

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ФІЛІМОНОВА НАДІЯ ВІКТОРІВНА



УДК 637.513.45:539.62

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВОВЧКІВ
ШЛЯХОМ УЗГОДЖЕННЯ ПОДАЧІ ТА ПРОЦЕСУ
ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Черкаському державному технологічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Осипенко Василь Іванович,
Черкаський державний технологічний університет,
завідувач кафедри проектування харчових
виробництв та верстатів нового покоління

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Терешкін Олег Георгійович,
Харківський державний університет харчування
та торгівлі, завідувач кафедри готельного
і ресторанного бізнесу

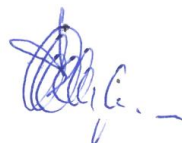
доктор технічних наук, доцент
Сухенко Владислав Юрійович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
завідувач кафедри стандартизації та сертифікації
сільськогосподарської продукції

Захист відбудеться « 8 » грудня 2017 р. о 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий « 6 » листопада 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Необхідною умовою успішного розвитку харчової промисловості є безупинне вдосконалення технологічного обладнання з метою підвищення ефективності обробки сировини та зменшення експлуатаційних витрат.

Одним із поширених видів технологічного обладнання, яке використовується в м'ясопереробній галузі, є вовчки. Операції різання та подрібнення сировини займають одне з основних місць у технологічному процесі виготовлення м'ясних продуктів. Вовчки відрізняються відносною простотою конструкції, надійністю та зручністю в експлуатації. Над дослідженням та вдосконаленням вовчків працювали А.І. Пелеєв, В.М. Горбатов, Г.О. Прейс, Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, О.І. Некоз, В.К. Кукшин, Т.В. Чижикова, С.Г. Юрков, В.В. Дуб та ін. Незважаючи на вагомість отриманих результатів, вони не є вичерпними для окремих аспектів робочих процесів у вовчках.

У сучасних умовах подальший розвиток цих машин підпорядковується загальним тенденціям ринку, тобто йде в напрямках підвищення питомої продуктивності та зменшення експлуатаційних витрат на купівлю різального інструменту. Зростання питомої продуктивності дає можливість підвищити випуск продукції без збільшення капітальних та експлуатаційних витрат на утримання технологічного обладнання. Проведений автором аналіз показав, що в існуючих конструкціях вовчків наявний резерв збільшення продуктивності. Так, згідно з теоретичними уявленнями, при визначенні продуктивності вовчків береться до уваги коефіцієнт, який знижує вираховане значення на величину до 70%. У відомій літературі відсутні вичерпні відомості з пояснення природи цього коефіцієнта. На думку автора, істотні розбіжності між дійсними та розрахованими значеннями продуктивності вовчка обумовлені особливістю подачі м'ясної сировини шнеком – сировина в кожний момент часу інтенсивно подається не по всій робочій площі решіток, а лише в межах деякого сектора, величина якого залежить від конструктивних параметрів шнека та від структурно-механічних властивостей сировини. Дослідження та належне врахування цього ефекту дадуть змогу підвищити продуктивність вовчків без збільшення геометричних розмірів їх основних робочих органів.

В свою чергу, здешевлення різального інструменту дасть змогу зменшити вже наявні експлуатаційні витрати, тому що вартість ножів у сучасних умовах досить висока, а їх довговічність, як правило, не перевищує двох місяців.

Таким чином, для досягнення вищих технічних показників функціонування обладнання необхідні визначення нових та коригування раніше відомих залежностей між конструктивними, кінематичними, технологічними параметрами вовчків та структурно-механічними властивостями сировини, а також розробка нових, більш досконалих, конструкцій вовчків та їх різального інструменту. Це і є центральним завданням цієї роботи та обумовлює її актуальність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що становлять основу дисертації, проведено у Черкаському державному технологічному університеті згідно з госпдоговірною темою №79-109 (0114U003002) «Розроблення сучасного вітчизняного комплексу м'ясорізальних машин».

Метою роботи є підвищення ефективності вовчків шляхом узгодження способів подачі до різального вузла та процесу подрібнення м'ясної сировини.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

- провести аналіз основних закономірностей подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчках;
- розробити комплексну систему аналітичного, чисельного та статистичного математичного моделювання процесів роботи робочих органів вовчка;
- уточнити кількісні значення структурно-механічних властивостей різних видів м'яса;
- визначити вплив напружено-деформованого стану м'ясної сировини на гідродинамічні характеристики її подачі крізь елементи різального вузла;
- встановити закономірності впливу величини кута підйому витків шнека, частоти його обертання, зовнішнього діаметра і товщини решіток різального вузла, площі лез ножа, структурно-механічних властивостей різних видів м'яса на продуктивність вовчка;
- виявити характер подачі сировини окремими зонами останнього витка шнека вовчка;
- експериментально дослідити вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на кількісні показники їх зношування;
- на основі результатів досліджень обґрунтувати і запропонувати найбільш ефективні способи подачі сировини до різального вузла та узгоджені з ними конструкції ножів;
- виконати теоретичні дослідження напружено-деформованого стану ножів вовчка та розробити нову конструкцію ножа зі зменшеною металоємністю і підвищеною продуктивністю процесу подрібнення сировини;
- оцінити техніко-економічну ефективність вдосконаленого обладнання та здійснити його впровадження у м'ясопереробне виробництво.

Об'єкт дослідження: процес подрібнення м'ясної сировини в різальному вузлі та його взаємозв'язки з параметрами її подачі.

Предмет дослідження: конструктивні та експлуатаційні характеристики пристроїв для подачі сировини і різального комплексу, структурно-механічні властивості м'ясної сировини, закономірності їх взаємовпливу на ефективність роботи вовчків.

Методи досліджень: положення механіки суцільного середовища, сучасні методи математичного моделювання складних технічних систем та процесів, експериментальні дослідження на спеціалізованому обладнанні з використанням відповідної вимірювальної та реєструючої апаратури, експериментальні методи вимірювання структурно-механічних властивостей сировини, методи математичного планування експериментів та статистичної обробки отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- на основі отриманих аналітичних залежностей та результатів експериментальних досліджень набули подальшого розвитку положення про вплив

основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка та структурно-механічних властивостей сировини на продуктивність процесу подрібнення;

– встановлено залежність тиску продавлювання м'ясної сировини від конструктивної схеми різального комплексу, виявлено граничні тиски для яловичини та свинини, за досягнення яких починається руйнування структури м'ясної сировини;

– уточнено кількісні значення модуля осьового стискання, напруження стандартної пенетрації та напруження зрізу основних видів м'ясної сировини, яка переробляється у вовчках;

– визначено вплив силового кільця та опорного леза на міцність лез ножа і обґрунтовано шляхи підвищення міцності ножів.

Практичне значення отриманих результатів. Обґрунтовані та реалізовані в розроблених нових конструктивних схемах вовчків найбільш ефективні способи подачі м'ясної сировини до різального вузла й узгоджені з ними конструкції ножів дали можливість підвищити питому продуктивність (до 1,8...2,2 разу), покращити надійність роботи, розширити технологічні можливості та спростити експлуатацію вовчків. На запропоновані нові конструктивні рішення одержано два патенти України на корисну модель. Розроблено нову методику розрахунку основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка, яка дає змогу коректніше врахувати їх вплив на процес подрібнення м'ясної сировини. Економічний ефект, залежно від застосованих технічних рішень і моделі вовчка, становить 3500...264000 грн для однієї одиниці обладнання.

