок витків шнека, м;

$D$  і  $d$  – діаметри відповідно шнека і вала, (0,152...0,165 і 0,068...0,075) м.

Діаметр вала шнека повинен бути більшим за допустимий, що визначається з умови:

$$d_{\text{дон}} \geq \frac{t}{\pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Продуктивність шнека визначається добутком корисно заповненого однокрокового міжвиткового об'єму в межах плоского кута в один радіан на кутову швидкість обертання шнека:

$$G = 0,127 \cdot (D^2 - d^2) \cdot (t - \delta) \cdot (1 - k) \cdot \rho \cdot \varphi \cdot \omega, \quad (3)$$

де  $\delta$  – товщина витка шнека в напрямку осі по зовнішньому діаметру, м (0,08...0,12);

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>; (980...1180)

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;

$\omega$  – кутова швидкість обертання шнека, с<sup>-1</sup>; (1,3с<sup>-1</sup>)

$k$  – коефіцієнт відставання часток продукту в напрямку осі: (0,7...0,8)

$$k = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 \cdot f \cdot \sin^2 \alpha_{cp}) \quad (4)$$

тут  $f = \operatorname{tg} \varphi$  – коефіцієнт тертя;

$\varphi$  – кут тертя.

При заданій продуктивності з цього рівняння можна визначити діаметри шнека.

Площа внутрішньої циліндричної поверхні корпусу шнека і одного боку поверхні витка на довжині одного кроку шнека визначаються з рівнянь:

$$S_{u.n.} = \pi \cdot D \cdot (t - \delta), \quad (5)$$

$$S_e = \frac{1}{4\pi} \cdot \left[ \pi \cdot (D \cdot L - d \cdot l) + t^2 \cdot \ln \frac{D + 2L}{d + 2l} \right], \quad (6)$$

де  $L$  і  $l$  – розгортки гвинтових ліній, що відповідають діаметрам шнека і вала.

Крутий момент на валу шнека  $M_k$  і осьове зусилля  $F$  визначають з рівнянь:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot \ln p_{max} \cdot (D^3 - d^3) \cdot \text{tg } \alpha_{cp}, \quad (7)$$

$$F = 0,393 \cdot n \cdot (D^2 - d^2) \cdot p_{max} \quad (8)$$

де  $n$  – частота обертання шнека, об/хв;

$p_{max}$  – максимальний тиск, який розвиває шнек, Н.

Враховуючи крутий момент на валу шнека і осьове зусилля, визначають відповідні їм нормальну і дотичну напруженості;

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{S}; \quad \tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, \quad (9)$$

де  $S$  – площа поперечногоперерізу вала шнека, м<sup>2</sup>,

$W_p$  – полярний момент опору поперечного перерізу вала шнека, м<sup>3</sup>.

Еквівалентна напруженість, (Нм) за теорією найбільших дотичних напруженостей визначається з формули:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{cm}^2 + 4\tau^2} \quad (10)$$

Останній виток шнека знаходиться під дією максимального тиску, тому його необхідно розрахувати на міцність.

Для розрахунку один виток шнека уподібнюється кільцевій пластинці, що затиснута по внутрішньому контурі в тілі вала шнека.

У цьому випадку найбільший згинаючий момент на внутрішньому контурі такої сталльної пластини буде:

$$M_3 = \frac{p_{\max} \cdot D}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}} \quad (11)$$

тоді найбільша напруженість

$$\sigma_{cm} = \pm \frac{6M_3}{\delta^2}, \quad (12)$$

де  $a = \frac{D}{d}$  – відношення діаметрів, величина якої знаходиться в межах 1,8...3;

$\delta$  – товщина витка шнека, м.

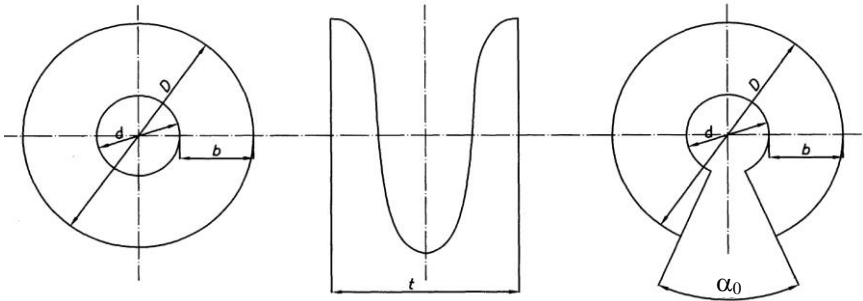


Рис.3. Схема витка заготовки шнека

Для виготовлення шнека діаметром  $D$  із заданим діаметром вала  $d$  і кроком  $t$ , необхідно виготовити кільця із зовнішнім діаметром  $D_0$ , внутрішнім діаметром  $d_0$  і розікнутим на кут вирізки  $\alpha_0$  (рис. 2.7).