Реалізація роботи. Окремі елементи методики впроваджено у навчальний процес Черкаського державного технологічного університету. За результатами дослідження здійснено впровадження наукових результатів у виробництво на машинобудівному підприємстві ПП «Алнат» (м. Черкаси, акт від 07.09.2016 р.) та на м'ясопереробному підприємстві ТОВ «Черкаська продовольча компанія» (м. Черкаси, акт від 04.08.2016 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в самостійній розробці методик розрахунку технологічних та конструктивних параметрів вовчків. Автором проведено експериментальні дослідження подачі та процесу подрібнення сировини і параметрів роботи різального інструменту на лабораторних стендах та у виробничих умовах. Виконано аналіз отриманих результатів, сформульовано висновки й положення, які виносяться на захист. Усі результати досліджень, які наведені в дисертації, належать авторові й отримані на основі особистої наукової творчості.

Автору належать такі основні положення: рівняння, що описують рух сировини при її подачі шнеком вовчка; розроблені конструкції вовчків та їх ножів.

Загальний план роботи та програму досліджень складено разом із науковим керівником д.т.н. В.І. Осипенком, постановку задачі обчислювальної гідродинаміки в програмному комплексі FlowVision виконано за участю к.т.н. І.М. Литовченка (Національний університет харчових технологій). Автор висловлює подяку за сприяння у проведенні виробничих досліджень О.А. Козію (ПП «Алнат», м. Черкаси) та П.В. Іванову (ТОВ «Черкаська продовольча компанія»).

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні наукові положення дисертації доповідалися на таких всеукраїнських та міжнародних конференціях і

конгресі: 74, 80 і 82 наукові конференції «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2008, 2014, 2016 рр.); I науково-технічна конференція «Актуальні проблеми харчової промисловості» (м. Тернопіль, 2013 р.); I Міжнародна науково-практична конференція «Системи розробки та постановки продукції на виробництво» (м. Суми, 2016 р.); 8th Central European Congress on Food 2016 «Food Science for Well-being» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2017 р.).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 15 праць, у тому числі: 6 статей у наукових фахових виданнях України (з них 4 – у виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз даних); 2 патенти України на корисну модель; 7 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 156 найменувань, у тому числі 60 зарубіжних, та чотирьох додатків. Дисертація викладена на 266 сторінках машинописного тексту (основна частина – 143 сторінки), містить 16 таблиць та 83 рисунка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність і науково-практичну значущість проблеми підвищення ефективності роботи м'ясорізальних вовчків та зменшення витрат на їх експлуатацію. Сформульовано мету та завдання роботи, наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі «Сучасний стан розвитку м'ясорізальних вовчків та задачі дослідження» на основі аналізу літературних джерел і узагальнення виробничого досвіду показано місце і науково-прикладне значення проблеми підвищення ефективності роботи вовчків та їх експлуатаційних показників. Відзначено, що, незважаючи на багаторічне використання цих типів м'ясорізальних машин та дослідження процесів, які супроводжують їх роботу, проблеми вдосконалення конструкцій вовчків та покращення їх експлуатаційних показників і надалі залишаються актуальними.

У відомих працях, присвячених дослідженню роботи вовчків, відсутній загальноновизнаний підхід до визначення їх продуктивності. Існуючі методики не враховують належним чином зниження продуктивності через наявність зворотного перетікання сировини крізь зазор між витками шнека та робочим циліндром, а також уздовж гвинтового каналу шнека. Суттєвою проблемою є реальна відсутність ґрунтового аналізу напружено-деформованого стану ножів вовчка, що обмежує пошук ефективних шляхів підвищення їх міцності.

Незважаючи на достатньо широке різноманіття конструкцій пристроїв для подачі сировини в різальний вузол вовчків (які, переважно, являють собою одношнековий насос), відсутні конструкції, використання яких давало б змогу істотно підвищити продуктивність вовчка шляхом збільшення ступеня використання робочої площі решіток різального вузла в кожний момент часу. Так

само відсутні конструкції ножів, які б володіли істотно зниженою собівартістю, а відтак, обумовлювали б зменшені експлуатаційні витрати.

Розглянутий комплекс невирішених питань суттєво стримує подальше вдосконалення вовчків. Виходячи з цього, і були сформульовані напрями досліджень, мета та основні завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі «Експериментальне обладнання та методики проведення досліджень» для проведення досліджень було обрано вовчки АЛ-130, МП-160, VVS- 180, К6-ФВЗП-200, їх різальні комплекти, а також установку для подрібнення м'ясної сировини на базі вакуумного шприца марки Handtmann VF 628. Дослідження продуктивності вовчків проводилось за допомогою натурних активних експериментів у виробничих умовах.

Процес дослідження інтенсивності подачі сировини здійснювався шляхом виконання відеозйомки процесу виходу м'ясної сировини з різального вузла вовчка при її подачі шнеком. Використовувалась цифрова відеокамера SONY Cyber-Shot DSC-S3000, отриманий відеофайл перетворювався на низку покадрових фотозображень за допомогою програмного пакета «Free video to jpg converter 5.0.99.823». Отримані фотозображення аналізувались, і встановлювався характер подачі м'ясної сировини останнім витком шнека.

Вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність їх роботи визначали шляхом вимірювання затуплення різальних кромek лез. Затуплення різальних кромek оцінювалось за радіусом їх заокруглення методом відбитків за допомогою подвійного мікроскопа «МБС-9». Отримані цифрові фотознімки відбитків аналізувались за допомогою персонального комп'ютера та графічної програми КОМПАС-3D V13.

Планування експериментів проводилось за допомогою програмного пакета STATISTIC 10. Обробку експериментальних даних і визначення рівнянь регресії, залишків та коефіцієнта кореляції проводили із використанням програмного пакета Curve Expert 1.3.

Для дослідження залежності гідравлічного опору різального вузла від його конструктивного виконання використовувався лабораторний стенд, який складався з аналізатора текстури марки «TA.HDplus STABLE MICRO SYSTEMS» та спеціального пристрою, встановленого у робочих захватах аналізатора. Для визначення структурно-механічних характеристик м'ясної сировини було використано електромеханічну універсальну випробувальну машину СМТ 2503 виробництва Shenzhen SANS Testing Machine Co (КНР).

Аналітичне дослідження відносної деформації сировини при подачі її шнеком вовчка здійснювалось на основі сіткових методів із використанням програмного комплексу FlowVision. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану ножів вовчка здійснювалось з використанням програмної системи T-Flex Analysis.

Оцінка якості обробки проводилась: порівнянням вимірянних значень температури сировини до та після подрібнення за допомогою цифрового термометра марки RST 07841; визначенням фізико-механічних властивостей сировини після подрібнення з використанням універсальної випробувальної машини SANS СМТ 2503; органолептичним оцінюванням готових ковбасних

виробів на їх відповідність вимогам нормативної документації за чинною в галузі методикою.

У третьому розділі «Комплексна система математичного моделювання процесів роботи робочих органів вовчка» представлено комплексну систему математичного моделювання процесів роботи робочих органів вовчка. Продуктивність вовчка G , кг/с запропоновано визначати за виразом:

$$G = K_Q (Q_{осн.} - Q_{в.к.} - Q_{в.з.}) \cdot \rho, \quad (1)$$

де K_Q – коефіцієнт продуктивності; $Q_{осн.}$ – основний потік сировини, який створюється шнеком, м³/с; $Q_{в.к.}$ – зворотний потік сировини вздовж гвинтового каналу шнека м³/с; $Q_{в.з.}$ – зворотний потік сировини крізь зазор між зовнішньою поверхнею витків шнека та внутрішньою поверхнею робочого циліндра м³/с; ρ – густина сировини, кг/м³.