Спочатку визначається ширина  $b$  гвинтової поверхні і довжини гвинтових ліній  $L$  і  $l$  в межах одного кроку шнека:

$$B = 0,5 \cdot (d - D) \quad (13)$$

$$L = \sqrt{t^2 + (\pi D)^2}, \quad l = \sqrt{t^2 + (\pi d)^2}, \quad (14)$$

Потім визначається кут вирізки:

$$\alpha_0 = 2\pi \frac{L-l}{b}, \quad (15)$$

і діаметр кільця:

$$D_0 = \frac{2L}{2\pi - \alpha_0}, \quad d_0 = \frac{2l}{2\pi - \alpha_0}, \quad (16)$$

## 2 Кінематичний розрахунок

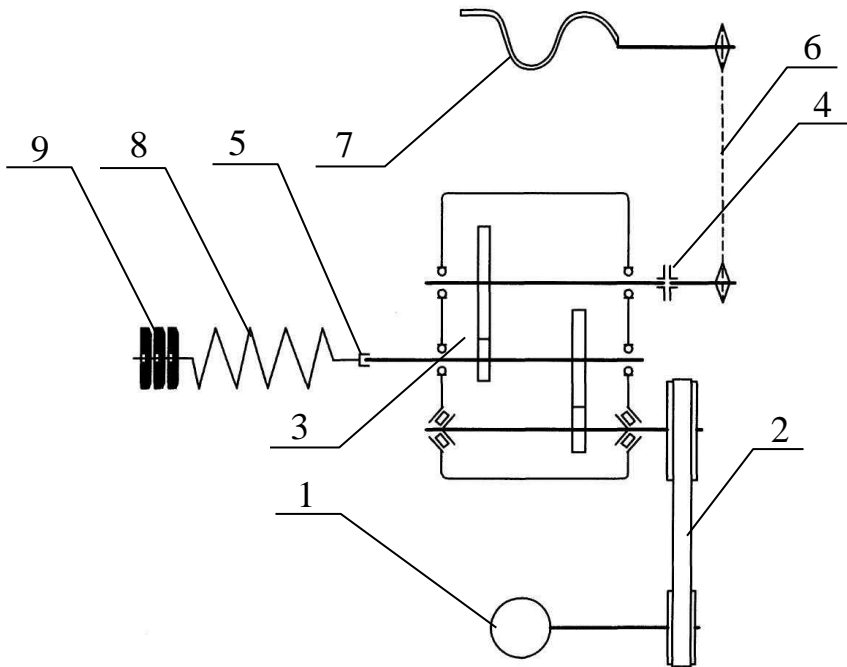


Рис. 4 Кінематична схема вовчка ФМП -2-120

1– електродвигун; 2–клино-пасова передача; 3–редуктор; 4,5–муфти; 6– ланцюгова передача; 7– живильна спіраль; 8–подаючий шнек; 9–ріжучий блок

Необхідна частота обертання подаючого шнека для забезпечення заданої продуктивності вовчка,  $c^{-1}$

$$n_{ш} = \frac{G}{0.785 \cdot (D_{ш}^2 - d_{г}^2) \cdot (t - \delta) \cdot (1 - K) \cdot \rho \cdot \varphi}, \quad (17)$$

де  $G$ —задана продуктивність вовчка, кг/с;  
 $D$ —зовнішній діаметр шнека, м;  
 $d$ —внутрішній діаметр шнека, м;  
 $K$ —коефіцієнт відставання часток матеріалу по осі;  
 $t$ —крок витків, м;  
 $\rho$ —щільність продукту,  $кг/м^3$ ;  
 $\delta$ —товщина витка шнека, м;  
 $\varphi$ —коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

Передаткове відношення ( $i$ ) клинопасової передачі для забезпечення розрахункових обертів подаючого шнека розраховується за формулою:

$$i_{кл.п.} = \frac{n_{ел.д.}}{n_{ш} \cdot i_{p1}}, \quad (18)$$

де  $n_{ел.д.}$ —частота обертання ротора електродвигуна,  $c^{-1}$ ;  
 $n_{ш}$ —частота обертання шнека,  $c^{-1}$ ;  
 $i_{p1}$ —передаткове відношення швидкохідної ступені редуктора.