На основі рівняння нерозривності потоку, рівняння руху, рівняння енергії та рівнянь реологічного стану сировини побудовано математичну модель подачі сировини до різального комплексу шнеком вовчка і отримано наступні вирази по визначенню окремих складових результуючого потоку:

– прямий потік уздовж шнека:

$$Q_{осн.} = \frac{\pi^2 D_{ш}^2 \cdot n_{ш} \cdot h_g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2}; \quad (2)$$

– зворотний потік уздовж гвинтового каналу:

$$Q_{в.к.} = \frac{\pi D_{ш} h_g^3 \cdot \sin^2 \alpha \cdot p_2 - p_1}{12\psi L_{1,2}}; \quad (3)$$

– зворотний потік у зазорі між шнеком та циліндром:

$$Q_{в.з.} = \frac{\pi^2 \cdot D_{ш}^2 \cdot \delta^3}{12\psi \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}}, \quad (4)$$

де $n_{ш}$ – частота обертання шнека, с⁻¹; α – кут підйому витків шнека, град; $D_{ш}$ – зовнішній діаметр шнека, м; h_g – глибина гвинтового каналу шнеку ($h_g = D_{ш} - d_{ш}$), м; $d_{ш}$ – діаметр вала шнека, м; δ – зазор між шнеком та робочим циліндром, м; b – товщина витка, м; $p_2 - p_1$ – перепад тиску на довжині $L_{1,2}$, Па; $L_{1,2}$ – довжина, м; ψ – модуль в'язко-пружних властивостей м'ясної сировини, Па·с, причому:

$$\psi = \frac{E_\mu \cdot E_s \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}}\right) \cdot (t_1 - t_2)}{\left(E_s \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}}\right) + E_\mu \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_1}{t_2}}\right) + E_\mu\right)}, \quad (5)$$

де E_μ – модуль миттєвого деформування тіла, Па; E_s – модуль рівноважної еластичності та післядії, Па; t_1 – період релаксації напружень, с; t_2 – період післядії, с.

Значення коефіцієнта продуктивності вовчка K_Q визначено, взявши до уваги усі основні чинники, які зумовлюють істотне зменшення його теоретично можливої продуктивності:

$$K_Q = \frac{\beta_{\max}}{360} - \frac{4S_l^{\text{акт}} \cdot z_l^{\text{акт}}}{\varphi \cdot \pi (D_p^2 - d_p^2)}, \quad (6)$$

де β_{\max} – максимальне значення кута, який окреслює зону подачі сировини шнеком у різальний вузол, град (рис. 1).

Кінцевий вираз має вигляд:

$$K_Q = 1 - \frac{S_l^{\text{акт}} \cdot z_l^{\text{акт}}}{\varphi \cdot \frac{\pi}{4} (D_p^2 - d_p^2)} - \left(\theta_{\text{пен}} \cdot \left(\frac{1-\varphi}{\varphi} \right) + \theta_{\text{зр}} + \left(\frac{q_0}{k_{\delta}} \right) \cdot e^{\frac{4f \cdot k_{\delta} \cdot B_p}{d_0}} - \frac{q_0}{k_{\delta}} \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\varphi \cdot k_{\text{пром}} \cdot H_o}{E \cdot H_{\text{зан.}}} \right) \left(\frac{\pi \cdot n_{\text{ш}} \cdot e^{a_v} (D_{\text{ш}} - h) \sin \alpha}{v_1 \cdot \cos \gamma_{\text{тп}}} \cdot \cos(\alpha + \gamma_{\text{тп}}) \right)^{b_v}, \quad (7)$$

де D_p – зовнішній діаметр решітки, м; d_p – діаметр центрального отвору решітки, м; $S_l^{\text{акт}}$ – площа фронтальної проекції леза ножа, яке знаходиться в зоні подачі сировини, що окреслена кутом β_{\max} , м²; $z_l^{\text{акт}}$ – кількість лез ножа, які знаходяться в зоні подачі сировини, що окреслена кутом β_{\max} , шт; $k_{\text{пром}}$ – емпіричний коефіцієнт збільшення опору різального вузла внаслідок збільшення відстаней між окремими решітками на величини товщини ножів, які становлять різальні пари з решітками; φ – коефіцієнт використання робочої площі вихідної решітки; $\theta_{\text{пен}}$ – напруження пенетрації сировини при обтіканні перемичок між отворами решітки, Па; $\theta_{\text{зр}}$ – напруження зрізу сировини при вдавленні в отвори решітки, Па; E – модуль пружності при стисканні, Па; f – коефіцієнт тертя

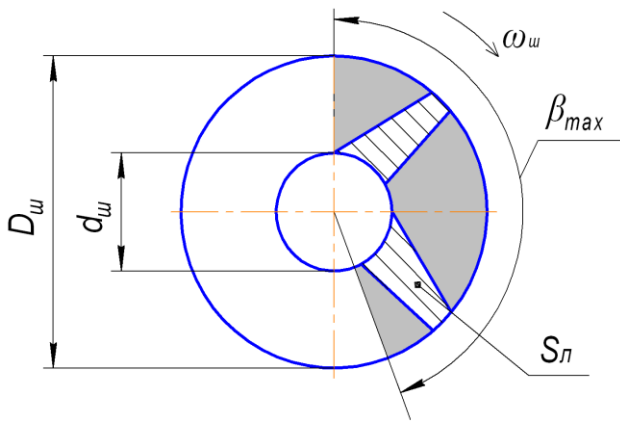


Рис. 1. Розрахункова схема останнього витка шнека (вигляд спереду) при визначенні коефіцієнта продуктивності K_Q

сировини об стінки каналу; B_p – товщина решітки, м; d_0 – діаметр отворів решітки, м; q_0 – залишковий боковий тиск, Па; k_{δ} – коефіцієнт бокового тиску; a_v , b_v – емпіричні коефіцієнти збільшення опору різального вузла внаслідок збільшення швидкості подачі сировини, значення яких залежить від подовження отворів решітки та виду сировини; $\gamma_{\text{тп}}$ – кут тертя сировини об поверхню шнека; $n_{\text{ш}}$ – частота обертання шнеку, с⁻¹; v_1 – одинична швидкість сировини, м/с; H_o – крок міжвиткового простору шнека, в межах останнього витка, м; $H_{\text{зан.}}$ – крок міжвиткового простору шнека, в якому коефіцієнт його заповнення сировиною дорівнює 1, м.

Точність отриманих виразів по визначенню продуктивності знаходиться в межах 6...11% відносно експериментальних значень.

Шляхом чисельного моделювання гідродинаміки руху сировини при обертанні шнека виявлено характер впливу конструктивного виконання шнека на величину кута, який окреслює зону подачі сировини шнеком у різальний вузол. Встановлено, що шнекам із меншим кутом підйому витків α властиві як більші максимальні відносні деформації ε сировини в зоні перед різальним вузлом, так і вищі середні значення відносної деформації.

Результати аналітичних досліджень дають можливість пояснити подачу сировини шнеком вовчка в межах локальної зони робочої площі решітки і, відповідно, запропонувати основні шляхи вдосконалення вовчків, які базуються на цьому ефекті.

За допомогою проведення чисельних експериментів досліджено напружено-деформований стан ножів вовчка, які найчастіше використовуються на практиці та розробленої секторної конструкції, запропонованої на базі ефекту зональності подачі сировини в зону різання. Виявлено, що наявність силового кільця при однаковому навантаженні всіх лез незначним чином впливає на підвищення їх міцності. Це можна пояснити тим, що на усі леза ножа діє однакове навантаження, внаслідок чого вони деформуються на однакову величину, при цьому силове кільце намагається прокрутитися навколо осі обертання ножа, що не дозволяє йому з максимальною ефективністю підвищувати міцність лез.