Передаткове відношення ланцюгової передачі для забезпечення заданої частоти обертання спіралі живильника

$$i_{л.п.} = \frac{n_{ел.д.}}{n_{ж} \cdot i_{кл.п.} \cdot i_{p1} \cdot i_{p2}}, \quad (19)$$

де  $n_{ел.д.}$ —частота обертання ротора електродвигуна,  $c^{-1}$ ;  
 $n_{ж}$ —частота обертання живильника,  $c^{-1}$ ;  
 $i_{кл.п.}$ —передаткове відношення клинопасової передачі.  
 $i_{p1}$ —передаткове відношення швидкохідної ступені редуктора.  
 $i_{p2}$ —передаткове відношення тихохідної ступені редуктора.

## 2.1 Розрахунок потужності електродвигуна вовчка

Основними геометричними параметрами, які визначають продуктивність вовчка, є діаметр  $D$  та живий перетин ґратки.

Діаметр ґратки, м,

$$D_p = \frac{4 \cdot F}{n \cdot \pi \cdot (k_1 \cdot \varphi_1 + k_2 \cdot \varphi_2 + \dots + k_i \cdot \varphi_i)}, \quad (20)$$

де  $F$  – різальна здатність вовчка, м<sup>2</sup>/с;

$n$  – частота обертання ножа, с<sup>-1</sup>;

$k$  – кількість лез на ножі;

$\varphi_i = 0,7 \dots 0,9$  – коефіцієнт, який враховує використання площі живого перетину ґратки, що контактує з  $i$ -м ножом.

$$\varphi = \frac{z \cdot d_p}{D_p}, \quad (21)$$

де  $z$  – кількість отворів в ґратці, шт;

$d_p$  – діаметр отворів в ґратці, м;

$D_p$  – діаметр ґратки, м.

Різальна здатність вовчка

$$F = \frac{G \cdot F_1}{\varphi_0}, \quad (22)$$

де  $G$  – задана продуктивність вовчка, кг/с;

$\varphi_0$  – коефіцієнт використання здатності різального механізму;

$F$  – здатність різального механізму, м<sup>2</sup>/год;

$F_1$  – поверхня розділу при здрібнюванні одиниці ваги продукції в м<sup>2</sup>/кг.

На підставі дослідів встановлено, що чисельне значення  $F_1$  залежить від ступеню здрібнювання і для розрахунків можна прийняти при здрібнюванні м'яса у вовчках при позитивній температурі:

Діаметр отворів у вихідній ґратці $d_0$ , мм	$F_1$ , м <sup>2</sup> /кг
2	1,1-1,2
3	0,6-0,7
25	0,07-0,1

При здрібнюванні м'ясопродуктів у замороженому стані чисельне значення  $F_1$  збільшується на 15—20%.

Потужність двигуна до вовчка можна розрахувати за формулою:

$$N = \frac{(N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta} \text{ кВт}, \quad (23)$$

де  $N_1$  – потужність, необхідна для здрібнювання продукції, кВт;

$N_2$  – потужність, необхідна для подолання тертя в деталях різального

механізму, кВт;

$N_3$  – потужність, необхідна для роботи подавального черв'яка, кВт;

$N_4$  – потужність, необхідна для роботи пристроїв, що подають м'ясо в

циліндр вовчка, кВт;

$\eta_a$  – коефіцієнт запасу потужності ( $\eta_a = 1,2 \dots 1,3$ );

$\eta$  – к. к. д. передаточного механізму.

$$N_1 = a \cdot F_1 \cdot G \text{ кВт}, \quad (24)$$

де  $a$  – питомі витрати енергії кДж/м<sup>2</sup>; (2,5...3,5)

$F_1$  – поверхня розділу при здрібнюванні одиниці ваги продукції, м<sup>2</sup>/кг;

$G$  – задана продуктивність вовчка в кг/с.

$$N_2 = 0.785 \cdot p_m \cdot b \cdot k \cdot z \cdot \omega \cdot \mu \cdot (D^2 - d^2) \text{ кВт}, \quad (25)$$

де  $p$  – питомий тиск на площині ножів і ґрат, м<sup>2</sup>;

$b$  – ширина площини контакту леза ножа з ґратами, м;  
 $k$  – число пер на ножі;  
 $z$  – кількість різальних площин у механізмі;  
 $\omega$  – кутова швидкість обертання ножів,  $c^{-1}$ ;  
 $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання ножа по ґратах при наявності продукції,

що подрібнюється, ( $\mu \approx 0,1$ );

$D$  – зовнішній діаметр ножа, м;

$d$  – внутрішній діаметр лез ножа, м.

Потужність, необхідну для роботи черв'яка можна визначити за умови створення максимального тиску для проходу продукції через усі ґрати.

Тиск (Па), необхідний для проходу продукції через ґрати, може бути визначений по рівнянню (7), одержаному з припущення, що сила тиску на продукцію компенсується опором зрізу по периметру краю отвору, тобто

$$p_1 = \frac{4\tau}{d_0} n / m^2 \quad (26)$$

де  $d_0$  – діаметр отворів в ґратах, м;

$\tau$  – напруга зрізу, що створює умови вдавлювання продукції, що подрібнюється, в отвори ґрат, Н/м ( $\tau = 0,3 \dots 0,4$  кН/м для охолодженого і дефростованого м'яса;  $\tau = 3,0 \dots 4,0$  при подачі замороженого безкісткового м'яса).

Загальний тиск  $p_0$ , що створюється черв'яком, буде визначений як сума тисків на окремі ґрати.

$$p_{заг} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (27)$$

Тоді

$$N_3 = p_{заг} \cdot G \cdot (1 + \alpha_0) k v t \quad (28)$$

де  $p_{заг}$  – загальний питомий тиск, що створюється черв'яком для проходу продукції через ґрати, кН/м<sup>2</sup>;

$G$  – задана продуктивність машини в м<sup>3</sup>/с;



$\alpha_0$  – коефіцієнт, що враховує втрати енергії на тертя продукції під час її руху в циліндрі машини.(0,72...2,0).

Потужність приводу пристосувань, що забезпечують примусову подачу продукції в циліндр,

$$N_4 = k_0 \cdot \gamma \cdot G \cdot L \text{ квт} \quad (29)$$

де  $G$  – задана продуктивність машини в  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$k_0$  – коефіцієнт опору при переміщенні продукції по живильнику ( $k = 4 \dots 8$ );

$L$  – довжина спіралі в м;

$\rho$  – щільність продукції в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\gamma$  – питома вага продукції в  $\text{Н}/\text{м}^3$ .

## 2.2 Розрахунок клинопасової передачі.

Передаткове відношення ( $i$ ) клинопасової передачі розраховується за формулою:

$$i = \frac{n_1}{n_2}, \quad (30)$$

де  $n_1$  – частота обертів електродвигуна, об/хв;

$n_2$  – частота обертання вала шнека, об/хв.

$$i = \frac{730}{260} = 2,81$$

Обертальний момент ( $M_o$ , Н·м) на валу ведучого шківа розраховується за формулою:

$$M_o = \frac{30 \cdot P}{3,14 \cdot n_1}, \quad (31)$$

де  $P$  – потужність двигуна, Вт.

$n_1$  – частота обертів електродвигуна, об/хв.

$$M_o = \frac{30 \cdot 22 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 730} = 288 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Діаметр ведучого шківa ( $d_1$ , мм) розраховується за формулою:

$$d_1 = 3 \cdot \sqrt[3]{M_o}, \quad (32)$$

$$d_1 = 3 \cdot \sqrt[3]{288 \cdot 10^3} = 198 \text{ мм}$$

де  $M_o$  – обертальний момент на валу ведучого шківa, Н·м.

Діаметр веденого шківa ( $d_2$ , мм) розраховується за формулою:

$$d_2 = d_1 \cdot I \cdot (1 - \varepsilon), \quad (33)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт відносного ковзання.

$$d_2 = 198 \cdot 2,81 \cdot (1 - 0,01) = 551 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань в інтервалі  $a_{\min} \dots a_{\max}$  після розрахунку за формулами (9; 10) приймається:

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_o, \quad (34)$$

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (198 + 551) + 13,5 = 425,4 \text{ мм}$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2 \quad (35)$$

$$a_{\max} = 198 + 551 = 749 \text{ мм}$$

де  $T_o$  – висота перетину паса, м.

Приймається  $a=600$  мм.