На основі отриманих результатів запропоновано ножі секторної конструкції зі зменшеною металоємністю, леза яких розташовані в межах кута β_{\max} зони подачі сировини шнеком у різальний вузол. Застосування в будові ножа опорного леза підвищеної ширини разом із силовим кільцем (рис. 2) дає змогу підвищити міцність лез на величину до 25% за допустимими значеннями коефіцієнту запасу міцності k_z по еквівалентним напруженням. Внаслідок цього стає можливим розмістити в межах кута β_{\max} більшу кількість лез та забезпечити їх належну міцність завдяки передачі частини зусилля, яке діє на вузькі леза, на опорне лезо.

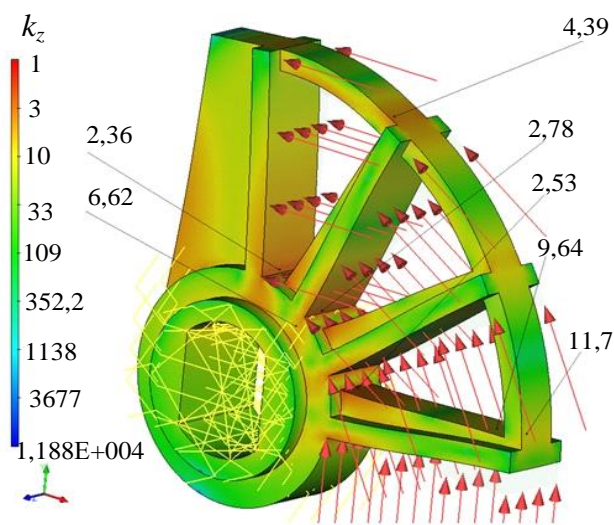


Рис. 2. Візуалізація результатів моделювання напружено-деформованого стану ножа розробленої секторної конструкції з лезами мінімізованої ширини та посиленням опорним лезом

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження робочих процесів у вовчку» представлено результати експериментальних досліджень процесів взаємодії робочих органів вовчків з сировиною.

За допомогою відеозйомки процесу подачі м'ясної сировини шнеком вовчка крізь його різальний вузол встановлено, що сировина в кожний момент часу подається не по всій робочій площі решіток різального вузла, а лише в межах деякого сектора, величина якого залежить від конструктивних параметрів

шнека та від структурно-механічних властивостей сировини. Подача сировини Q є максимальною в зоні наближення кінця витка шнека до різального вузла.

Досліджено вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність їх роботи для вовчків АЛ-130, МП-160, VVS-180, К6-ФВЗП-200, а також для установки для подрібнення м'ясної сировини на базі вакуумного шприца марки Handtmann VF 628.

Встановлено, що при використанні однозахідного шнека кожне лезо ножа характеризується власною величиною зношування (рис. 3, а). Отримані результати підтверджують дані чисельного моделювання та відеозйомки про те, що за таких умов у кожний момент часу подача сировини в різальний вузол здійснюється не по всій площині решітки, а лише в межах певного сектора (з кутом $90\dots120^\circ$), величина якого визначається наближенням поверхні витка шнека до решітки.

У той же час, при використанні як пристрою для подачі сировини двозахідного шнека або ексцентриково-лопатевого насоса леза ножа мають майже однаковий радіус закруглення (рис. 3, б), що свідчить про подачу сировини в кожний момент часу по всій площі решітки.

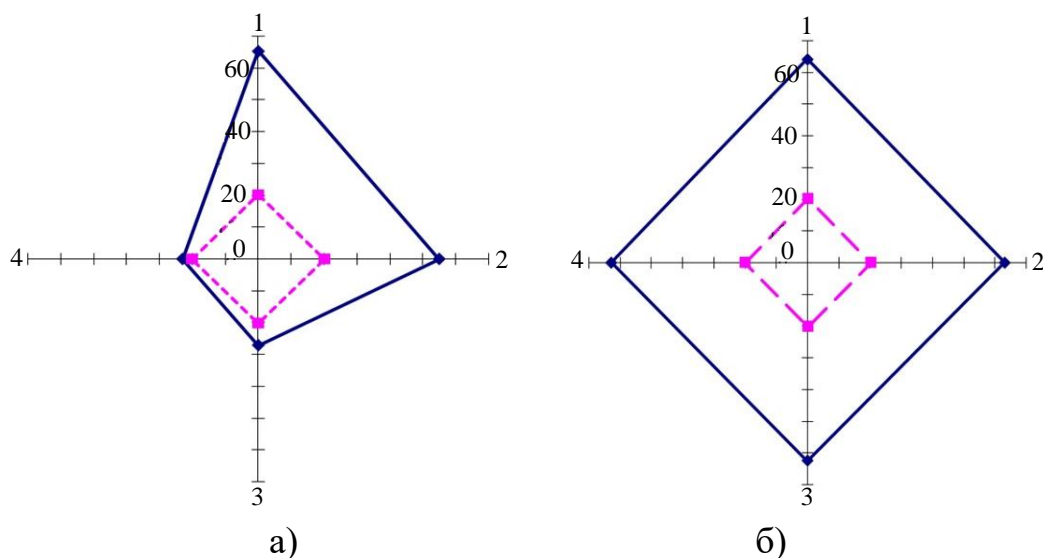


Рис. 3. Порівняння значень радіуса закруглення (10^{-6} м) різальних кромки лез 1 - 4: а) – ножа вовчка МП-160 при використанні однозахідного шнека; б) – вовчкової насадки шприца марки Handtmann VF 628; \blacklozenge – радіус закруглення різальних кромки зношених лез; \blacksquare – радіус закруглення різальних кромки заточених лез

Досліджено вплив напружено-деформованого стану м'ясної сировини (яловичини та свинини) на ефективність її подачі крізь решітку різального вузла (рис.4, 5).

Отримані результати дають змогу пояснити подачу сировини шнеком вовчка в межах певного сектора площі решітки (сировина продавлюється крізь отвори решіток тільки при досягненні необхідного значення відносної деформації, що, в свою чергу, серед іншого, залежить від геометрії шнека). Вони можуть бути

використані для визначення значень перепаду тиску ($p_2 - p_1$) (1–4) і коефіцієнтів $k_{пром}$, a_v , b_v (7) при розрахунках продуктивності вовчка.

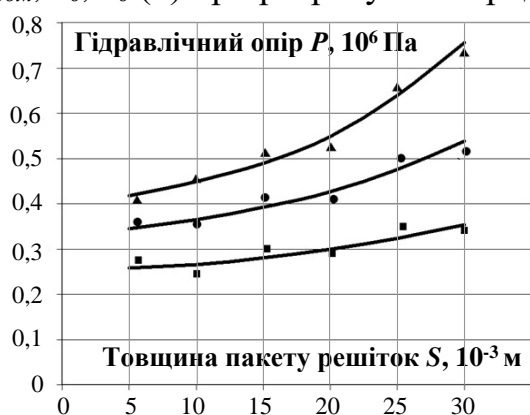


Рис. 4. Залежність гідравлічного опору від товщини пакета решіток (для яловичини) за діаметрів отворів d , 10^{-3} м: ■ – 8; ● – 5; ▲ – 3

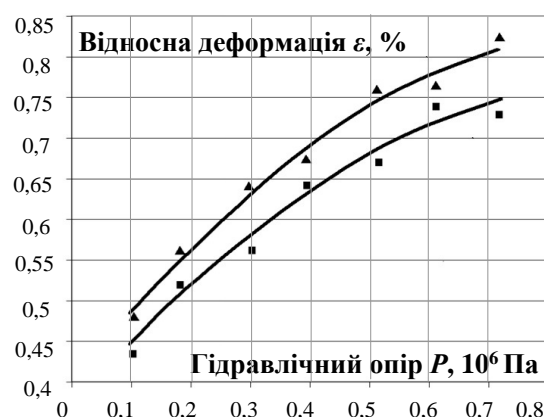


Рис. 5. Залежність між гідравлічним опором та відносною деформацією сировини різного виду: ■ – яловичини; ▲ – свинини

При виборі типу фаршевого насосу вовчка необхідно віддавати перевагу тому, в якому буде забезпечено найменшу відстань від нагнітального елемента до різального вузла. Таке виконання фаршевого насосу дасть можливість зменшити енерговитрати на процес продавлювання та покращити якість продукту, не піддаючи сировину надмірному стисканню.

Уточнено кількісні значення структурно-механічних властивостей м'ясної сировини, яка найчастіше переробляється у вовчках (яловичина, свинина, м'ясо курки). Встановлено, що найбільший модуль осьового стискання властивий яловичині (456 кПа), для свинини та м'яса курки він набуває менших значень (144 та 108 кПа відповідно). Найбільше напруження стандартної penetрації спостерігається для свинини (172 кПа), тоді як для яловичини та м'яса курки – 83 та 48 кПа відповідно. Аналогічним чином, найбільше напруження зрізу при різанні лезом з кутом загострення 90° спостерігається для свинини (467 кПа), тоді як для яловичини – 277 кПа, а для м'яса курки – 141 кПа.

Отримані дані можуть бути використані при визначенні напруження penetрації $\theta_{пен}$, напруження зрізу $\theta_{зр}$ та модуля пружності м'ясної сировини при стисканні E для вирахування коефіцієнта продуктивності вовчка K_Q (7).

Було досліджено залежність значення продуктивності вовчків від конструктивних та кінематичних параметрів їх робочих органів. Отримані результати (рис. 6) дозволили суттєво розширити уявлення про вплив основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка та структурно-механічних властивостей сировини на продуктивність процесу подрібнення.

Перевірка підтвердила повну відсутність погіршення якості фаршів, отриманих на вдосконаленому обладнанні з підвищеною продуктивністю.

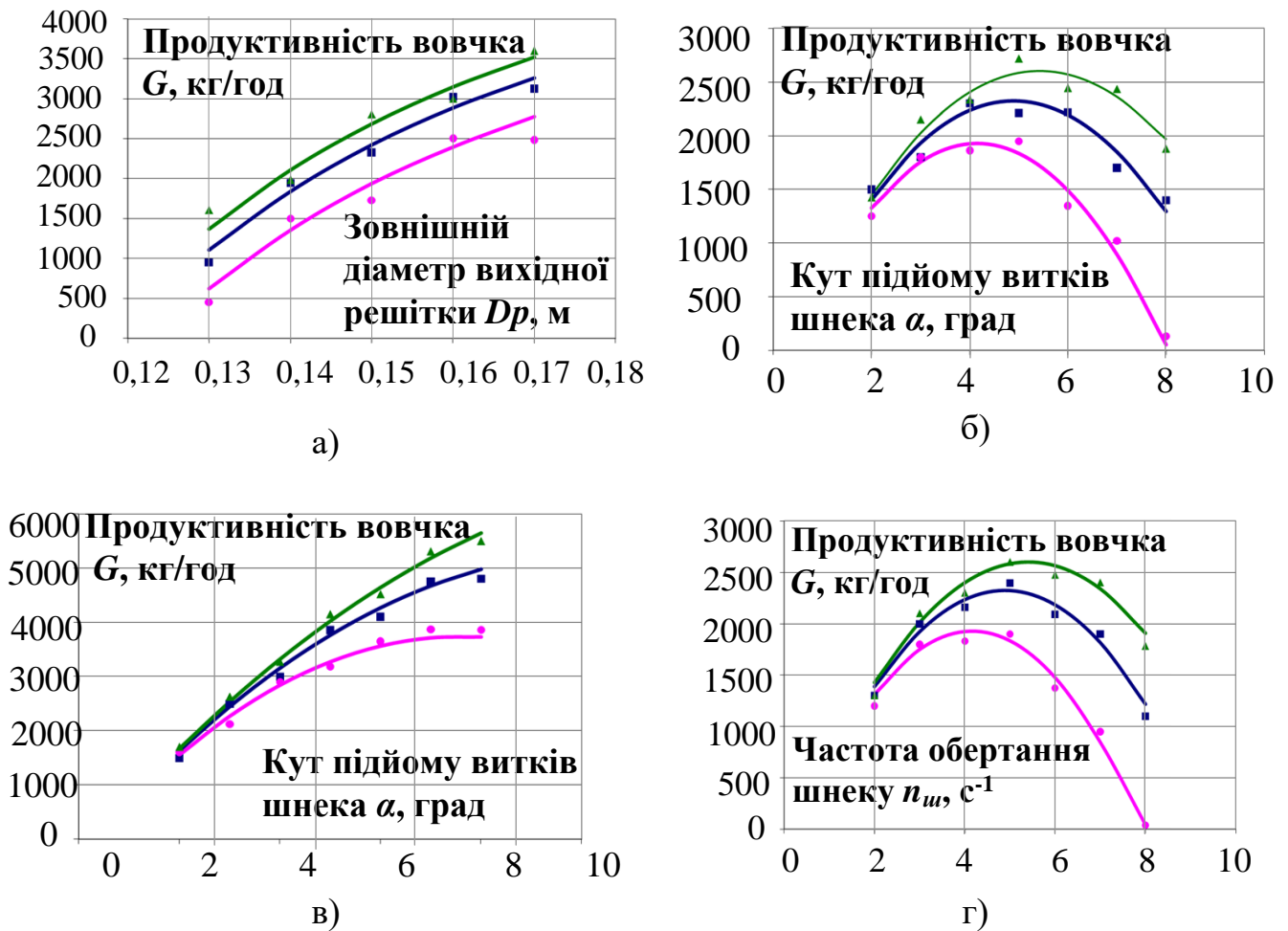


Рис. 6. Залежність продуктивності вовчка від зовнішнього діаметра вихідної решітки (а), кута підйому витків шнека при товщині вихідної решітки $B_p=0,016$ м (б), кута підйому витків шнека при товщині вихідної решітки $B_p=0,008$ м (в), частоти обертання шнека при товщині вихідної решітки $B_p=0,016$ м (г) для сировини різного виду: ■ – яловичини; ● – свинини; ▲ – м'яса курки

Для більш точного визначення раціональних параметрів обладнання виконано статистичний аналіз впливу конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів вовчка на його продуктивність за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування (РЦКП) багатофакторного експерименту. Отримано коефіцієнти комплексного рівняння множинної регресії 2-го порядку:

$$G = -80127 + 702987 D_p + 3249 n_{ш} + 3256 \alpha + 1224813 S_{л} + 2151062 B_p - 2550000 D_p^2 - 367 n_{ш}^2 - 349 \alpha^2 - 8718750 S_{л}^2 - 88750000 B_p^2 + 4750 D_p \cdot n_{ш} + 5125 D_p \cdot \alpha + 2468750 D_p \cdot S_{л} - 812500 D_p \cdot B_p + 4062 n_{ш} \cdot S_{л} - 33125 n_{ш} \cdot B_p - 19063 \alpha \cdot S_{л} - 36250 \alpha \cdot B_p. \quad (8)$$

Визначено раціональні технологічні параметри роботи вовчка: $D_p = 0,15 \dots 0,155$ м; $n_{ш} = 4,5 \dots 5,2$ с⁻¹; $\alpha = 4,8 \dots 5,5^\circ$; $S_{л} = 0,001 \dots 0,0011$ м²; $B_p = 0,0075 \dots 0,0082$ м.

Встановлено, що при використанні двозахідного шнека продуктивність вовчка підвищується в 1,82 разу порівняно з однозахідним. Використання для подачі сировини ексцентриково-лопатевого насосу дає змогу підвищити

продуктивність вовчка в 1,8...2,2 разу, причому як для решіток з великими, так і з малими отворами, для яких застосування двозахідного шнека не дає задовільних результатів через збільшення гідравлічного опору різального вузла.