Довжина паса ( $L$ , мм) розраховується за формулою:

$$L = 2a + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \quad (36)$$

де  $a$  – міжосьова відстань, мм.

$$L = 2 \cdot 600 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (198 + 551) + \frac{(551 - 198)^2}{4 \cdot 600} = 2428 \text{ мм}$$

Кут обхвату шківa ( $\alpha_1$ , град) розраховується за формулою:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \left( \frac{d_2 - d_1}{a} \right). \quad (37)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \left( \frac{551 - 198}{600} \right) = 146,5^{\circ}.$$

Необхідна кількість пасів ( $z$ ) розраховується за формулою:

$$z = \frac{(P \cdot C_p)}{(P_o \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z)}, \quad (38)$$

де  $P$  – потужність, що передається від двигуна, кВт;  
 $P_o$  – потужність, що передається одним пасом, кВт;  
 $C_L$  – коефіцієнт що враховує довжину паса;  
 $C_p$  – коефіцієнт режиму роботи;  
 $C_\alpha$  – коефіцієнт кута обхвату;  
 $C_z$  – коефіцієнт кількості пасів.

$$z = \frac{(22 \cdot 1,2)}{(5,47 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,99)} = 5,8 \text{ шт}$$

Приймається 6 пасів.

Швидкість руху паса ( $v$ , м/с) розраховується за формулою:

$$v = \frac{3,14 \cdot d_1 \cdot n_1}{60}, \quad (39)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,198 \cdot 720}{60} = 7,46 \text{ м/с}$$

де  $d_1$  – діаметр ведучого шківa, м;

$n_1$  – частота обертів електродвигуна, об/хв.

Натяг паса ( $F_n$ , Н) розраховується за формулою:

$$F_n = \left( \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_\alpha} \right) + \theta \cdot v^2, \quad (40)$$

де  $\theta$  – коефіцієнт, що враховує відцентрову силу,  $\frac{H \cdot c}{M^2}$ .

$$F_n = \left( \frac{850 \cdot 22 \cdot 1,2 \cdot 0,93}{6 \cdot 7,46 \cdot 0,91} \right) + 0,3 \cdot 7,46^2 = 573,7 \text{ Н.}$$

Силу ( $F_{\theta}$ , Н), що діє на вал розраховується за формулою:

$$F_{\theta} = 2 \cdot F_n \cdot z \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right). \quad (41)$$

$$F_{\theta} = 2 \cdot 573,7 \cdot 6 \cdot \sin\left(\frac{146,5}{2}\right) = 6532,3 \text{ Н.}$$

### 2.3 Розрахунок ланцюгової передачі.

Вибираємо приводний втулково-роликівий однорядний ланцюг.

Обертальний момент на валу живильної спіралі вовчка (Н·мм) розраховується за формулою:

$$M = \frac{30 \cdot N_4}{\pi \cdot n_{ж}}, \quad (42)$$

де  $N_4$  – потужність, що необхідна для роботи живильної спіралі, Вт;

$n_{ж}$  – частота обертання вала живильної спіралі, об/хв .

Кількість зубців ведучої зірочки ( $z_1$ ) розраховується за формулою:

$$z_1 = 31 - i_{л.п.}, \quad (43)$$

де  $i_{л.п.}$  – передаткове число ланцюгової передачі.

Кількість зубців веденої зірочки ( $z_2$ ) розраховується за формулою:

$$z_1 = z_2 \cdot i_{л.п.}$$

Приймаємо  $z_1 = \dots$ ,  $z_2 = \dots$ .

Коефіцієнт навантаження ланцюга, розраховується за формулою:

$$K_e = K_\partial \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_{сз} \cdot K_n, \quad (44)$$

де  $K_\partial$ —динамічний коефіцієнт;

$K_a$ —коефіцієнт, що залежить від міжосьової відстані;

$K_n$ — коефіцієнт, що залежить від нахилу ланцюга;

$K_p$ — коефіцієнт, що залежить від способу натягу ланцюга;

$K_{сз}$ — коефіцієнт, що залежить від способу змащення ланцюга;

$K_n$ — коефіцієнт, що залежить від періодичності роботи ланцюга.

Крок ланцюга, (мм) розраховується за формулою:

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T \cdot K_e}{z_2 \cdot [p] \cdot m}}, \quad (45)$$

де  $M$ —обертальний момент веденої зірочки,  $H \cdot мм$ ;

$z_2$ —кількість зубців веденої зірочки,  $шт$ ;

$[p]$ —припустимий диск опорної поверхні шарніру ланки,  $H/мм^2$ ;

$m$ —кількість рядів ланцюга.

Підбираємо марку ланцюга .