Результати експериментальних досліджень дали змогу запропонувати шляхи вдосконалення вовчків та визначити основні залежності, які можуть бути при цьому використані.

У п'ятому розділі «Використання розроблених рішень на практиці» запропоновано методику розрахунку технологічних параметрів вовчків, опис розробок, здійснених на основі виконаних досліджень і спрямованих на поліпшення роботи вовчків, а також розрахунок техніко-економічної ефективності використання результатів виконаних досліджень. Запропонована методика визначення основних технологічних параметрів вовчків базується на використанні розроблених математичних виразів для визначення продуктивності вовчка, що дозволяє точніше визначати технологічні параметри машини з повнішим відображенням конструктивних особливостей залежно від її устрою.

На основі результатів експериментальних досліджень розроблено нову конструкцію вовчка (рис. 7), яка дає змогу забезпечити вирішення таких задач: підвищення продуктивності процесу; надання можливості безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка; підвищення надійності роботи при переробці твердої та в'язкої сировини.

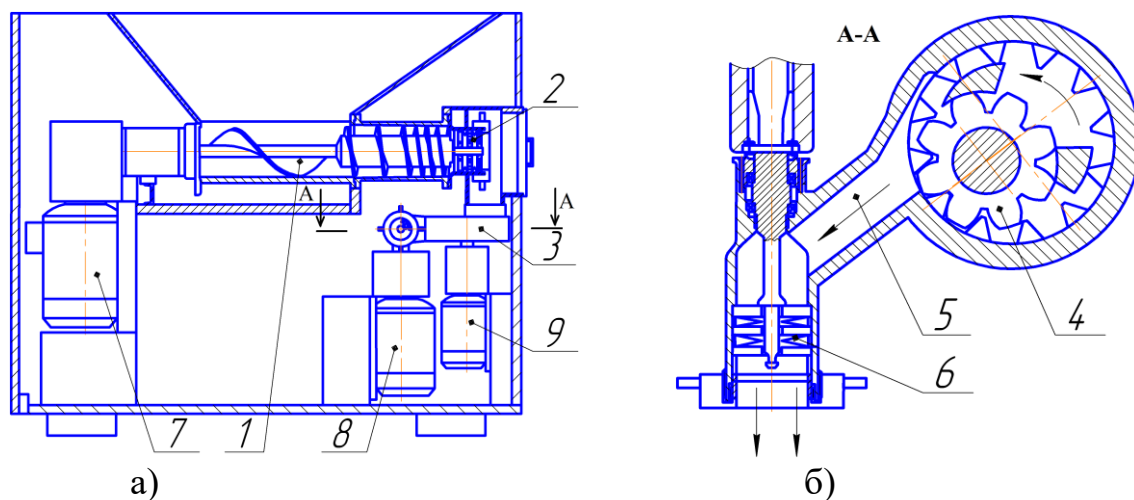


Рис. 7. Конструктивна схема вовчка підвищеної продуктивності: а) – устрій вовчка; б) – вузол кінцевого подрібнення; 1 – подрібнювальний шнек; 2 – різальний комплект попереднього подрібнення; 3 – вузол кінцевого подрібнення; 4 – фаршевий насос внутрішнього зачеплення; 5 – патрубок; 6 – різальний вузол кінцевого подрібнення; 7, 8, 9 – приводи

Незважаючи на зазначені переваги схеми, зображеної на рис. 7, вона є конструктивно складною. Тому автором розроблено спрощену, більш компактну конструкцію вовчка, в якій досягається суттєво вища питома продуктивність

порівняно з відомими аналогами (рис. 8). При цьому необхідні конструктивні зміни вовчка та зміни порядку його технічного обслуговування – мінімальні.

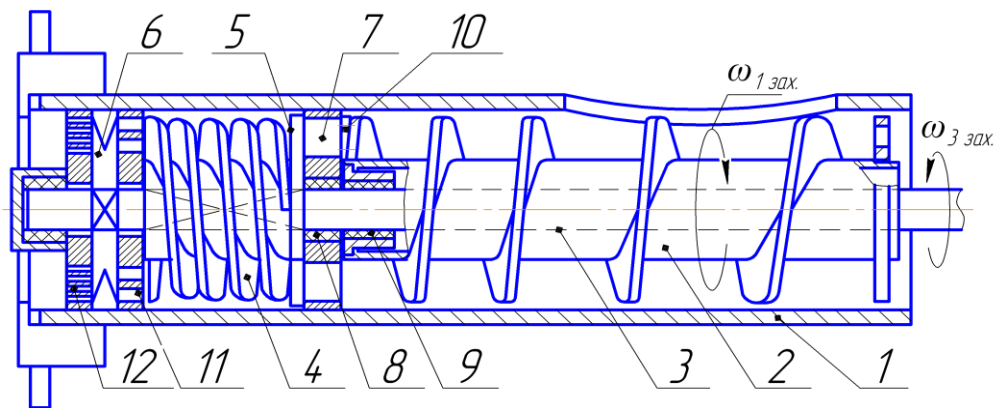


Рис. 8. Устрій вовчка підвищеної продуктивності з двома коаксіальними шнеками зустрічного обертання: 1 – робочий циліндр; 2 – перший шнек; 3 – вал; 4 – другий дво- або тризахідний шнек; 5 – ніж попереднього подрібнення; 6 – ніж кінцевого подрібнення; 7 – решітка попереднього подрібнення; 8, 9 – підшипники ковзання; 10 – лезо; 11 – приймальна решітка; 12 – вихідна решітка

Виконані в ході роботи розробки впроваджені на машинобудівному підприємстві ПП «Алнат» та на м'ясопереробному підприємстві ТОВ «Черкаська продовольча компанія», що підтверджено відповідними актами.

Економічний ефект, залежно від застосованих технічних рішень (зменшення експлуатаційних витрат через застосування ножів меншої металоемності та меншої собівартості або зменшення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат через зменшення кількості задіяних вовчків у технологічній лінії при підвищенні їх питомої продуктивності) та залежно від моделі вовчка, становить 3500...264000 грн для однієї одиниці обладнання.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного в дисертаційній роботі комплексу експериментальних і теоретичних досліджень розроблено, теоретично обґрунтовано та експериментально адаптовано комплексну методологію підвищення ефективності роботи різального вузла вовчків шляхом узгодження подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини. Її використання дає можливість значно підвищити питому продуктивність вовчків і зменшити експлуатаційні витрати на купівлю різального інструменту.

1. У результаті проведеного аналізу основних закономірностей подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчках встановлено, що існуючі уявлення про зазначені процеси не повною мірою пояснюють їх реальний перебіг, зокрема ефект подачі сировини лише частиною останнього витка шнека.

2. На основі отриманих шляхом математичного моделювання аналітичних залежностей та результатів експериментальних досліджень набули подальшого

розвитку положення про вплив основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка (зовнішнього діаметра вихідної решітки D_p , кута підйому витків шнека α , частоти обертання шнека $n_{ш}$, товщини вихідної решітки B , зовнішнього діаметра шнека $D_{ш}$, глибини витка шнека h_b , зазору між шнеком та робочим циліндром δ , товщини витка b , площі фронтальної проекції лез ножа S_L) та структурно-механічних властивостей сировини (модуля осьового стискання E , напруження стандартної пенетрації θ_0 , напруження зрізу $\theta_{зр}$) на продуктивність процесу подрібнення.

3. Розроблено методику аналітичного визначення коефіцієнта продуктивності вовчка, яка дає можливість відобразити фізичну сутність ефекту, за якого під час обертання шнека вовчка нагнітання сировини відбувається лише в певному секторі робочої площі решітки. Коефіцієнт враховує структурно-механічні властивості сировини, геометрію шнека, величину опору різального вузла та будову ножів.

4. Уточнено значення структурно-механічних властивостей м'ясної сировини, яка найчастіше переробляється у вовчках. Встановлено, що найбільший модуль осьового стискання властивий яловичині (456 кПа), для свинини та м'яса курки він набуває менших значень (144 та 108 кПа відповідно). Найбільше напруження стандартної пенетрації спостерігається для свинини (172 кПа), тоді як для яловичини та м'яса курки – 83 та 48 кПа відповідно. Аналогічним чином, найбільше напруження зрізу при різанні лезом з кутом загострення 90° спостерігається для свинини (467 кПа), тоді як для яловичини – 277 кПа, а для м'яса курки – 141 кПа.

5. Виявлено характер впливу напружено-деформованого стану м'ясної сировини на ефективність її подачі крізь решітки різального вузла. Отримані результати свідчать про те, що при виборі типу фаршевого насоса вовчка доцільно віддавати перевагу тому, в якому буде забезпечено найменшу відстань від нагнітального елемента до різального вузла. Це дозволить зменшити енергоємність процесу подачі сировини та покращити якість продукту, не піддаючи сировину надмірному стисканню.

6. Шляхом чисельного моделювання гідродинаміки сировини при обертанні шнека виявлено характер впливу конструктивного виконання шнека на величину кута, який окреслює зону подачі сировини шнеком у різальний вузол. Встановлено, що шнекам із меншим кутом підйому витків властиві як більші максимальні значення відносної деформації сировини в зоні перед різальним вузлом, так і вищі середні значення відносної деформації. Так, для шнеків з кутом підйому витків $17, 13, 10, 7, 4^\circ$ максимальна відносна деформація сировини набуває відповідних значень: 0,25; 0,39; 0,51; 0,61; 0,67. Середні значення відносної деформації сировини відповідно є такими: 0,072; 0,118; 0,187; 0,272; 0,360.

7. Експериментально встановлено характерні особливості інтенсивності подачі сировини останнім витком шнека. Сировина в кожний момент часу подається не по всій робочій площі решіток різального вузла, а лише в межах

деякого сектора, величина якого залежить від конструктивних параметрів шнека та від структурно-механічних властивостей сировини.

8. Експериментально досліджено вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність їх роботи. Встановлено, що величина зношування для різних лез ножа набуває різних значень, тому що в кожний момент часу подача сировини в різальний вузол здійснюється не по всій площині решітки, а лише в межах певного сектора (з кутом $90\dots 120^\circ$), величина якого визначається наближенням поверхні витка шнека до решітки.

9. Запропоновано та експериментально обґрунтовано найбільш ефективні способи подачі сировини до різального вузла. Встановлено, що при використанні двозахідного шнека продуктивність вовчка підвищується в 1,82 разу. Використання для подачі сировини ексцентриково-лопатевого насоса дозволяє підвищити продуктивність в 1,8...2,2 разу для решіток як з великими, так і з малими отворами.

10. На основі проведеного числового моделювання напружено-деформованого стану ножів вовчка встановлено значення напружень, що виникають у характерних точках ножів залежно від їх конструктивного виконання. Встановлено, що використання в конструкції ножа опорного леза разом із силовим кільцем дозволяє підвищити міцність лез на величину до 25%, що дає можливість покращити робочі властивості ножів.

11. На основі отриманих результатів розроблено вдосконалену методику розрахунку основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчка, яка дає змогу повніше та коректніше врахувати їх вплив на процес подрібнення м'ясної сировини.

12. Проведені дослідження дозволили розробити конструкції велико- та малогабаритних вовчків, які володіють підвищеною питомою продуктивністю. Розроблено нову будову ножів, яка дає змогу зменшити їх металоємність і собівартість (до двох разів). Значення загального річного економічного ефекту від використання результатів досліджень, залежно від застосованих технічних рішень і моделі вовчка, лежить у межах 3500...264000 грн для однієї одиниці обладнання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Некоз О. І., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. та ін. Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 3. С. 154–161. *Внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження та виконано аналіз отриманих результатів, на основі яких запропоновано та обґрунтовано шляхи до зменшення металоємності ножів при одночасному забезпеченні їх заданої міцності.*

2. Некоз О. І., Філімонова Н. В., Філімонов С. О. та ін. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2013. № 2. С. 128–132. *Внесок здобувача: розроблено методику визначення напружено-деформованого стану ножів, виконано аналіз отриманих результатів, запропоновано конструкції секторних ножів.*

3. Некоз О. І., Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Гідравлічний опір різального вузла вовчків // Вісник Хмельницького національного університету. 2015. № 3. С. 13–18. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження впливу конструктивного виконання різального вузла вовчків на гідравлічний опір рухові м'ясної сировини крізь нього.*

4. Філімонова Н. В. Дослідження структурно-механічних властивостей м'яса, як об'єкта переробки у вовчку // Вісник Хмельницького національного університету. 2015. № 4. С. 25–31. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження реологічних властивостей м'ясної сировини: яловичини, свинини та м'яса курки.*

5. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Філімонов С. О. Теоретичне визначення коефіцієнту продуктивності вовчка // Вісник Хмельницького національного університету. 2015. № 5. С. 36–43. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: розроблено методику аналітичного визначення коефіцієнта продуктивності вовчка, який враховує структурно-механічні властивості м'ясної сировини та будову елементів різального вузла вовчка.*

6. Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В. Чисельне моделювання подачі м'ясної сировини шнеком вовчка // Вісник Хмельницького національного університету. 2017. № 3. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: побудова математичної моделі подачі сировини шнеком до різального вузла вовчка.*

7. Ніж вовчка: пат. на корисну модель № 83391, Україна, МПК В02С 18/30 / Некоз О. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. та ін.; заявник та патентовласник Батраченко О. В.; № u201302186; заявл. 21.02.2013; опубл. 10.09.2013 р., Бюл. № 17/2013. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, здійснено ряд експериментальних досліджень, за результатами яких запропоновано застосування в конструкції ножа опорного леза разом з силовим кільцем, підготовлено заявку на корисну модель.*

8. Вовчок універсальний: пат. на корисну модель № 88059, Україна, МПК В02С 18/30 / Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В., Хом'як А. В. та ін.; заявник та патентовласник Батраченко О. В. № u201312240; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014 р., Бюл. № 4/2014. *Внесок здобувача: проведено патентний пошук, здійснено ряд експериментальних досліджень, за результатами яких запропоновано використання двох різальних вузлів та двох пристроїв для подачі сировини, підготовлено заявку на корисну модель.*

9. Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Вдосконалення методики розрахунку технологічних параметрів м'ясорізальних вовчків // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: Міжнар. наук. конф., 22–23 квітня 2008 р.: тези доповідей. К.: Нац. ун-т харчових технологій,

2008. С. 242. *Внесок здобувача: розробка методики визначення продуктивності вовчка.*

10. Некоз О. І., Філімонова Н. В., Хом'як А. В. Підвищення питомої продуктивності вовчків // Актуальні проблеми харчової промисловості: Всеукр. наук.-техн. конф., 8–9 жовтня 2013 р.: тези доповідей. Тернопіль: Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, 2013. С. 242. *Внесок здобувача: запропоновано шляхи підвищення питомої продуктивності вовчків.*

11. Некоз О. І., Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Хом'як А. В. Обґрунтування доцільності зміни будови м'ясорізальних вовчків // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: Міжнар. наук. конф., 10–11 квітня 2014 р.: тези доповідей. К.: Нац. ун-т харчових технологій, 2014. С. 72–74. *Внесок здобувача: встановлено перспективи використання вовчків підвищеної продуктивності в харчовій промисловості, досліджено ефективну роботу лез ножа вовчка в межах певного кута.*