Швидкість ланцюга, (м/с) розраховується за формулою:

$$\nu = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}, \quad (46)$$

де  $n_1$ —частота обертання ведучої зірочки, *об/хв*.  
Колова сила, (Н) розраховується за формулою:

$$F = \frac{N_1}{\nu}, \quad (47)$$

де  $N_1$ —потужність на валу веденої зірочки, *Вт*;  
 $\nu$ —швидкість ланцюга, *м/с*.

Кількість ланок ланцюга (*шт*) розраховується за формулою:

$$L_t = 2a_t + 0,5 \cdot z_{\Sigma} + \frac{\Delta^2}{a_t}, \quad (48)$$

де  $a_t = \frac{a_u}{t}$ ,  $a_u = 40 \cdot t$ ,  $z_{\Sigma} = z_1 + z_2$ ,  $\Delta = \frac{z_2 - z_1}{2\pi}$ .

Уточнюємо міжосьову відстань, (мм) за формулою:

$$a_u = 0,25 \cdot t \cdot [L_t - 0,5 \cdot z_{\Sigma} + \sqrt{(L_t - 0,5 \cdot z_{\Sigma})^2 - 8\Delta^2}]$$

Ділильні діаметри зірочок, (мм) розраховується за формулою:

$$d_{o1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_1}}$$

$$d_{o2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}}$$

Зовнішні діаметри зірочок, (мм) розраховується за формулою:

$$D_{e1} = t \cdot \left( \operatorname{ctg} \frac{180}{z_1} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot d_1, \quad (49)$$

$$D_{e2} = t \cdot \left( \operatorname{ctg} \frac{180}{z_2} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot d_1, \quad (50)$$

де  $d_1$ —діаметр ролика ланцюга, мм.

Відцентрова сила, що діє на ланцюг, (Н) розраховується за формулою:

$$F_v = q \cdot v^2, \quad (51)$$

де  $q$ —вага одного погонного метру ланцюга, кг;

$v$ —швидкість ланцюга, м/с.

Сила, що діє на ланцюг в наслідок його провисання, (Н) розраховується за формулою:

$$F_f = 9,81 \cdot K_f \cdot q \cdot a_u, \quad (52)$$

де  $K_f$ —коефіцієнт, що враховує розташування ланцюга;

$a_u$ — міжосьова відстань, м.

Розрахунок навантаження на вали, (Н) розраховується за формулою:

$$F_s = F + 2F_f$$

Перевіряємо коефіцієнт запасу міцності ланцюга за формулою:

$$S = \frac{Q}{F \cdot K_d \cdot F_v \cdot F_f}, \quad (53)$$

де  $Q$ —навантаження руйнування ланцюга, Н;

$K_d$ —динамічний коефіцієнт.

Повинна виконуватись умова  $S \geq [S]$ ,

де  $[S]$ —нормативний коефіцієнт запасу міцності, Н;

Варіант	Продуктивність, $G, \text{кг/с}$	Частота обертання вала електродвигуна, $n_{ел}, \text{с}^{-1}$	Передавальне відношення швидкохідної ступені редуктора, $i_{p1}$	Передавальне відношення тихохідної ступені редуктора, $i_{p2}$	Частота обертання живильної спіралі, $n_{ж}, \text{с}^{-1}$	Довжина живильної спіралі, $L, \text{м}$	Зовнішній діаметр шнека, $D, \text{м}$	Кількість ножів, $z, \text{шт}$
1	0,75	24,0	2,300	8,05	0,78	0,68	0,105	3
2	0,70	16,7	2,808	9,83	0,67	0,57	0,100	2
3	0,65	12,5	3,125	10,92	0,63	0,52	0,095	3
4	0,60	16,7	3,500	12,25	0,56	0,48	0,090	4
5	0,55	24,0	3,950	13,83	0,52	0,42	0,085	2
6	0,50	12,5	3,950	15,60	0,46	0,38	0,080	3
7	0,45	16,7	4,500	17,78	0,41	0,32	0,075	4
8	0,40	24,0	5,187	20,49	0,36	0,28	0,070	2
9	0,35	12,5	5,600	22,12	0,32	0,22	0,065	3
10	0,20	16,7	6,615	23,15	0,27	0,17	0,06	4



## 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: Аналіз процесу виробництва молока з обґрунтуванням  
вибору відцентрового насоса.

---

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 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.  
Богомолів О.В.  
Денисенко С.А.  
Іващенко С.Г.  
Шерстюк В.С.

Методичні вказівки  
до виконання розділу

**РОЗРАХУНОК ВОВЧКА ДЛЯ М'ЯСА**  
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