12. Філімонова Н. В., Осипенко В. І. Коефіцієнт продуктивності м'ясорізальних вовчків // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: Міжнар. наук. конф., 13–14 квітня 2016 р.: тези доповідей. К.: Нац. ун-т харчових технологій, 2016. С. 14. *Внесок здобувача: розробка методики визначення коефіцієнта продуктивності вовчка, який враховує структурно-механічні властивості м'яса та устрій елементів різального вузла вовчка.*

13. Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В. Підвищення ефективності переробки сировини у вовчках // Системи розробки та постановки продукції на виробництво: Міжнар. наук.-практ. конф., 17–20 травня 2016 р.: тези доповідей. Суми: Сумськ. держ. ун-т, 2016. С. 177–180. *Внесок здобувача: наведено результати експериментальних досліджень, запропоновано використання двох різальних вузлів та двох пристроїв для подачі сировини.*

14. Filimonova N., Dzub O. Reserve of increasing durability of knives of meat cutting mincers // Food Science for Well-being: 8th Central European Congress on Food, 23–26 May, 2016: abstracts. Kyiv, Ukraine, 2016. P. 50. *Внесок здобувача: запропоновано підвищення довговічності ножа вовчка шляхом зміни порядку його експлуатації.*

15. Осипенко В. І., Батраченко О. В., Філімонова Н. В. Узгодження процесів подачі та подрібнення м'ясної сировини у вовчку // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р.: тези доповідей. Х.: Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2017. С. 268–270. *Внесок здобувача: представлено результати експериментальних досліджень узгодження подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчку.*

АНОТАЦІЯ

Філімонова Н.В. Підвищення ефективності роботи вовчків шляхом узгодження подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2017.

Роботу присвячено підвищенню питомої продуктивності вовчків та зменшенню витрат на їх експлуатацію шляхом узгодження способів подачі м'ясної сировини до різального вузла та конструкції елементів різального комплексу.

За результатами виконаного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень отримано залежності і виявлено закономірності, що розвинули положення про вплив основних конструктивних і кінематичних параметрів вовчків на процес подрібнення м'ясної сировини. Уточнено значення структурно-механічних властивостей яловичини, свинини та м'яса курки, які найчастіше переробляються у вовчках. На основі наведеного вдосконалено методику розрахунку, з використанням якої розроблено нові конструкції велико- та малогабаритних вовчків і їх робочих органів з узгодженими характеристиками, які володіють підвищеною питомою продуктивністю.

Результати роботи впроваджено на підприємствах ТОВ «Черкаська продовольча компанія», ПП «Алнат» м. Черкаси та в навчальний процес Черкаського державного технологічного університету. Розрахунок економічного ефекту від використання розроблених конструкцій вовчків підтверджує доцільність їх впровадження у виробництво.

Ключові слова: вовчок, продуктивність, металоємність, узгодження подачі, кут подачі, структурно-механічні властивості, ножі, подрібнення, м'ясна сировина.

АННОТАЦИЯ

Филимонова Н. В. Повышение эффективности работы волчков путем согласования подачи и процесса измельчения мясного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2017.

Работа посвящена повышению удельной производительности волчков и уменьшению затрат на их эксплуатацию путем согласования способов подачи мясного сырья в режущий узел и конструкции элементов режущего комплекта.

По результатам выполненного комплекса теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости и выявлены закономерности, которые развили положения о влиянии основных конструктивных и кинематических параметров волчков на процесс измельчения мясного сырья. Уточнены значения структурно-механических свойств говядины, свинины и

курятины, которые чаще всего перерабатываются в волчках. На основе приведенных данных усовершенствована методика расчета, при использовании которой разработаны новые конструкции крупно- и малогабаритных волчков и их рабочих органов с согласованными характеристиками, обладающих повышенной удельной производительностью.

Результаты работы внедрены на предприятиях ООО «Черкасская продовольственная компания», ЧП «Алнат» г. Черкассы и в учебный процесс Черкасского государственного технологического университета. Расчет экономического эффекта от использования разработанных конструкций волчков подтверждает целесообразность их внедрения в производство.

Ключевые слова: волчок, производительность, металлоемкость, согласование подачи, угол подачи, структурно-механические свойства, ножи, измельчение, мясное сырье.

ANNOTATION

Filimonova N.V. Improvement of the efficiency of meat comminutors work by adjusting the feeding and the process of grinding of meat raw material. – Manuscript.

Thesis for Candidates Degree of Technical Science by Specialty 05.18.12 – Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

The work is devoted to the increase of comminutors specific productivity and the reduction of their operation cost by coordinating the ways to feed meat raw material to a cutting unit and the design of cutting set elements.

According to the results of the completed set of theoretical and experimental studies, dependencies are obtained and patterns are found that develop the regulations on the influence of the main constructive and kinematic parameters of comminutors on the process of grinding of meat raw material. To increase the adequacy of calculations, quantitative values of structural and mechanical properties of meat raw material, which is most often processed in meat comminutors (beef, pork and chicken), are specified.

To substantiate structural and kinematic parameters of the device for feeding meat raw material to the meat comminutor and to determine the parameters of mathematical model, experimental studies on the dependence of hydraulic resistance of cutting unit on its structural design and on the type of meat raw material have been carried out.

Analytical researches of relative deformation of meat raw material during its feeding by meat comminutor screw with the use of software complex Flow Vision are carried out. The results of analytical studies allow to explain the feeding of meat raw material by the screw of meat comminutor within the local area of grid working area and, accordingly, to propose the main ways of improving the meat comminutors, which are based on this effect.

Experimental researches of meat comminutor productivity have been conducted with the help of field active experiments under production conditions on the meat comminutors AL-130, MP-160, VVS-180, K6-FVZP-200, their cutting sets, and also on

the unit for grinding of meat raw material on the basis of vacuum Handtmann VF 628 syringe.

It has been experimentally established that the basic structural and kinematic parameters of meat comminutor have significant impact on its productivity and correlate with the results obtained by mathematical modeling of the process of raw material feeding.

By conducting numerical experiments with the use of T-Flex Analysis software system, the stress-strained state of meat comminutor knives, which are most often used in practice, and fundamentally new sector design, offered on the basis of zoning effect of the raw material feeding into the cutting zone.

For a more precise determination of equipment rational parameters, a statistical analysis of the influence of constructive and kinematic parameters of the working organs of meat comminutor on its productivity with the help of rotatable central composite planning (RCCP) of multifactorial experiment has been carried out.

Based on the results of experimental studies, a new design of the meat comminutor with the agreed parameters of feeding and the process of grinding of meat raw material has been developed.

The results of the work are implemented at machine-building enterprise PC "Alnat" and meat processing plant PLC "Cherkassy food company", which is confirmed by the relevant acts.

Economic effect, depending on the applied technical solutions (the reduction of operating costs due to the use of knives of less steel intensity and lower cost, or the reduction of capital investment and operating costs due to the reduction of a number of meat comminutors involved in technological line with the increase in their specific productivity) and the meat comminutor model, is 3467...264621 UAH for one unit of equipment.

Key words: comminutor, productivity, steel intensity, supply coordination, feeding angle, structural and mechanical properties, knives, grinding, meat raw material.

Підписано до друку 26.10.2017 . Формат 60x90/16.
Ум. друк. арк. 1,39. Папір офсетний. Друк різнографічний.
Тираж 130 прим. Зам. №43/17

Редакційно-видавничий відділ
Черкаського державного технологічного університету
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.
Віддруковано ФОП Нечитайло О.Ф.